



PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



Regione Emilia-Romagna



CONFERENZA DELLE REGIONI E
DELLE PROVINCE AUTONOME

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

MICROZONAZIONE SISMICA

Relazione illustrativa

Regione Emilia – Romagna
Comune di Borgo Val di Taro



Regione	Soggetto realizzatore	Data
Emilia Romagna	Dott. Geol. Domenico Bianco Collaboratori Dott. Geol. Massimiliano Trauzzi Dott. Geol. Gabriele Oppò	Settembre 2018

INDICE

1. INTRODUZIONE	2
2. BREVE DESCRIZIONE DELLO STUDIO	6
3. INDAGINI ED ANALISI	8
3.1. Sondaggio a carotaggio continuo	11
3.2. Prove di laboratorio	11
3.3. Indagini sismiche	12
4. APPROFONDIMENTI DI PRIMO E SECONDO LIVELLO	13
4.1. Carta delle indagini	13
4.2. Carta geologico-tecnica per la microzonazione sismica	15
4.2.1 Ambito "Borgo Val di Taro Centro"	19
4.2.2 Ambiti "Quartiere San Rocco", "Stazione - Zona Industriale"	19
4.3. Carta delle frequenze naturali dei terreni	22
4.4. Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica	25
4.5. Carte delle velocità delle onde di taglio S	31
5. APPROFONDIMENTI DI TERZO LIVELLO	35
5.1. Analisi di risposta sismica locale	35
5.1.1 Pericolosità sismica di base e degli eventi di riferimento	35
5.1.2 Spettro di risposta rappresentativo	37
5.1.3 Selezione dei segnali sismici di riferimento	38
5.1.4 Modello stratigrafico e parametrizzazione sismica	39
5.1.5 Grafici di output della RSL	42
5.1.6 Risultati ottenuti dalla modellazione	43
5.2. Verifica di stabilità	78
5.2.1 Metodo di Verifica	78
5.2.2 Le ipotesi verificate	81
5.3. Carte di microzonazione sismica	91
6. BIBLIOGRAFIA	95
7. ALLEGATI	97

1. INTRODUZIONE

Il presente lavoro, redatto su incarico dell'*Unione dei Comuni Valli Taro e del Ceno con Determinazione n° 88 del 10/11/2017*, in seguito all'erogazione dei contributi, di cui all'*Ordinanza del Capo Dipartimento della Protezione Civile n. 344/2016* e decreto del *Capo Dipartimento della Protezione Civile del 21 giugno 2016* a favore degli enti locali, riguarda gli studi di Microzonazione Sismica con approfondimenti di III° livello del Comune di Borgo Val di Taro, in Provincia di Parma (PR).

Questa fase di studio si prefigge di valutare gli scenari di pericolosità sismica emersi nel corso dei precedenti approfondimenti di I° e II° livello elaborati dallo scrivente nell'anno 2013, quindi di confermare ed eventualmente ridefinire le aree perimetrate sulla base della differente risposta sismica locale, anche attraverso l'impiego di metodologie di tipo numerico *1d*.

Nello specifico, in accordo con l'Amministrazione Comunale le nuove indagini in sito e le analisi di microzonazione sismica, in rapporto alle risorse economiche disponibili, sono state esclusivamente concentrate negli ambiti che costituiscono il Capoluogo precedentemente denominati "*Borgo Val di Taro Centro*", "*Quartiere San Rocco*" e "*Stazione Zona Industriale*", all'interno dei quali ricadono gli edifici di maggior interesse strategico, nonché le aree potenzialmente interessate da nuova edificazione.

In tali aree sono state riprodotte ed opportunamente modificate, le cartografie fondamentali del I° livello di approfondimento, in seguito all'aggiornamento degli *standard* di rappresentazione e alla realizzazione delle nuove indagini che hanno fatto emergere nuovi risultati, mentre quelle del II° livello sono state rielaborate e in alcuni casi sono state superate dalle corrispondenti di III° livello.

Oltre alle aree oggetto di approfondimento sopra menzionate, sono stati riproposti i risultati conseguiti nel corso degli studi di I° e II° Livello realizzati nel 2013.

Il documento tecnico a supporto dello studio è stato svolto in conformità alle seguenti disposizioni normative:

- *Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, comma 1, della L.R. 20/2000 "Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio", in merito agli "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica" approvati con Deliberazione dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna n° 112 del 2 maggio 2007;*
- *"Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica" approvati in data 13 novembre 2008 dalla Conferenza delle Regioni e Province Autonome (da qui in avanti "ICMS").*

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Borgo Val di Taro (PR)

- *D.G.R. n° 1051 del 18 luglio 2011 “Approvazione dei criteri per gli studi di microzonazione sismica ed assegnazione e concessione dei contributi di cui all’O.P.C.M. 3907/2010 e ss.mm.”.*
- *“Microzonazione sismica - Standard di rappresentazione e archiviazione informatica” - Versione 2.0, Roma, Giugno 2012 - Elaborato e approvato nell’ambito dei lavori della Commissione tecnica per la microzonazione sismica (da qui in avanti “SRAI”). Questo elaborato è stato impiegato unicamente per classificare le aree riprese dai precedenti studi di I° e II° Livello, non interessate dagli approfondimenti oggetto del presente lavoro.*
- *“Microzonazione sismica - Standard di rappresentazione e archiviazione informatica” - Versione 4.0b, Roma, ottobre 2015 - Elaborato e approvato nell’ambito dei lavori della Commissione tecnica per la microzonazione sismica (da qui in avanti “SRAI”).*
- *Allegato A della deliberazione di Giunta regionale della Regione Emilia Romagna n. 2193 del 21/12/2015: “Art. 16 della L.R. n° 20 del 24/03/2000. Approvazione aggiornamento dell’atto coordinamento tecnico denominato “Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica di cui alla deliberazione dell’Assemblea legislativa 2 maggio 2007, n° 12” (da qui in avanti “indirizzi regionali”).*
- *Allegato A2 “Criteri per la realizzazione degli studi di microzonazione sismica e analisi della condizione limite per l'emergenza, di cui all’Ordinanza del Capo Dipartimento della Protezione Civile n. 293/2015 e Decreto del Capo Dipartimento della Protezione Civile del 14 dicembre 2015” della deliberazione di Giunta regionale n. 573 del 28/04/2016 “O.C.D.P.C. 26 Ottobre 2015, N. 293 - Annualita' 2014 - Criteri per l'attribuzione di contributi per la realizzazione di interventi di riduzione del rischio sismico in edifici pubblici strategici e rilevanti, in edifici privati e per studi di microzonazione sismica, di cui all'art. 2, comma 1, lettere A), B) E C). Modalità di concessione e liquidazione dei contributi (da qui in avanti “Allegato A2 della delibera regionale”)*

Si è fatto altresì riferimento alle pubblicazioni scientifiche in materia ed in particolare:

- *Ingegneria sismica - Anno XXVIII - n. 2 - 2011 “Indirizzi di microzonazione sismica”.*
- *“Microzonazione sismica” – uno strumento consolidato per la riduzione del rischio sismico. L’Esperienza della Regione Emilia-Romagna (a cura del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli, 2012).*

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Borgo Val di Taro (PR)

Per "Microzonazione Sismica" si intende la valutazione della pericolosità sismica locale attraverso l'individuazione di zone del territorio caratterizzate da comportamento sismico omogeneo, ovvero nell'individuazione e caratterizzazione delle zone stabili, le zone stabili suscettibili di amplificazione locale del moto sismico e le zone suscettibili di instabilità.

Risulta perciò estremamente importante sviluppare gli studi di microzonazione già in fase pianificatoria, per poter indirizzare al meglio le scelte urbanistiche dell'Amministrazione al di fuori delle aree contraddistinte da elevata pericolosità sismica e, successivamente, per esercitare una funzione di supporto ai tecnici nella progettazione di nuove opere.

Contestualmente alla scala di dettaglio degli studi (PSC, POC, PUA ed esecutivi) e alle problematiche geologiche da affrontare, sono stati definiti 3 livelli di approfondimento, di seguito ordinati, con complessità d'analisi e costi d'esecuzione via via crescenti:

- *I° Livello di approfondimento: riguarda la raccolta e l'analisi di dati esistenti e, se possibile, la realizzazione di nuove indagini in sito. L'obiettivo finale consiste nella realizzazione della Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS), che suddivide il territorio in microzone sismicamente omogenee;*
- *II° livello di approfondimento: oltre a correggere gli studi di I° Livello, si assegna un fattore moltiplicativo di amplificazione a ciascuna zona, attraverso l'impiego di abachi regionalizzati e formule empiriche. Il documento finale prodotto è rappresentato dalla Carta di microzonazione sismica;*
- *III° Livello di Approfondimento: viene utilizzato nei casi in cui l'opera in progetto risulti particolarmente importante oppure, nei casi in cui le condizioni geologiche si presentino estremamente complesse. Vengono sviluppate analisi di tipo numerico 1d o 2d, studi paleosismici ed analisi dinamiche. Viene prodotta una Carta di microzonazione sismica con approfondimenti.*

Come già accennato in precedenza, in funzione sia dei risultati conseguiti nel corso della redazione degli studi di I° e II° livello (Dott. Geol. Domenico Bianco, 2013) in corrispondenza dei centri abitati di "Borgo Val di Taro Centro", "Ghina - Sinistra Taro", "La Fornace - Destra Taro", "Quartiere San Rocco", "Stazione - Zona Industriale", "Inastrà - Costazza - Brunelli", "Porcigatone" e "Ostia Parmense", sia degli obiettivi di carattere pianificatorio manifestati dall'Amministrazione Comunale, le analisi e gli approfondimenti di III° Livello hanno riguardato unicamente gli ambiti di "Borgo Val di Taro Centro", "Quartiere San Rocco" e "Stazione Zona Industriale". Per le restanti aree, sono stati riproposti tali e quali i risultati desunti nel corso del precedente studio del 2013, ad esclusione del calcolo dei fattori di amplificazione da abachi regionalizzati che sono stati riassegnati adottando le più recenti versioni.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Borgo Val di Taro (PR)

Entrando nel dettaglio dello studio, in via preliminare, è stato condotto un esame bibliografico a scala comunale, per verificare la presenza di nuove indagini, rispetto a quanto già rilevato durante gli studi pregressi.

Successivamente, sono state realizzate indagini geognostiche "ex-novo" (sondaggi a carotaggio continuo e prove sismiche di tipo puntuale e lineare), supportate da prove di laboratorio, in corrispondenza delle aree che necessitavano di approfondimenti. Le informazioni raccolte hanno consentito di ricostruire il modello sismo-stratigrafico del sottosuolo, la cui definizione si colloca alla base degli studi di III° Livello.

A supporto delle indagini sono stati svolti sopralluoghi e i rilievi di campagna, per evidenziare tutti quegli aspetti che possono influire sul moto sismico di base oppure, dar luogo ad effetti indotti quali, instabilità dei versanti, cedimenti differenziali e/o liquefazione, aree di faglia ecc..

Una volta identificate le varie microzone presenti negli ambiti, numerate a partire da quelle già individuate negli studi di I° e II° Livello pregressi, si è proceduto al calcolo dei vari fattori di amplificazione, conseguiti per gran parte tramite analisi approfondite di III° Livello, con Risposta Sismica Locale, mentre in altri casi sono state impiegate procedure semplificate (utilizzo di abachi definiti dalla *DGR 2193/2015*).

In corrispondenza dei principali corpi detritici situati all'interno degli ambiti di studio, oltre alla risposta sismica locale sono state effettuate delle verifiche di stabilità di versante.

Nel corso dello studio, oltre alla presente relazione, sono stati redatti gli elaborati elencati nel **Capitolo 7**. I dati cartografici sono stati predisposti, oltre che in versione cartacea, in formato digitale (pdf, con risoluzione 300 dpi). I dati vettoriali sono forniti anche in formato *shapefile*.

Per l'archiviazione dei dati e l'*editing* dei documenti sono stati seguiti gli standard di riferimento contenuti nell'*Allegato D* della delibera regionale e dagli *SRAI*.

L'inserimento dei dati alfanumerici dei siti, delle indagini e dei parametri delle indagini è stato facilitato dall'utilizzo dell'apposito *software*: "MS – SoftMS" nella versione 4.0.

Quale base cartografica, si sono utilizzati gli stralci della Carta Topografica Regionale alla scala 1:5.000 (Elementi 216051, 2016052, 216062, 216063, 216073, 216091, 216092, 216101 e 2016104), georeferenziati con il sistema di riferimento *WGS84-UTM 33N*, seguendo le raccomandazioni fornite dagli "Standard di rappresentazione e archiviazione informatica (versione 4.0b)".

2. BREVE DESCRIZIONE DELLO STUDIO

Nel capitolo esposto di seguito verranno descritti in maniera sintetica le analisi condotte e i risultati raggiunti nel corso dello studio di Microzonazione Sismica di III° Livello.

Come già anticipato nelle premesse, in accordo con l'amministrazione comunale, le analisi e gli approfondimenti hanno riguardato le aree di maggior interesse edificatorio, interamente ricomprese all'interno degli ambiti di "Borgo Val di Taro Centro", "Quartiere San Rocco" e "Stazione Zona Industriale", mentre sono stati riproposti i risultati conseguiti nel corso dei precedenti studi di I° e II° Livello per le aree "Ghina - Sinistra Taro", "La Fornace - Destra Taro", "Inastrà - Costazza - Brunelli", "Porcigatone" e "Ostia Parmense".

Lo studio di microzonazione di terzo livello è consistito pertanto nelle seguenti fasi:

1. individuazione delle microzone omogenee definite nei precedenti studi di microzonazione di I° e II° Livello;
2. definizione di aree rappresentative di situazioni stratigrafiche tipo definite nell'analisi precedente sulle quali effettuare gli approfondimenti di III° Livello;
3. realizzazione di indagini di tipo diretto (sondaggi a carotaggio continuo con esecuzione di *Down-Hole*) e indiretto (*MASW*, *Sismica a Rifrazione*, *HoliSurface* e *HVSR*), per ampliare le conoscenze sulla sismo-stratigrafia del sottosuolo degli ambiti in esame.
4. aggiornamento e modifica delle cartografie di I° e II° livello elencate di seguito, con i dati delle nuove indagini, adottando per le aree oggetto di approfondimento (*ambiti di "Borgo Val di Taro Centro", "Quartiere San Rocco" e "Stazione Zona Industriale"*), gli *standard* più recenti:
 - a. Carta delle indagini
 - b. Carta geologico-tecnica
 - c. Carte delle Frequenze?
 - d. Carta delle *MOPS*
 - e. Carta delle velocità delle onde di taglio *S* (*V_s*)

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Borgo Val di Taro (PR)

5. definizione delle curve di variazione dello smorzamento (D) e della rigidezza (G/G_0) in funzione della deformazione reperite attraverso prove di laboratorio (*colonna risonante*) e in bibliografia, per le differenti tipologie di terreno.
6. valutazione della risposta sismica locale, in corrispondenza dei siti rappresentativi indagati, mediante il software **LSR 1D**, il quale calcola la risposta dinamica monodimensionale di una colonna di terreno utilizzando un modello di propagazione lineare delle onde, con proprietà dinamiche del terreno (elastiche e smorzamento) variabili in funzione del livello deformativo;
7. calcolo dei fattori di amplificazione, attraverso procedure di III° Livello per i siti rappresentativi, in termini di picco di accelerazione (FA_{PGA}), definito come il rapporto tra l'accelerazione massima in superficie ed il valore di riferimento per il sito su suolo rigido;
8. calcolo del fattore di amplificazione, attraverso procedure di III° Livello per i siti rappresentativi, in termini di rapporto tra intensità dello spettro di risposta in pseudovelocità (FA_{IS}) calcolato in superficie e quello calcolato su suolo rigido negli intervalli 0.1-0.5 s e 0.5-1.0 s.
9. stima dei fattori di amplificazione, mediante le ultime tabelle regionali per le aree a cui non è possibile assegnare i valori ottenuti mediante risposta sismica locale, a causa del differente assetto sismo-stratigrafico. L'assegnazione dei fattori di amplificazione ha riguardato le aree oggetto di approfondimento del presente studio; inoltre, si è proceduto a riassegnare i fattori di amplificazione a tutte quelle aree oggetto dei precedenti studi di I° e II° Livello realizzati nel 2013, adottando i più recenti abachi definiti dalla *DGR 2193/2015*.
10. realizzazione delle analisi di stabilità di versante dinamica, in corrispondenza dei principali corpi franosi situati all'interno degli ambiti in esame, inserendo come input sismico gli accelerogrammi ottenuti dall'analisi di risposta sismica locale e conseguente stima degli spostamenti massimi attesi.
11. redazione delle cartografie di microzonazione sismica per i diversi FA :
 - a. FA_{PGA}
 - b. $FA_{IS\ 0.1-0.5}$
 - c. $FA_{IS\ 0.5-1.0}$

3. INDAGINI ED ANALISI

Lo studio in esame è stato indirizzato ad ampliare le conoscenze sulle caratteristiche sismostratigrafiche del sottosuolo, in un'area montana, come quella d'interesse, già contraddistinta dalla presenza di un buon numero di indagini in sito. Per tale motivo, in accordo con l'Amministrazione Comunale, tenendo conto delle somme a disposizione, tutte le prove di nuova esecuzione (geognostiche e geofisiche) nonché la ridefinizione dei fattori di amplificazione utilizzando gli abachi regionalizzati o attraverso le analisi di *Risposta Sismica Locale (RSL)* previste per gli studi di III° Livello, sono stati concentrati all'interno del perimetro urbanizzato/urbanizzabile degli ambiti di "Borgo Val di Taro Centro", "Quartiere San Rocco" e "Stazione Zona Industriale".

Tutte le prove di nuova esecuzione sono state localizzate come raffigurato nelle **Figg. 1 e 2**.

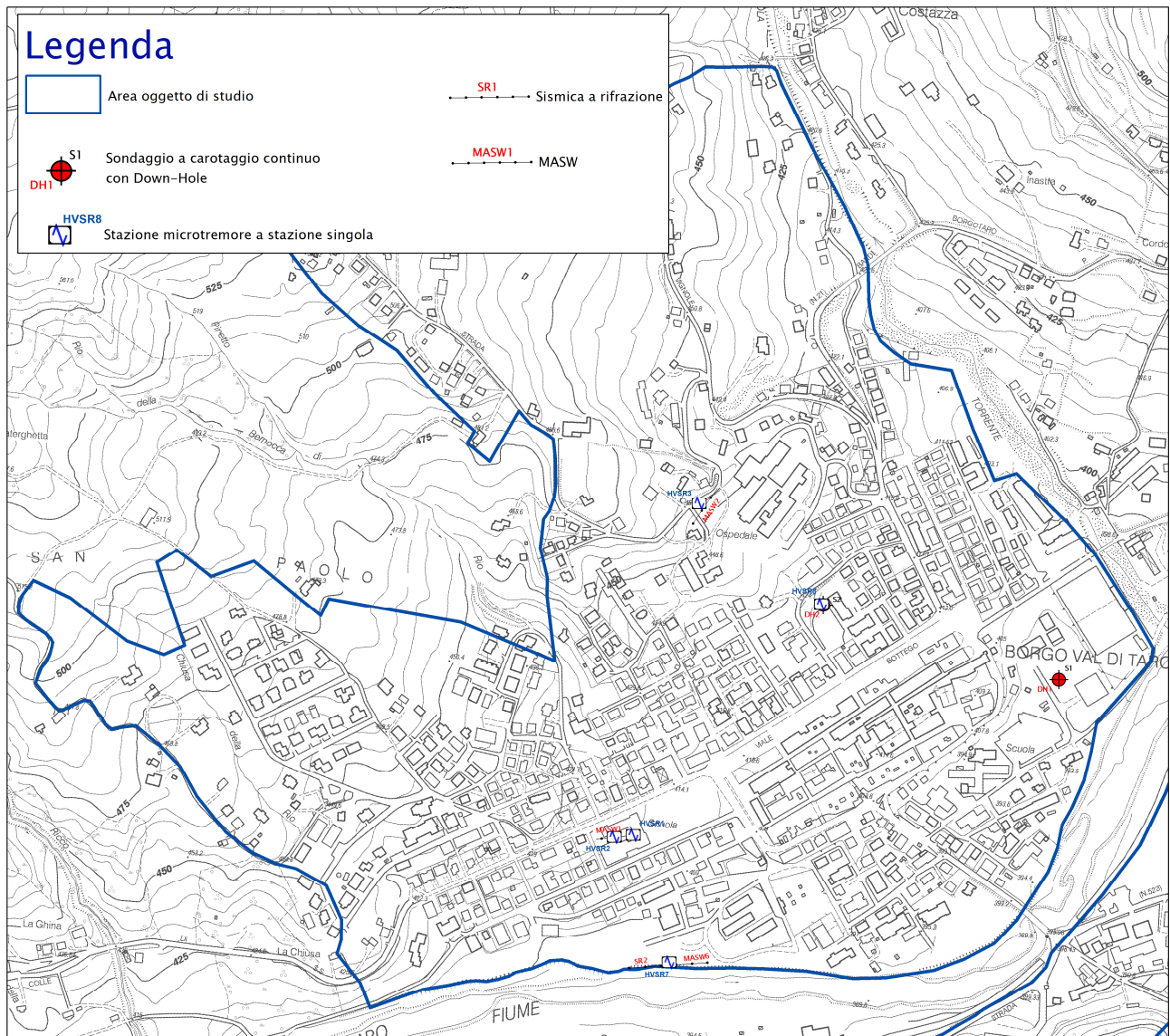


FIG. 1 – UBICAZIONE DELLE NUOVE INDAGINI NELL'AMBITO "BORGO VAL DI TARO CENTRO"

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Borgo Val di Taro (PR)

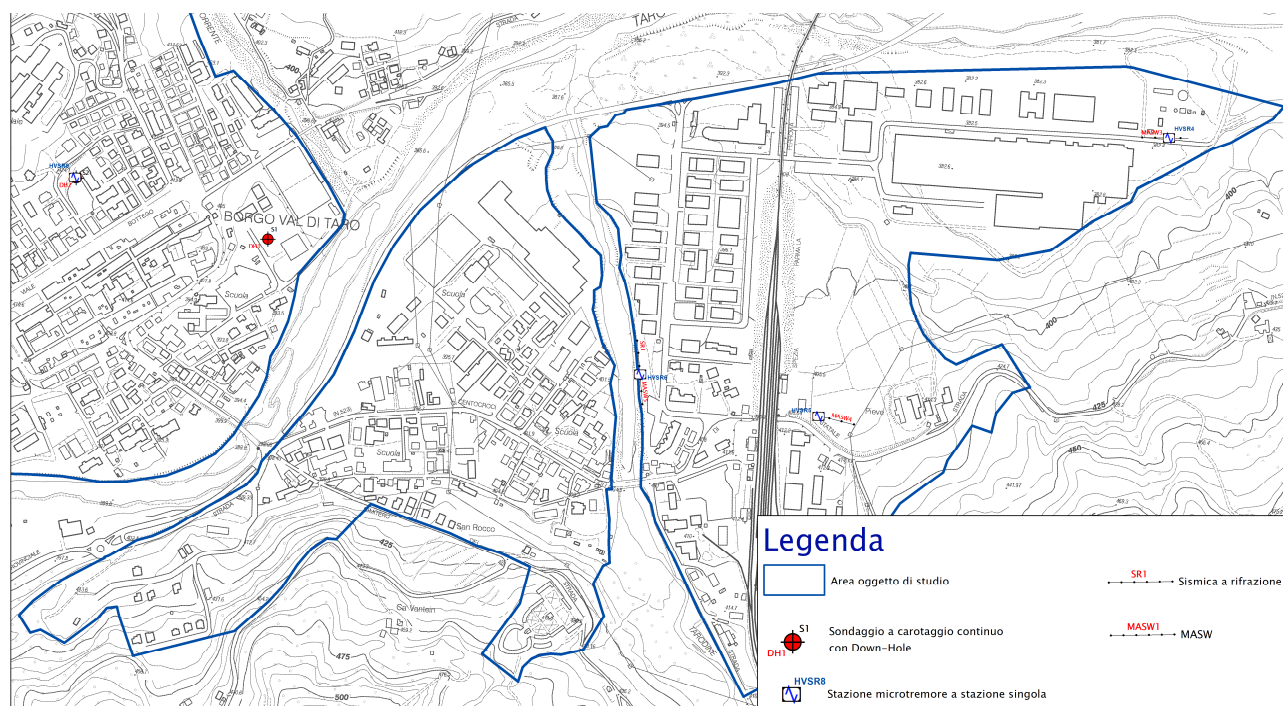


FIG. 2 – UBICAZIONE DELLE NUOVE INDAGINI NEGLI AMBITI "QUARTIERE SAN ROCCO" E "STAZIONE - ZONA INDUSTRIALE"

Si evidenzia che, all'interno delle cartografie a corredo del presente studio sono state ricomprese anche le aree e le relative analisi condotte durante i precedenti studi di I° e II° Livello (Dott. Geol. Domenico Bianco, 2013), non interessati da ulteriori approfondimenti nel presente lavoro.

La prima area oggetto di studi di III° Livello è stata individuata all'interno dell'ambito "Borgo Val di Taro Centro", in corrispondenza delle aree terrazzate edificate dal Fiume Taro, dove sono stati realizzati n° 2 sondaggi a carotaggio continuo (S1 e S2) spinti sino alla profondità di -30,00 m da p.c. Solamente nel sondaggio S2 è stato possibile prelevare un campione indisturbato sottoposto a prova di colonna risonante, necessaria per definire le caratteristiche dinamiche del terreno indagato, rappresentate dalle curve di variazione dello smorzamento (D) e della rigidità (G/G_0). Successivamente all'interno dei fori di sondaggio, opportunamente attrezzati, sono state svolte due prove sismiche di tipo *Down-Hole*.

Sulla base dei risultati ottenuti dalle suddette indagini è stata quindi eseguita un'analisi di risposta sismica locale.

Sempre nello stesso ambito, in prossimità della zona ospedale, in virtù della presenza di numerose informazioni stratigrafiche e sismo-stratigrafiche raccolte e realizzate in sito a corredo del presente studio, è stato possibile condurre un approfondimento di III° livello, nell'intento di caratterizzare i litotipi del substrato geologico delle *Argilliti di San Siro* che affiorano estesamente lungo il versante in sinistra idrografica del Fiume Taro. Per quel che concerne la caratterizzazione dinamica dei terreni si è optato per l'impiego di curve reperite in bibliografia per materiali con simili proprietà geo-meccaniche.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Borgo Val di Taro (PR)

La realizzazione in tempi recenti di alcuni sondaggi a carotaggio continuo, all'interno del quartiere San Rocco, in aggiunta alle indagini di tipo sismico eseguite a corredo del presente studio, ha reso possibile lo svolgimento di analisi di III° Livello sui depositi di conoide alluvionale che si trovano in destra idrografica del F. Taro, alla confluenza del Torrente Tarodine.

Gli studi di *RSL* hanno inoltre interessato i principali corpi franosi che ricoprono spesso vaste porzioni di versante, dato che risultano già interessate da urbanizzazione o da previsioni pianificatorie in corso di attuazione.

Tra di esse, si evidenzia il movimento gravitativo quiescente posizionato in sinistra idrografica del F. Taro, denominato "*Frana dei Piloni*", che risulta parzialmente riattivato. E' stato possibile ricostruire al sismo-stratigrafia del sottosuolo attraverso la lettura delle informazioni raccolte nel corso dell'esecuzione di sondaggi a carotaggio continuo e di prove sismiche. L'individuazione delle proprietà dinamiche dei materiali coinvolti dai dissesti è avvenuta sempre mediante l'utilizzo di curve reperite in bibliografia. Le analisi di III° livello e le relative verifiche di stabilità sono state condotte sia per la porzione quiescente, che per quella riattivata.

Gli approfondimenti condotti nell'ambito "*Quartiere San Rocco*", hanno riguardato due corpi franosi e, nello specifico la parte terminale (di accumulo) di fenomeni di più vaste dimensioni. Nel primo caso si tratta di un'area posizionata in destra idrografica del Fiume Taro, lungo la Strada Provinciale per Bedonia; il movimento gravitativo in esame è di tipo quiescente e coinvolge anche la Caserma dei Carabinieri del Comando di Borgo Val di Taro.

L'altro fenomeno, di più limitate dimensioni, sempre di tipo quiescente, si localizza al di sopra del centro di *San Rocco*, interessando nel suo tratto finale alcuni edifici.

L'esecuzione di studi pregressi, corredati dalle indagini in sito, in corrispondenza dei corpi franosi suddetti, integrati dalle prove svolte nel presente lavoro, ha permesso di svolgere le opportune analisi di III° livello con *RSL* e verifica di stabilità dei versanti in condizioni dinamiche. I calcoli condotti hanno previsto l'impiego di curve di deformazione dinamiche desunte da bibliografia.

L'approccio di II° Livello che prevede, nella valutazione dei fattori di amplificazione l'impiego degli abachi regionalizzati definiti dalla *DGR 2193/2015*, ha riguardato limitate aree posizionate all'estremità degli ambiti di studio, piccoli corpi franosi non interessati da edificazione o da previsioni urbanistiche future, nonché tutte le altre aree già analizzate attraverso lo studio di I° e II° Livello pregresso, non interessate da specifici approfondimenti condotti nel presente lavoro.

Di seguito vengono descritte le indagini e le analisi specifiche effettuate per la microzonazione di 3° livello.

3.1. Sondaggio a carotaggio continuo

Come già accennato, a corredo delle analisi effettuate nel presente studio sono stati eseguiti dalla ditta *Elletipi s.r.l.* di Ferrara n° 2 sondaggi a carotaggio continuo, spinti sino alla profondità di a -30,00 m da p.c.

Al termine della perforazione, il foro di ciascun sondaggio è stato attrezzato con un tubo in *PVC* del diametro di 3 pollici per l'esecuzione della prova Down-Hole.

Per l'esecuzione delle indagini è stata utilizzata una sonda a rotazione impiegando per la perforazione dei carotieri semplici.

Nella litostratigrafia allegata (**Elaborato 7**) sono riportate:

- le suddivisioni stratigrafiche con relative quote e le descrizioni litologiche effettuate direttamente in campagna con metodi speditivi;
- le quote di prelievo del campione indisturbato;
- la determinazione speditiva di campagna del valore di *pocket penetrometer*, espressi in Kg/cm^2 ;
- la determinazione del valore di *RQD* della roccia;
- il livello di falda misurato durante l'esecuzione della perforazione.

3.2. Prove di laboratorio

Il campione prelevato durante l'esecuzione del sondaggio a carotaggio continuo S2 è stato inviato al Laboratorio *Elletipi s.r.l.* di Ferrara per le analisi geotecniche.

Per il campione prelevato sono state eseguite le seguenti prove:

- Descrizione geotecnica;
- Determinazione del peso di volume;
- Determinazione dell'umidità naturale.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Borgo Val di Taro (PR)

Inoltre sul campione, essendo indisturbato, è stata eseguita una prova in colonna risonante per la determinazione dei parametri G/G_0 e D necessari per la caratterizzazione dinamica dei materiali.

I risultati delle prove di laboratorio sono riportati in allegato (**Elaborato 8**) e descritti nel paragrafo **5.1.4**.

3.3. Indagini sismiche

Per caratterizzare da un punto di vista sismico l'ambito di interesse, a corredo dello studio si sono realizzati:

- n°2 indagine con tecnica DH - "Down-Hole";
- n°6 profili sismici con tecnica MASW - "Multichannel Analysis of Surface Waves";
- n°2 stendimenti in sismica a rifrazione (SR);
- n°8 prove di microtremore sismico HVSR - "Horizontal to Vertical Spectral Ratio" (HVSR).

Si inoltre è cercato di analizzare congiuntamente i dati acquisiti, calibrandoli in relazione ai risultati forniti dai sondaggi a carotaggio continuo di nuova esecuzione e dalle indagini geotecniche pregresse, con l'intento di definire modelli stratigrafico-sismici il più possibile rappresentativi delle aree indagate. Le elaborazioni, le rappresentazioni grafiche e i risultati delle indagini sismiche condotte sono riportate nell'**Elaborato 9**.

4. APPROFONDIMENTI DI PRIMO E SECONDO LIVELLO

4.1. Carta delle indagini

La redazione delle tavole alla scala 1:5.000, ha previsto l'utilizzo di tutte le prove raccolte a corredo degli studi di microzonazione sismica di I° e II° livello (*Dott. Geol. Domenico Bianco, 2013*) a cui ha fatto seguito una ulteriore ricerca negli archivi comunali ed in altri enti operanti sul territorio, per verificare se nell'intervallo di tempo intercorso tra lo studio citato e quello attuale fossero stati realizzati ulteriori lavori ed indagini da inserire nella banca dati.

Tutte le prove, sono state opportunamente codificate, analizzate ed elaborate, secondo gli ultimi standard di archiviazione (*software: "MS – SoftMS" nella versione 4.0*), per consentire una corretta ricostruzione del modello geologico e dei mutui rapporti tra il substrato e la copertura.

L'ulteriore ricerca ha permesso di inserire un discreto numero prove, che accompagnate con quelle realizzate "ex novo" a corredo del presente studio, concentrate negli ambiti "*Borgo Val di Taro Centro*", "*Quartiere San Rocco*" e "*Stazione - Zona Industriale*" hanno permesso di acquisire una sufficiente conoscenza del modello simo-stratigrafico dell'areale in oggetto.

Le indagini in sito di nuova realizzazione con le relative rappresentazioni grafiche, suddivise per tipologia in sondaggi a carotaggio continuo, prove di laboratorio e prove sismiche (microtremori a stazione singola, *MASW*, *Down-hole* e stendimenti di sismica a rifrazione), sono contenute rispettivamente all'interno degli **elaborati 7, 8 e 9** e ubicate come descritto nelle **Figg. 1 e 2**.

All'interno degli elaborati grafici, sono state distinte le prove in base alla tipologia, in:

- Trincea o pozzetto esplorativo
- sondaggio a carotaggio continuo (distinguendo se intercetta o meno il substrato)
- prova penetrometrica statica con punta meccanica (CPT)
- prova penetrometrica dinamica leggera
- prova penetrometrica dinamica pesante
- prova penetrometrica dinamica super pesante

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Borgo Val di Taro (PR)

- stazione microtremore a stazione singola
- Prova sismica a rifrazione
- MASW
- Sondaggio elettrico verticale SEV

come raffigurato nella legenda riportata in **Fig. 3**.

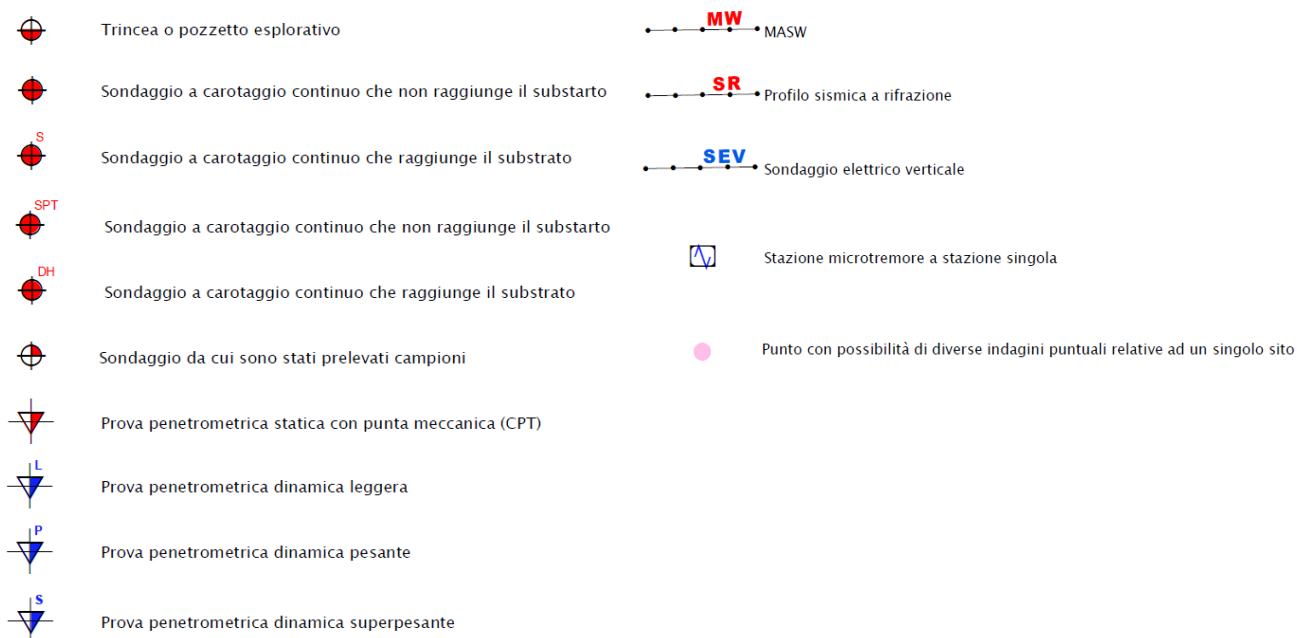


FIG. 3 – RAPPRESENTAZIONE DELLA LEGENDA DELLA CARTA DELLE INDAGINI

Oltre alle rappresentazioni suddette è stato inserito in carta un ulteriore simbolo che raggruppa tutti quei siti ai quali è associata più di un indagine.

Nelle carte allegare sono indicate anche alcune indagini esterne al perimetro del territorio urbanizzato e urbanizzabile ricadente negli ambiti di studio, ove sono state concentrate le analisi, ma ugualmente utili a definirne le caratteristiche litostratigrafiche.

In **Tab. 1** vengono riportati il numero e la tipologia di indagini presenti sul territorio studiato, acquisite mediante la ricerca effettuata presso l'archivio dell'Ufficio Tecnico Comunale o riprese dal database del Servizio Geologico regionale.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Borgo Val di Taro (PR)

Tipologia di prova	Indagini provenienti da precedente studio di 2° livello	Indagini di nuova esecuzione	Totale
Prova penetrometrica con punta meccanica CPT	107	8	115
Prova penetrometrica dinamica leggera	4	-	4
Prova penetrometrica dinamica pesante	88	-	88
Prova penetrometrica dinamica super - pesante	-	11	11
Sondaggio a carotaggio continuo	11	4	15
Sondaggio a carotaggio continuo che intercetta il substrato	24	8*	32
Trincea o pozzetto esplorativo	58	-	58
Misura microtremore a stazione singola	40	18	58
Profilo sismico a rifrazione	8	-	8
MASW	12	13**	25
Sondaggi elettrici verticali SEV	8	-	8

TAB. 1 – RIEPILOGO DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE PRESENTI SUL TERRITORIO COMUNALE

***DI CUI DUE CON RIVESTIMENTO ED ESECUZIONE DOWNHOLE; **DUE DI QUESTE ESEGUITE CON MASW + SR**

4.2. Carta geologico-tecnica per la microzonazione sismica

In tale elaborato sono state riportate le informazioni di base (geologia, geomorfologia, caratteristiche litotecniche, geotecniche e idrogeologiche) derivate da elaborati esistenti, da indagini geognostiche pregresse e di nuova realizzazione.

Questi dati hanno consentito di definire il modello geologico del sottosuolo e sono risultate funzionali alla realizzazione della Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica, che sarà descritta nel successivo paragrafo **4.3**.

Per la stesura della Carta geologico tecnica, si è fatto riferimento, in particolare, alla seguente documentazione, opportunamente verificata mediante sopralluoghi di campagna:

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Borgo Val di Taro (PR)

- “Carta Geologica della Regione Emilia-Romagna”. Sezione 215060 “Rezzoaglio” e Sezione 215100 “Monte Penna”, alla scala 1:10.000, Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna
- “Nuova Carta del dissesto della Provincia di Parma”. Sezione 215060 “Rezzoaglio” e Sezione 215100 “Monte Penna”, alla scala 1:10.000, Servizio di Programmazione e Pianificazione Territoriale della Provincia di Parma (*Variante Specifica: aggiornamento Carta del dissesto, 2016*).
- indagini geognostiche eseguite in sito, per la descrizione delle quali si rimanda al precedente paragrafo **4.1**.
- *Carta geologico tecnica redatta a corredo dello Studio di Microzonazione Sismica (I° e II° Livello di approfondimento) del Comune di Borgo Val di Taro (Dott. Geol. Domenico Bianco, 2013)*.

La carta geologico tecnica realizzata costituisce un aggiornamento di quella già redatta per gli studi di microzonazione di 2° livello. La riproposizione di tale cartografia di analisi è risultata necessaria, innanzitutto a seguito delle variazioni di codifica e classificazione di categorie descrittive del substrato geologico introdotti dai più recenti *standard*. Inoltre, ulteriori correzioni sono state apportate in adeguamento ai recenti aggiornamenti della Carta del dissesto della Provincia di Parma che hanno interessato alcuni corpi detritici e in ragione delle nuove conoscenze acquisite sul territorio. Per quel che concerne le aree studiate nel corso degli studi pregressi, non interessate dal presente approfondimento (“*Ghina - Sinistra Taro*”, “*La Fornace - Destra Taro*”, “*Inastrà - Costazza - Brunelli*”, “*Porcigatone*” e “*Ostia Parmense*”), sono state mantenute la codifiche contenute nei relativi *standard versione 2.0*, ai quali si rimanda per un'adeguata descrizione.

Entrando nel dettaglio degli studi condotti nel presente studio, si evidenzia come gran parte degli ambiti oggetto di approfondimento, veniva classificato nel precedente lavoro con la sigla **NR** (Substrato geologico non rigido). Sulla base delle informazioni stratigrafiche raccolte nel corso dello svolgimento di studi pregressi, integrate dai dati forniti dalle nuove indagini in sito eseguite a corredo del presente lavoro, che hanno messo in luce un considerevole grado di alterazione in corrispondenza della porzione superficiale del substrato geologico, si è ritenuto opportuno conferire a tali aree il codice **SFAL**, relativo a un'alternanza di litotipi, fratturati/alterati.

Infatti, il substrato dell'area è costituito dalla formazione prevalentemente argillitica delle *Argilliti di San Siro*, caratterizzata da un elevato grado di alterazione che si sviluppa sino a profondità medie di circa -5,00 m da p.c.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Borgo Val di Taro (PR)

Ciascuna unità litotecnica è stata identificata da un codice unico nel caso del substrato, mentre per le coperture, ivi rappresentate esclusivamente da depositi alluvionali, è stato impiegato un codice multiplo che individua sia le caratteristiche tessiturali che l'ambiente genetico-deposizionale.

Alle aree contraddistinte dalla presenza di substrato geologico non rigido con alternanza di litotipi è stato assegnato il codice **AL**. I depositi alluvionali costituiti da litotipi più grossolani e scarsa matrice, localizzati lungo il l'alveo fluviale, individuati dal codice **GPes**, sono stati mantenuti separati dai depositi terrazzati riconducibili al *Subsistema di Ravenna* e all'*Unità di Modena*, contraddistinti da una maggior percentuale di matrice fine (**GCtf**). I corpi classificati come detrito di versante, a prevalente composizione argilloso-limosa contenenti elementi lapidei eterometrici, sono stati infine identificati con la sigla **MLec**.

A parte sono state raffigurate le aree interessate da instabilità di versante, con retini che ne indicano la tipologia e lo stato di attività.

Nella Carta geologico-tecnica sono stati indicati anche forme di superficie e sepolte, quali orli di scarpate di terrazzo e conoidi alluvionali, nonché gli elementi tettonico-strutturali (faglie e sovrascorrimenti tutte di tipo non attivo). Altri elementi geologici rappresentati sono i sondaggi distinti a seconda che raggiungano o meno il substrato, con indicazione della loro profondità.

La scala di rilevamento e di rappresentazione è 1:5.000.

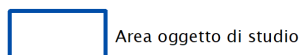
In conclusione, è stata riprodotta una cartografia contenente tutti gli elementi geologici, geomorfologici e strutturali, codificati sia attraverso i più recenti *standard (versione 4.0)*, per tutte le aree oggetto di approfondimento, sia impiegando i vecchi *standard (versione 2.0)*, per tutti gli ambiti che non sono stati oggetto di aggiornamento degli studi (Cfr. **Fig. 4**).

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Borgo Val di Taro (PR)

Legenda







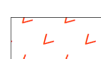

Terreni di copertura

GPes	Depositi fluviali di barra/argine/canale. Ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaie e sabbie
GMtf	Depositi fluviali terrazzati. Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo
MLti	Depositi di versante tipo till indifferenziato, limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità
CLec	Depositi di versante eluvio-colluviali, Argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose argille magre




Substrato geologico

NR	Substrato geologico non rigido
NRS	Substrato geologico non rigido stratificato
AL	Alternanza di litotipi
SFAL	Alternanza di litotipi, fratturato / alterato

Instabilità di versante

	Scorrimento - attiva
	Colata - attiva
	Complessa - attiva
	Non definita - attiva
	Scorrimento - quiescente
	Complessa - quiescente

Forme di superficie e sepolte

	Conoide alluvionale
	Orlo di terrazzo fluviale (10-20 m)
	Orlo di terrazzo fluviale (>20 m)

Elementi geologici e idrogeologici





	Giacitura strati
	Pozzo o sondaggio che ha raggiunto il substrato geologico (profondità in m)
	Pozzo o sondaggio che non ha raggiunto il substrato geologico (profondità in m)
	Traccia di sezione geologica rappresentativa del modello del sottosuolo

FIG. 4 – RAPPRESENTAZIONE DELLA LEGENDA DELLA CARTA GEOLOGICO-TECNICA PER LA MICROZONAZIONE SISMICA

Nei successivi paragrafi viene sinteticamente descritto l'assetto geologico e geomorfologico che caratterizza i 2 abitati oggetto di approfondimenti di III° Livello. Per la descrizione delle altre aree si faccia riferimento alla Relazione Illustrativa elaborata a corredo degli studi di I° e II° Livello pregressi.

4.2.1 Ambito "Borgo Val di Taro Centro"

All'interno dell'ambito ricade il centro storico del Capoluogo, la sua prima periferia settentrionale e i nuclei posti in sponda sinistra del T. Varacola, tutti posizionati in sinistra idrografica del F. Taro.

Il centro storico si colloca al di sopra di una antica superficie terrazzata, delimitata da un evidente orlo morfologico, che la separa da un terrazzo più recente, che lo confina inferiormente. I terreni sono costituiti da depositi alluvionali a differente tessitura, principalmente ghiaiosa, ma con livelli limosi e limo - sabbiosi a spessori variabili, specie al tetto del corpo e vengono identificati con le sigle **GPes** e **GMtf**. Gli spessori stimati dalle indagini in sito oscillano da 10 m a circa 15 m.

Il substrato geologico, riconducibile alla formazione delle *Argilliti di San Siro* risulta dalla cartografia geologica regionale, affiorante o subaffiorante, tuttavia lo stato di alterazione della compagine rocciosa determina condizioni reali di substrato non affiorante, in quanto il regolite superficiale ha spessore significativo e variabile, da 3 m a 7 m e comportamento simile a quello di una copertura sciolta, pertanto sono stati indicati con la sigla **SFAL**. Le condizioni di substrato subaffiorante si individuano localmente in piccole e limitate dorsali, dove prevalgono le componenti micritiche o arenacee della formazione, che tuttavia appaiono sempre fortemente e pervasivamente fratturate. La natura prevalentemente argillosa del substrato roccioso, combinata all'elevato stato d'alterazione che caratterizza i primi metri di sottosuolo, favorisce la formazione di alcuni fenomeni gravitativi quiescenti ed attivi, che ricoprono spesso estese porzioni di versante e coperture detritiche costituite da clasti di dimensioni variabili immersi e sostenuti da una matrice pelitica (**MLec**).

Tra i movimenti franosi si evidenzia un vasto corpo quiescente che si sviluppa al limite sud-occidentale dell'ambito, denominato "*Frana dei Piloni*", che risulta parzialmente riattivato.

4.2.2 Ambiti "Quartiere San Rocco", "Stazione - Zona Industriale"

L'ambito "*Quartiere San Rocco*" è contraddistinto nel settore orientale da un imponente corpo detritico di genesi alluvionale, morfologicamente regolare e pianeggiante, identificato con la conoide alluvionale in evoluzione generata dal T. Tarodine, costituita da ghiaie prevalenti e sabbie, ma caratterizzata da una copertura fine di natura limosa piuttosto spessa. Tale corpo, raffigurato da uno specifico retino puntinato, mostra spessori variabili da 15 a 20 metri. Il settore occidentale dell'ambito, bordato inferiormente da alluvioni terrazzate del F. Taro, è invece caratterizzato da un vasto corpo di frana quiescente, che si sviluppa sino a raggiungere i depositi della piana alluvionale del F. Taro. Un altro fenomeno gravitativo quiescente, di più ridotte dimensioni, si localizza appena a ridosso del Quartiere San Rocco, andando a coinvolgere alcuni edifici marginali all'abitato.

Il substrato geologico è esclusivamente costituito da *Argilliti di S. Siro*, che presentano una significativa coltre superficiale eluvio-colluviale di alterazione, con spessore medio di circa 5 m.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Borgo Val di Taro (PR)

Tale substrato caratterizza anche l'ambito "*Stazione - Zona Industriale*" collocato sulla riva opposta del corso del T. Tarodine. L'ambito ricade sui depositi di conoide alluvionale precedentemente descritti, posizionati a loro volta al di sopra dei depositi alluvionali del F. Taro, che affiorano verso il confine nord-est. Le coperture detritiche di versante sono limitate esclusivamente alle aree di monte marginali all'ambito, dove l'urbanizzazione risulta pressoché assente.

Tutte le informazioni di carattere geologico-tecnico sopradescritte sono state raffigurate nell'***Elaborato 2 - Carta geologico-tecnica per la microzonazione sismica***, nonché attraverso le due sezioni geologiche riportate in ***Fig. 5***.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Borgo Val di Taro (PR)

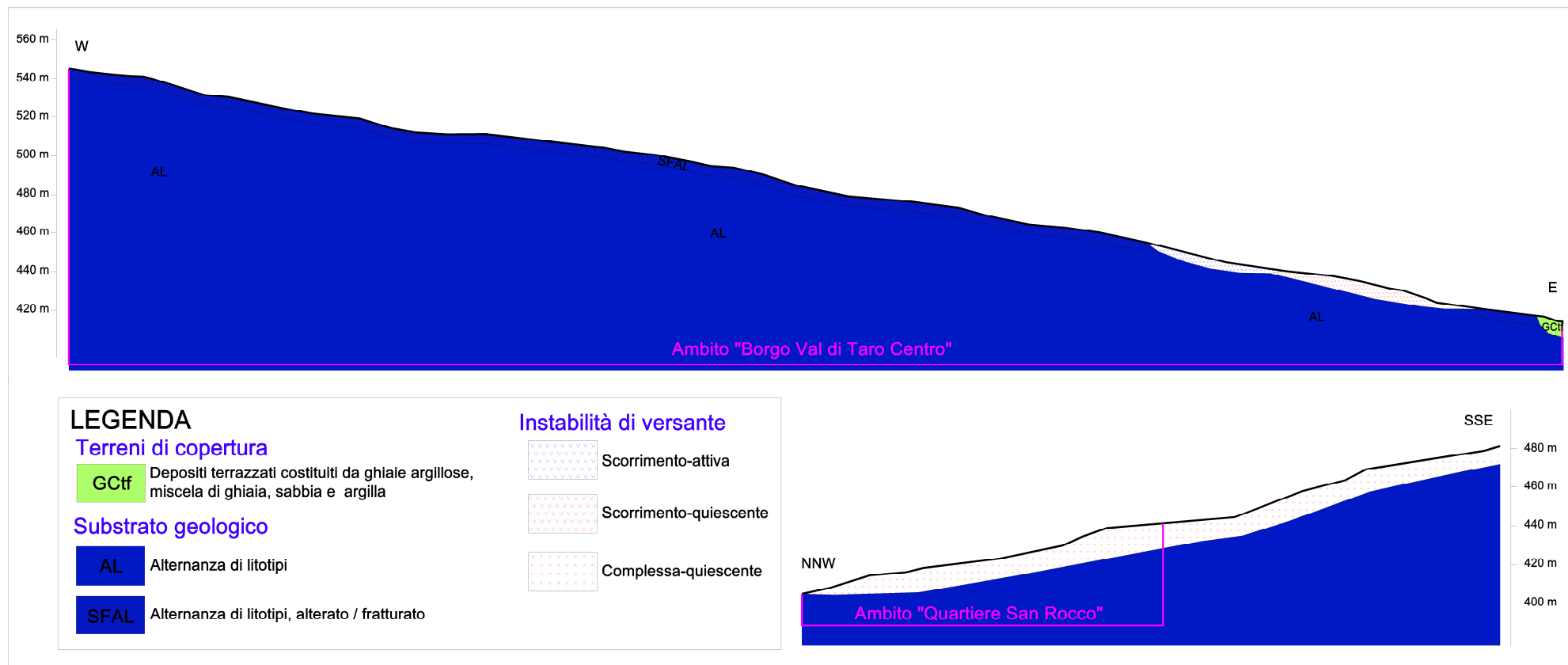


FIG. 5 – SEZIONI GEOLOGICHE INTERPRETATIVE DEGLI AMBITI DI STUDIO

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Borgo Val di Taro (PR)

4.3. Carta delle frequenze naturali dei terreni

Sulla base dei dati tomografici disponibili, sia pregressi, sia di nuova acquisizione, è stata redatta la Carta delle frequenze naturali dei terreni, sempre a scala 1:5.000.

In questa carta, sono stati riportati tutti i punti di misura ricadenti negli ambiti oggetto di approfondimenti di III° Livello e nelle immediate vicinanze e comunque utili a definire il modello geologico sismico dell'area di studio, con associati i risultati delle singole prove. In particolare, sono stati indicati il valore F_0 del picco significativo, corrispondente alla frequenza di risonanza fondamentale (frequenza principale) e, quando presente, di un secondo picco significativo (frequenza secondaria), meno evidente del primo (F_1). Sono stati tralasciati i picchi con frequenze superiori ai 20 Hz, in quanto di scarso significato ai fini del presente studio

Gli indirizzi tecnici a cui si è fatto riferimento per la redazione delle Carte delle frequenze prescrivono, per rendere graficamente più evidenti le variazioni in relazione alla posizione, di utilizzare colorazioni differenti per distinguere le prove a seconda della frequenza principale ottenuta, definendo le seguenti classi:

- $F_0 \leq 0,6 \text{ Hz}$
- $0,6 \text{ Hz} < F_0 \leq 1 \text{ Hz}$
- $1 \text{ Hz} < F_0 \leq 2 \text{ Hz}$
- $2 \text{ Hz} < F_0 \leq 8 \text{ Hz}$
- $F_0 > 8 \text{ Hz}$

Inoltre, sono state utilizzate simbologie diverse a seconda che la prova sia caratterizzata, in corrispondenza della frequenza principale, da un contrasto di impedenza elevato ($H/V \geq 3$), moderato ($2 \leq H/V < 3$), basso ($1,5 \leq H/V < 2$) e assente ($H/V < 1,5$) (Cfr. Fig. 6).












FREQUENZE NATURALI DEI TERRENI		FREQUENZA PRINCIPALE E RELATIVO VALORE (Hz)	
Classi di frequenza (Hz)			Ampiezza picco $HSVR \geq 3$ Contrasto impedenza elevato
Nessun picco significativo			Ampiezza picco $2 \leq HSVR < 3$ Contrasto impedenza moderato
$f_0 \leq 0,6 \text{ Hz}$			Ampiezza picco $1,5 \leq HSVR < 2$ Contrasto impedenza basso
$0,6 \text{ Hz} < f_0 \leq 1 \text{ Hz}$			Ampiezza picco $HSVR < 1,5$ Assenza significativi contrasti impedenza
$1 \text{ Hz} < f_0 \leq 2 \text{ Hz}$			FREQUENZA SECONDARIA (QUANDO PRESENTE) E RELATIVO VALORE (Hz)
$2 \text{ Hz} < f_0 \leq 8 \text{ Hz}$			
$f_0 > 8 \text{ Hz}$			

FIG. 6 - STRALCIO DA LEGENDA DELLA CARTA DELLE FREQUENZE NATURALI DEI TERRENI

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Borgo Val di Taro (PR)

Di seguito, viene proposta una tabella riepilogativa dei risultati delle prove tomografiche raccolte ed eseguite ricadenti negli ambiti di studio o nelle immediate vicinanze, specificando, per ciascuna di esse, frequenza e ampiezza dei picchi principali e frequenze dei picchi secondari, se presenti:

Ambito	prova	picco principale F0		picco secondario F1
		Frequenza (Hz)	ampiezza H/V	Frequenza (Hz)
Borgo Val di Taro Capoluogo	034006P306	3,94	2,9	-
Borgo Val di Taro Capoluogo	034006P307	6,88	2,4	1,6
Borgo Val di Taro Capoluogo	034006P308	3,94	2,8	6
Borgo Val di Taro Capoluogo	034006P309	8,72	2,1	-
Borgo Val di Taro Capoluogo	034006P310	2,03	2,5	19
Borgo Val di Taro Capoluogo	034006P311	2,06	2	5,2
Borgo Val di Taro Capoluogo	034006P312	11,88	2,75	3,1
Borgo Val di Taro Capoluogo	034006P316	1,97	2,1	9,9
Borgo Val di Taro Capoluogo	034006P317	5,19	2,1	-
Borgo Val di Taro Capoluogo	034006P318	4,09	3,2	-
Borgo Val di Taro Capoluogo	034006P319	3,53	2,6	-
Borgo Val di Taro Capoluogo	034006P329	3,03	1,9	8,9
Borgo Val di Taro Capoluogo	034006P330	2,19	1,6	18
Borgo Val di Taro Capoluogo	034006P352*	1,5	4,4	-
Borgo Val di Taro Capoluogo	034006P368*	16,4	2,6	0,7
Borgo Val di Taro Capoluogo	034006P369+	0,8	2,2	12
Borgo Val di Taro Capoluogo	034006P370*	6,5	2,6	19,8
Borgo Val di Taro Capoluogo	034006P374*	11,8	2,2	1,5
Borgo Val di Taro Capoluogo	034006P375*	0,5	3,3	16
Borgo Val di Taro Capoluogo	034006P377*	1,7	2,3	6,6
Borgo Val di Taro Capoluogo	034006P378*	4,2	2,9	-
Borgo Val di Taro Capoluogo	034006P380*	1,5	3,1	-
Borgo Val di Taro Capoluogo	034006P381*	0,7	6,1	-

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Borgo Val di Taro (PR)

Ambito	prova	picco principale F0		picco secondario F1
		Frequenza (Hz)	ampiezza H/V	Frequenza (Hz)
San Rocco – Zona industriale	034006P93	19,9	2,7	4,8
San Rocco – Zona industriale	034006P320	0,94	1,3	-
San Rocco – Zona industriale	034006P321	3,31	2,6	8,5
San Rocco – Zona industriale	034006P322	4,34	2,2	-
San Rocco – Zona industriale	034006P323	4,34	3	-
San Rocco – Zona industriale	034006P324	3,9	1,7	-
San Rocco – Zona industriale	034006P325	12,28	3,7	2,7
San Rocco – Zona industriale	034006P326	2,69	3	6,3
San Rocco – Zona industriale	034006P331*	2,94	2,3	4,5
San Rocco – Zona industriale	034006P345*	1,8	2,1	6,7
San Rocco – Zona industriale	034006P346*	1,2	18	1,8
San Rocco – Zona industriale	034006P362*	1,3	2	-
San Rocco – Zona industriale	034006P363*	1,4	2,2	-
San Rocco – Zona industriale	034006P371*	4,3	2,9	-
San Rocco – Zona industriale	034006P372*	4,4	2,6	-
San Rocco – Zona industriale	034006P373*	0,6	2,5	4,3
San Rocco – Zona industriale	034006P376*	4,2	1,7	-

TAB. 2 – RIEPILOGO DEI RISULTATI DELLE PROVE TROMOGRAFICHE A BORGO VAL DI TARO, DIVISE PER AMBITO, (*) PROVE REALIZZATE E REPERITE NELL'AMBITO DEL PRESENTE STUDIO

I dati relativi ai picchi principali sono stati rappresentati nel grafico di **Fig. 7**.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Borgo Val di Taro (PR)

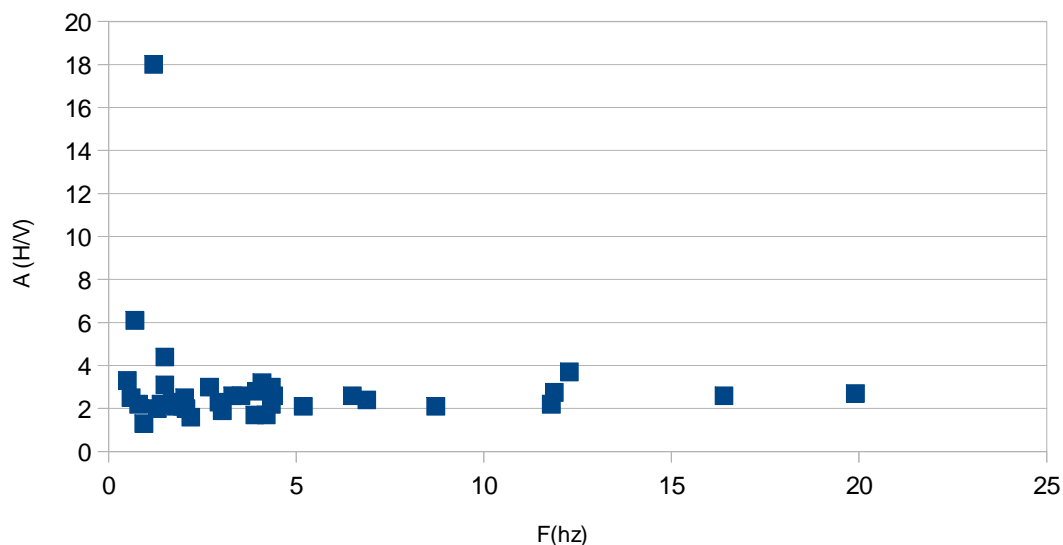


FIG. 7 – DISTRIBUZIONE DEI PICCHI DI FREQUENZA FONDAMENTALI E RELATIVE AMPIEZZE NELL'AMBITO DI STUDIO

4.4. Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica

Rappresenta il documento fondamentale del I° livello di approfondimento in quanto, si ottiene mediante elaborazione dei tematismi geologico-morfologici e dei dati litostratigrafici forniti dalle indagini geognostiche e geofisiche.

L'obiettivo principale di detto elaborato, riguarda la suddivisione del territorio in aree omogenee caratterizzate da una diversa suscettibilità a fenomeni di amplificazione locale indotti dal sisma.

Viene predisposta con l'intento di definire, per ciascuna area, gli effetti attesi prodotti dall'azione sismica (amplificazioni, instabilità di versante, liquefazione, ecc.) e gli eventuali approfondimenti da affrontare.

Nel presente studio viene proposta una revisione di tale cartografia alla luce delle informazioni aggiuntive ottenute nel corso della realizzazione delle nuove indagini, tenendo inoltre conto dell'aggiornamento normativo e le variazioni che hanno subito gli *standard* di rappresentazione avvenuti in seguito all'elaborazione degli studi di I° e II° Livello.

In generale, nella cartografia delle **MOPS** il territorio può essere suddiviso nelle seguenti tre classi:

- **Zone stabili:** riguardano quelle zone che, ad esclusione dello scuotimento, funzione dell'energia e della distanza dell'evento, non presentano effetti di alcuna natura. Trattasi di aree in cui il substrato roccioso, caratterizzato da velocità di propagazione delle onde di taglio $V_s > 800$ m/s, risulta affiorante o sub-affiorante (con spessori delle coperture minori di 3 m), con morfologia pianeggiante o poco inclinata (versanti con inclinazione inferiore a circa 15°). All'interno di queste aree non sono

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Borgo Val di Taro (PR)

richiesti approfondimenti supplementari. Si evidenzia comunque che, in nessuna delle realtà studiate, si sono rilevate le condizioni suddette;

- **Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali:** all'interno di queste aree sono attese amplificazioni del moto sismico, come effetto della situazione litostratigrafica e morfologica locale. Raggruppano le zone dove sono presenti terreni di copertura, coltri di alterazione del substrato, substrato molto fratturato, o substrato caratterizzato da velocità di propagazione delle onde di taglio $V_s < 800$ m/s.
- **Zone suscettibili d'instabilità:** rientrano in questa categoria le aree che, oltre ad essere soggette ad amplificazioni del moto sismico, possono dar luogo a instabilità (aree di frana attiva, aree di frana quiescente, aree soggette a cedimenti differenziali e/o liquefazione, aree di faglia, ecc.). Per tali aree sono previsti approfondimenti di III° Livello.

Ad ogni microzona, è stata associata una successione stratigrafica rappresentativa, ricostruita attraverso l'analisi dei dati forniti sia dalle indagini geognostiche preesistenti, che da quelle realizzate ex-novo.

Proprio la realizzazione delle nuove indagini, la successiva analisi dei dati stratigrafici, nonché l'adeguamento alle cartografie di analisi di supporto agli strumenti di pianificazione sovraordinata (ad es. Variante Carta del dissesto del P.T.C.P. 2016) hanno permesso di rivedere la tipologia e le perimetrazioni delle microzone individuate durante gli studi pregressi.

Riassumendo, all'interno della Carta delle MOPS, sono state innanzitutto raffigurate tutte le microzone già identificate attraverso gli studi di I° e II° Livello pregressi, ed ai quali si deve fare riferimento per una descrizione dettagliata. Ad esse vanno integrate altre 4 microzone omogenee in prospettiva sismica per le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, contenute negli ambiti "*Borgo Val di Taro Centro*", "*Quartiere San Rocco*" e "*Stazione - Zona Industriale*", identificate partendo dalla numerazione mostrata nello studio di I° e II° Livello pregresso. Ciascuna nuova MOPS risulta contraddistinta da un proprio profilo stratigrafico tipo (Cfr. **Fig. 8**):

- **Substrato fratturato o alterato:** Successione stratigrafica costituita da substrato non rigido con alternanza di litotipi, ricoperto da una coltre di alterazione che si estende sino a profondità medie di circa 5 metri da p.c.. Contraddistingue gran parte del versante che sottende il Capoluogo e le aree di monte marginali all'ambito di San Rocco.
- **Zona 13:** Successione stratigrafica costituita da substrato non rigido con alternanza di litotipi, ricoperto da depositi di origine alluvionale, a granulometria mista, prevalentemente ghiaiosi, di spessore medio pari a 10-15 m. Si rinviene nelle zone di fondovalle del capoluogo e negli ambiti di "*Quartiere San Rocco*" e "*Stazione - Zona Industriale*", ad esclusione delle aree interessate dai depositi di conoide alluvionale.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Borgo Val di Taro (PR)

- **Zona 16:** Successione stratigrafica costituita da un substrato non rigido con alternanza di litotipi, ricoperto da una coltre di deposito di versante, di spessore medio pari a 5 m. Si colloca al confine sud-orientale dell'ambito "Stazione - Zona Industriale".
- **Zona 17:** Successione stratigrafica costituita da substrato non rigido con alternanza di litotipi, ricoperto da depositi di conoide alluvionale, a granulometria mista, prevalentemente ghiaiosi, con sabbia e blocchi, di spessore medio pari a 15-20 m. Contraddistingue le aree sub-pianeggianti degli ambiti "Quartiere San Rocco" e "Stazione - Zona Industriale".

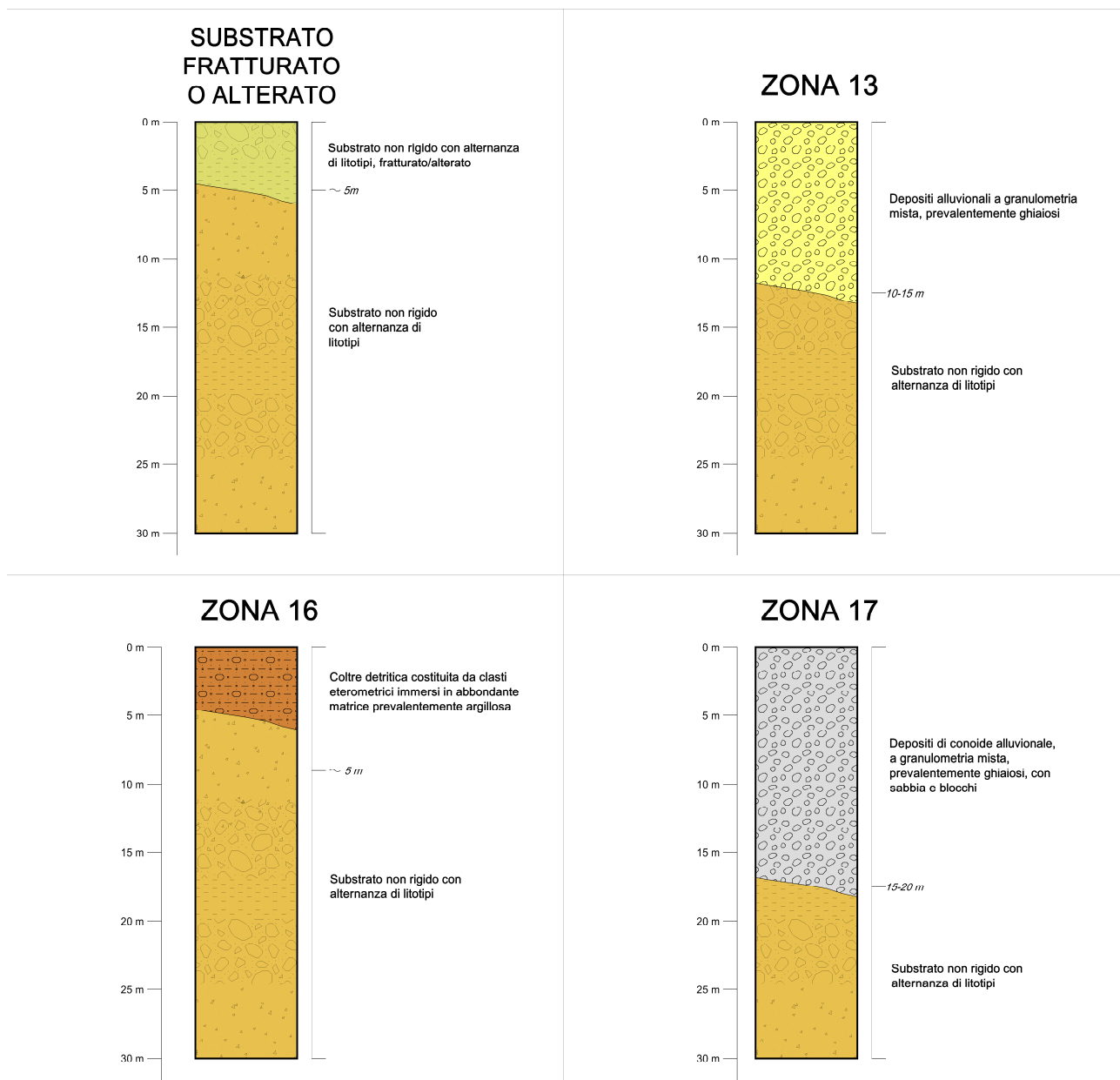


FIG. 8 – PROFILI STRATIGRAFICI RAPPRESENTATIVI DELLE ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI

Nella tabella proposta di seguito vengono riassunte tutte le microzone individuate dagli studi pregressi di I° e II° Livello e le MOPS definitive emerse in seguito agli approfondimenti condotti nel presente studio.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Borgo Val di Taro (PR)

Identificazione MOPS da studio di I° e II° livello pregresso	Identificazione MOPS proposte nel presente studio
2001	2001
2002	2002
2003	2003 e 2099
2004	2004
2005	2005
2006	2006
2007	2007 e 2016
2008	2008
2009	2009
2010	2010
2011	2011 e 2013
2012	2012
2013	2013
2014	2014
2015	2015 e 2017
2016	2017

TAB. 3 – CORRELAZIONI TRA LE DIVERSE MOPS INDIVIDUATE NEGLI STUDI DI I° E II° LIVELLO PREGRESSI E QUELLE PROPOSTE NEL PRESENTE LAVORO

Alcune zone, collocate sui versanti, sono inoltre interessate da zone di attenzione per instabilità, per effetto della presenza di coperture detritiche di tipo franoso. Nelle aree sottoposte agli studi pregressi di I° e II° Livello è stata mantenuta la grossolana suddivisione tra frane attive e quiescenti, mentre per i corpi oggetto di approfondimenti nel presente studio sono state individuate diverse zone di attenzione per instabilità, ciascuna definita da un proprio profilo stratigrafico tipo e numerate a partire dalla ultima microzona individuata nelle MOPS (cfr. **Fig. 9**):

- **ZA_FR – Zona di attenzione per instabilità di versante – Zona 18**, Corrisponde alla cosiddetta "Frana delle Pezze", porzione riattivata della "Frana dei Piloni", collocata al confine sud-occidentale del Capoluogo. E' caratterizzata da una successione stratigrafica costituita da uno spessore medio di circa 20 metri, di depositi di frana del tipo scorrimento-attiva, con elementi litoidi eterometrici immersi in una matrice prevalentemente argilloso-limoso, posti al di sopra di un substrato non rigido con alternanza di litotipi.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Borgo Val di Taro (PR)

- **ZA_FR – Zona di attenzione per instabilità di versante – Zona 19**, Trattasi di piccoli corpi franosi posizionati sui due versanti, talora all'interno di fenomeni di più vaste dimensioni. E' caratterizzata da una successione stratigrafica costituita da uno spessore medio di circa 5 metri, di depositi di frana del tipo scorrimento-attiva, con elementi litoidi eterometrici immersi in una matrice prevalentemente argilloso-limosa, posti al di sopra di un substrato non rigido con alternanza di litotipi.
- **ZA_FR – Zona di attenzione per instabilità di versante – Zona 20**, Costituita da alcuni fenomeni gravitativi del tipo scorrimento-quiescente, posti sul versante in sinistra idrografica del F. Taro, in corrispondenza del Capoluogo E' costituita da elementi litoidi eterometrici immersi in una matrice prevalentemente argilloso-limosa. Lo spessore dei depositi franosi, è stato stimato a 5 metri.
- **ZA_FR – Zona di attenzione per instabilità di versante – Zona 21**, Comprende un corpo franoso di vaste dimensioni (*Frana dell'Abbazia*), la cui zona di accumulo interessa alcuni edifici del Quartiere San Rocco, tra i quali la Caserma dei Carabinieri. Sempre a questa zona viene associato un fenomeno di versante posizionato a monte dell'Ospedale di Borgo Val di Taro, attualmente non interessato da urbanizzazione. E' caratterizzata da una successione stratigrafica costituita da uno spessore medio di circa 10-12 metri, di depositi di frana del tipo complesso-quiescente, con elementi litoidi eterometrici immersi in una matrice prevalentemente argilloso-limosa, posti al di sopra di un substrato non rigido con alternanza di litotipi.
- **ZA_FR – Zona di attenzione per instabilità di versante – Zona 22**, Corrisponde alla Frana quiescente-complessa "*dei Piloni*" ubicata nel versante su cui ricade il Capoluogo. E' caratterizzata da una successione stratigrafica costituita da uno spessore medio di circa 20 metri, di depositi di frana con elementi litoidi eterometrici immersi in una matrice prevalentemente argilloso-limosa, posti al di sopra di un substrato non rigido con alternanza di litotipi.
- **ZA_FR – Zona di attenzione per instabilità di versante – Zona 23**, A tale zona viene ricondotto un corpo detritico di frana quiescente-complessa (*Frana Strada del Cimitero*) posto alle quote più elevate dell'ambito "*Quartiere San Rocco*", a monte dei principali edifici, oltre che una parte di un fenomeno gravitativo di più ampie dimensioni collocato al margine orientale dell'ambito "*Stazione - Zona Industriale*". E' caratterizzata da una successione stratigrafica costituita da uno spessore medio di circa 6-7 metri, di depositi di frana con elementi litoidi eterometrici immersi in una matrice prevalentemente argilloso-limosa, posti al di sopra di un substrato non rigido con alternanza di litotipi.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Borgo Val di Taro (PR)

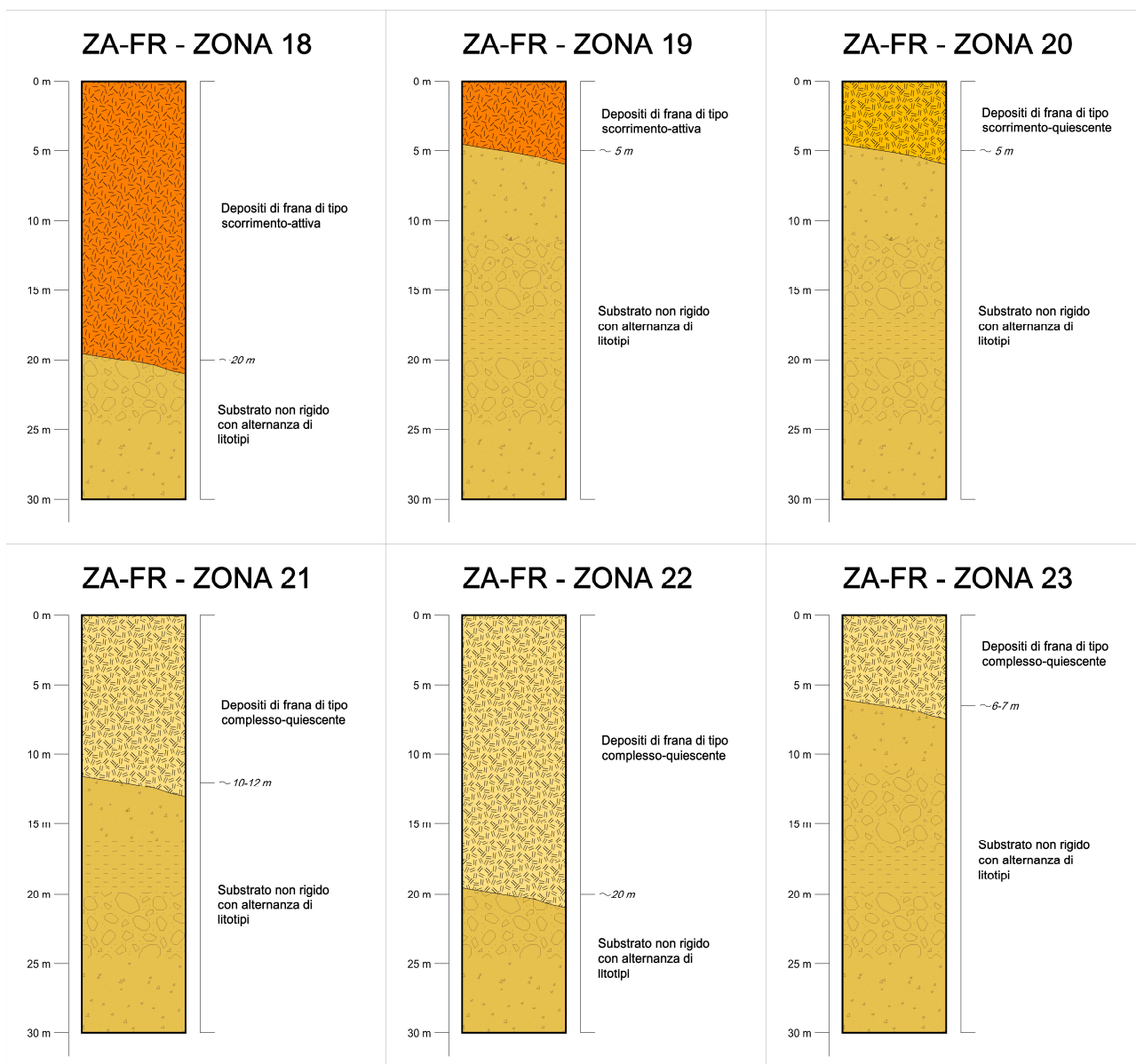


FIG. 9 – PROFILI STRATIGRAFICI RAPPRESENTATIVI DELLE ZONE DI ATTENZIONE PER INSTABILITÀ DI VERSANTE

4.5. Carte delle velocità delle onde di taglio S

In ottemperanza ai riferimenti tecnici citati nelle premesse, è stata redatta per l'ambito oggetto di studio la Carta delle velocità delle onde di taglio S (V_s).

Tale cartografia limitatamente all'ambito individuato, costituisce un aggiornamento, anche alla luce delle nuove indagini, di quella già redatta per gli studi di microzonazione di 2° livello.

In tali elaborati sono ubicati tutti i punti di misura, distinguendoli a seconda della tipologia di prova effettuata (prova tromografica *HVSR*), *MASW* e *Downhole*) e indicando il corrispondente valore di V_{sH} (in m/s), dove:

$$V_{sH} = \frac{H}{\sum \frac{h_i}{V_{s_i}}}$$

H = spessore totale (in metri) dei terreni di copertura o profondità del *bedrock*

h_i = spessore (in metri) dello strato *i*-esimo (fino al *bedrock*)

V_{s_i} = velocità (in m/s) dello strato *i*-esimo (fino al *bedrock*);

o di V_{s30} (sempre in m/s), dove:

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

FIG. 10 – STRALCIO LEGENDA DELLA CARTA DELLA VELOCITÀ DELLE ONDE DI TAGLIO S

Di seguito, vengono proposte due tabelle riepilogative dei risultati delle prove puntuali e lineari, suddivise per ambito, reperite presso l'archivio comunale o di nuova esecuzione, specificando, per ciascuna di esse, la coppia di valori H e V_{sH} ed in alternativa il Valore di V_{s30} , nel caso di $H < 3,00$ m:

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Borgo Val di Taro (PR)

Ambito	Prova	VsH (m/s)	H (m)	Vs30 (m/s)
Borgo Val di Taro Capoluogo	034006P306	332	19,8	-
Borgo Val di Taro Capoluogo	034006P307	265	11,5	-
Borgo Val di Taro Capoluogo	034006P308	186	9,6	-
Borgo Val di Taro Capoluogo	034006P309	345	26,5	-
Borgo Val di Taro Capoluogo	034006P310	282	24,1	-
Borgo Val di Taro Capoluogo	034006P311	320	20,3	-
Borgo Val di Taro Capoluogo	034006P312	359	32,6	-
Borgo Val di Taro Capoluogo	034006P316	352	29,25	-
Borgo Val di Taro Capoluogo	034006P317	14,3	238	-
Borgo Val di Taro Capoluogo	034006P318	272	16	-
Borgo Val di Taro Capoluogo	034006P319	333	18,75	-
Borgo Val di Taro Capoluogo	034006P329	220	7,2	-
Borgo Val di Taro Capoluogo	034006P330	338	21,5	-
Borgo Val di Taro Capoluogo	034006P352*	216	9,4	-
Borgo Val di Taro Capoluogo	034006P366*	375	12	-
Borgo Val di Taro Capoluogo	034006P367*	252	4	-
Borgo Val di Taro Capoluogo	034006P368*	262	18,7	-
Borgo Val di Taro Capoluogo	034006P369*	262	18,7	-
Borgo Val di Taro Capoluogo	034006P370*	262	9,8	-
Borgo Val di Taro Capoluogo	034006P374*	394	5	-
Borgo Val di Taro Capoluogo	034006P375*	332	10	-
Borgo Val di Taro Capoluogo	034006P377*	394	13,8	-
Borgo Val di Taro Capoluogo	034006P378*	394	13,8	-
Borgo Val di Taro Capoluogo	034006P380*	259	5	-
Borgo Val di Taro Capoluogo	034006P381*	259	5	-

Ambito	Prova Lineare	VsH (m/s)	H (m)	Vs30 (m/s)
Borgo Val di Taro Capoluogo	034006L1	358	16,06	-
Borgo Val di Taro Capoluogo	034006L2	315	15	-
Borgo Val di Taro Capoluogo	034006L3	277	12,8	-

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Borgo Val di Taro (PR)

Ambito	Prova Lineare	VsH (m/s)	H (m)	Vs30 (m/s)
Borgo Val di Taro Capoluogo	034006L1	358	16,06	-
Borgo Val di Taro Capoluogo	034006L5	422	8,29	-
Borgo Val di Taro Capoluogo	034006L7	260	5,87	-
Borgo Val di Taro Capoluogo	034006L9	227	4,97	-
Borgo Val di Taro Capoluogo	034006L10	309	13,26	-
Borgo Val di Taro Capoluogo	034006L33*	219	9,4	-
Borgo Val di Taro Capoluogo	034006L35*	262	18,7	-
Borgo Val di Taro Capoluogo	034006L36*	262	9,8	-
Borgo Val di Taro Capoluogo	034006L40*	394	5	-
Borgo Val di Taro Capoluogo	034006L42*	394	13,8	-
Borgo Val di Taro Capoluogo	034006L43*	259	5	-

TAB. 4 – RIEPILOGO DEI RISULTATI DELLE MISURE DI VS NELL'AMBITO DI STUDIO DI BORGO VAL DI TARO CAPOLUOGO, (*) PROVE REALIZZATE E REPERITE NELL'AMBITO DEL PRESENTE STUDIO

Ambito	Prova	VsH (m/s)	H (m)	Vs30 (m/s)
San Rocco – Zona industriale	034006P320	255	7,55	-
San Rocco – Zona industriale	034006P321	185	16,75	-
San Rocco – Zona industriale	034006P322	183	11,65	-
San Rocco – Zona industriale	034006P323	207	13,95	-
San Rocco – Zona industriale	034006P324	287	9,6	-
San Rocco – Zona industriale	034006P325	237	5,35	-
San Rocco – Zona industriale	034006P326	197	7,65	-
San Rocco – Zona industriale	034006P331	279	18	-
San Rocco – Zona industriale	034006P345*	-	-	451
San Rocco – Zona industriale	034006P346*	-	-	418
San Rocco – Zona industriale	034006P362*	354	5	-
San Rocco – Zona industriale	034006P363*	354	5	-
San Rocco – Zona industriale	034006P371*	343	13,1	-
San Rocco – Zona industriale	034006P372*	215	4,9	-
San Rocco – Zona industriale	034006P373*	386	18	-

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Borgo Val di Taro (PR)

Ambito	Prova	VsH (m/s)	H (m)	Vs30 (m/s)
San Rocco – Zona industriale	034006P320	255	7,55	-
San Rocco – Zona industriale	034006P376*	401	19	-

Ambito	Prova	VsH (m/s)	H (m)	Vs30 (m/s)
San Rocco – Zona industriale	034006L40*	314	6,23	-
San Rocco – Zona industriale	034006L12	-	-	495
San Rocco – Zona industriale	034006L16	276	14	-
San Rocco – Zona industriale	034006L31*	438	24,2	-
San Rocco – Zona industriale	034006L32*	410	25	-
San Rocco – Zona industriale	034006L34*	447	26	-
San Rocco – Zona industriale	034006L37*	343	13,1	-
San Rocco – Zona industriale	034006L38*	215	4,9	-
San Rocco – Zona industriale	034006L39*	386	18	-
San Rocco – Zona industriale	034006L41*	401	19	-

TAB. 5 – RIEPILOGO DEI RISULTATI DELLE MISURE DI VS NELL'AMBITO DI STUDIO DI SAN ROCCO – ZONA INDUSTRIALE, (*) PROVE REALIZZATE E REPERITE NELL'AMBITO DEL PRESENTE STUDIO

I risultati sopraindicati, una volta mediati e con alcune correzioni a favore di sicurezza, hanno consentito di definire i valori di V_{S30} o di V_{SH} da assumere per ciascuna MOPS, definita nel paragrafo 4.4, e che sono serviti per calcolare i fattori di amplificazione sismica nel successivo paragrafo 5.3.

Di seguito viene proposta una tabella riepilogativa di tali valori:

Zona	Livello di approfondimento	Vsh	Vs30
Zona con substrato fratturato o alterato	3	/	/
Zona 13 (Copertura tipo Gpes e GCTf)	3	/	/
Zona 16 (Copertura tipo MLec)	2	250	/
Zona 17 (Copertura di depositi di conoide alluvionale)	3	/	/
Zona 18 (Zona di attenzione per instabilità di versante)	3	/	/
Zona 19 (Zona di attenzione per instabilità di versante)	2	200	/
Zona 20 (Zona di attenzione per instabilità di versante)	2	250	/
Zona 21 (Zona di attenzione per instabilità di versante)	3	/	/
Zona 22 (Zona di attenzione per instabilità di versante)	3	/	/
Zona 23 (Zona di attenzione per instabilità di versante)	3	/	/

TAB. 6 - TABELLA RIEPILOGATIVA DELLE VELOCITÀ DELLE ONDE DI TAGLIO S MEDIE PER CIASCUNA ZONA ESAMINATA

5. APPROFONDIMENTI DI TERZO LIVELLO

5.1. Analisi di risposta sismica locale

5.1.1 Pericolosità sismica di base e degli eventi di riferimento

La sismicità storica del Comune di Borgo Val di Taro è stata estrapolata dal *Database Macrosismico Italiano 2015 (DBMI15)*, redatto nell'ambito delle attività del *Tema Trasversale Coordinato INGV 5.1 "Banche dati e metodi macrosismici"*, in cui sono stati classificati e catalogati 122701 dati di intensità per 3212 terremoti. I dati derivano da 185 tra studi, *data-base*, rapporti e bollettini pubblicati sino al 2016. Il numero di terremoti supportati da dati di intensità è quasi raddoppiato rispetto alla precedente versione (DBMI11) da 1681 a 3212, pari rispettivamente al 53% e al 70% dei terremoti in catalogo) che fanno parte del "Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani" (CPTI15).

La sismicità del territorio comunale di Borgo Val di Taro è riassunta graficamente nel diagramma di **Fig. 11.a**. Nella tabella a fianco (**Fig. 11.b**) sono elencate le osservazioni, contraddistinte da maggiore intensità al sito, disponibili per il territorio comunale. Oltre alla stessa intensità al sito (*I_s*), sono indicati l'anno, il mese, il giorno e l'ora in cui si è verificato, il numero dei dati puntuali d'intensità disponibili (*N_p*), l'intensità massima epicentrale in scala MCS (*I_o*), e la magnitudo momento (*M_w*).

Il primo riferimento per una stima della pericolosità sismica di base è rappresentato dalla "Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale" (MPS04 - edizione aprile 2004). Successivamente tale Mappa è stata revisionata e quella definitiva è stata approvata con *OPCM n° 3519 del 28 aprile 2006 (all. 1b)* e pubblicata in *G.U. n° 108 del 11.05.2006*. In questa mappa sono indicati i valori di accelerazione di picco al suolo *a(g)* con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (per un Tempo di ritorno di 475 anni) riferita a suoli molto rigidi (*V_{s30} > 800 m/s, Cat. A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005*) per l'intero territorio nazionale.

L'accelerazione orizzontale massima del suolo corrisponde a quella che in ambito internazionale viene chiamata *PGA*. A questo sono seguiti altri progetti, tra cui quello che ha portato alla consultazione interattiva della *MPS04* stessa.

Consultando il sito dell'INGV (<http://esse1-gis.mi.ingv.it>) si può accedere ad un sistema che consente di visualizzare e interrogare mappe probabilistiche della pericolosità sismica del territorio nazionale, espressa con diversi parametri dello scuotimento su una griglia regolare a passo 0.05°.

Le mappe riportano due distinti parametri dello scuotimento: *a(g)* (accelerazione orizzontale massima del suolo) e *Se(T)* (Spettro di risposta Elastico in accelerazione, in funzione del periodo *T*). Si è quindi provveduto a raffigurare le mappe relative al Comune di Borgo Val di Taro (**Fig. 12**).

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Borgo Val di Taro (PR)

Dalla carta si evince che il territorio del Comune di Borgo Val di Taro ricade in un areale in cui si possono verificare terremoti caratterizzati da un'accelerazione massima del suolo (**amax**) pari a $0,175 \pm 0,225 g$. Tali valori sono coerenti con quanto riportato nell'Allegato A4 della D.A.L. Regione Emilia-Romagna n° 112 del 2.5.2007, che attribuisce al Comune di Borgo Val di Taro un valore di accelerazione di picco al suolo (cioè per $T = 0$, espressa in frazione dell'accelerazione di gravità $g a_{refg}$, con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni) pari a **0,201 g**.

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDF	Io	Mw
7-8	1545	06	09	15	45		Val di Taro	5	7-8	5.38
8	1834	02	14	13	15		Val di Taro-Lunigiana	112	9	5.96
5	1835	04	20	03			Val di Taro	1	5	4.16
5-6	1835	04	25	02	45		Val di Taro	6	5-6	4.77
6-7	1845	11	28	18			Val di Taro	7	6	4.63
3	1854	12	29	01	45		Liguria occidentale	86	7-8	5.72
NF	1857	02	01				Farnese-Reggiano	22	6-7	5.11
4	1873	06	29	03	58		Alpago Caniglio	197	9-10	6.29
3-4	1873	09	17				Appennino toscano-liguro	64	6-7	5.26
2-3	1886	10	15	02	20		Collechio	44	6	4.70
NF	1895	05	18	19	55	1	Florentino	401	8	5.50
4	1898	03	04	21	05		Farnese	313	7-8	5.37
NF	1904	11	17	05	02		Pistoiese	204	7	5.10
NF	1906	08	25	03	11		Farnese	31	5	4.25
5	1906	11	10	17	55		Alta Val di Taro	43	5	4.22
3	1909	01	13	00	45		Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
3	1910	01	23	01	50		Piacentino	118	5	4.39
NF	1911	02	19	07	18	3	Foslivese	181	7	5.26
NF	1915	01	13	06	52	4	Massica	1041	11	7.08
NF	1919	06	29	15	06	1	Mugello	565	10	6.38
NF	1921	05	07	06	15		Lunigiana	19	6	4.64
5	1921	11	29	12	04		Val di Taro	10	4	4.15
3-4	1927	10	28	21	49		Alta Val di Taro	39	6	4.66
3	1928	02	21	04	37		Alta Val di Taro	8	5	4.16
4	1928	07	20	19	53		Alta Val di Taro	13	6	4.39
4	1939	10	15	14	05		Garfagnana	62	6-7	4.96
5	1959	01	26	05	35	4	Alta Val di Taro	14	5	4.27
3	1965	11	09	15	35		Appennino reggiano	32	5	4.17
NF	1967	04	03	16	36	1	Reggiano	45	5	4.44
4	1969	06	24	13	25	1	Farnese	15	5	4.21
5	1972	10	25	21	56	1	Appennino settentrionale	198	5	4.87
6	1974	04	15	21	49	1	Alta Val di Taro	13	5	4.14
5-6	1975	11	13	19	55	1	Appennino piacentino	7	5-6	4.36
5-6	1975	11	16	13	04	2	Appennino piacentino	10	4-5	4.93
5	1976	08	22	02	49	1	Alta Val di Taro	26	5	4.54
5-6	1980	12	23	12	01	0	Piacentino	69	6-7	4.57
3-4	1983	11	09	16	29	5	Farnese	850	6-7	5.04
NF	1984	04	29	05	02	5	Umbria settentrionale	709	7	5.62
5	1985	08	15	18	58	0	Appennino parmense	7	7	4.51
4	1986	10	01	19	53	3	Lunigiana	68	5	4.46
NF	1986	12	06	17	07	1	Ferrarese	604	6	4.43
4	1987	02	10	21	20	1	Lunigiana	54	5	4.09
3	1989	10	03	09	41	3	Appennino parmense	91	4	4.04
3	1995	03	03	16	16	4	Lunigiana	43	5	4.20
4	1995	10	10	06	54	2	Lunigiana	341	7	4.82
3	2002	11	13	10	48	0	Franciacorta	768	5	4.21
2-3	2005	04	13	18	46	0	Valle del Tevere	163	4	3.68
2	2005	04	18	10	59	1	Valle del Tevere	284	4	3.97
5	2008	12	23	15	24	2	Farnese	291	6-7	5.36

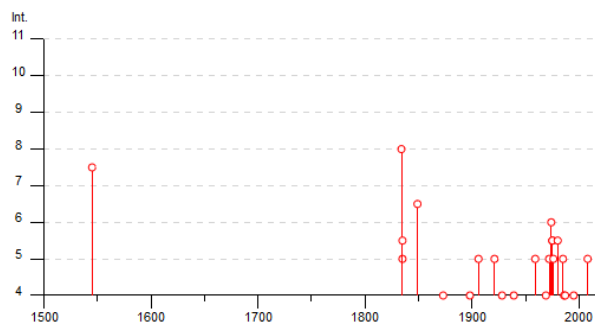


Fig. 11.A) DIAGRAMMA DELLA STORIA SISMICA DI BORGO VAL DI TARO, LIMITATAMENTE AI TERREMOTI CON INTENSITÀ EPICENTRALE UGUALE O SUPERIORE A 4-5; 11.B) ELENCO DEI TERREMOTI PIÙ FORTI RISENTITI NELL'AREA DI PARMA TRA IL 1500 E IL 2018.

Fonte dati: INGV DATABASE MACROSISMICO ITALIANO 2015 - [HTTP://EMIDIUS.MI.INGV.IT/DBMI15/](http://emidius.mi.ingv.it/DBMI15/)

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Borgo Val di Taro (PR)

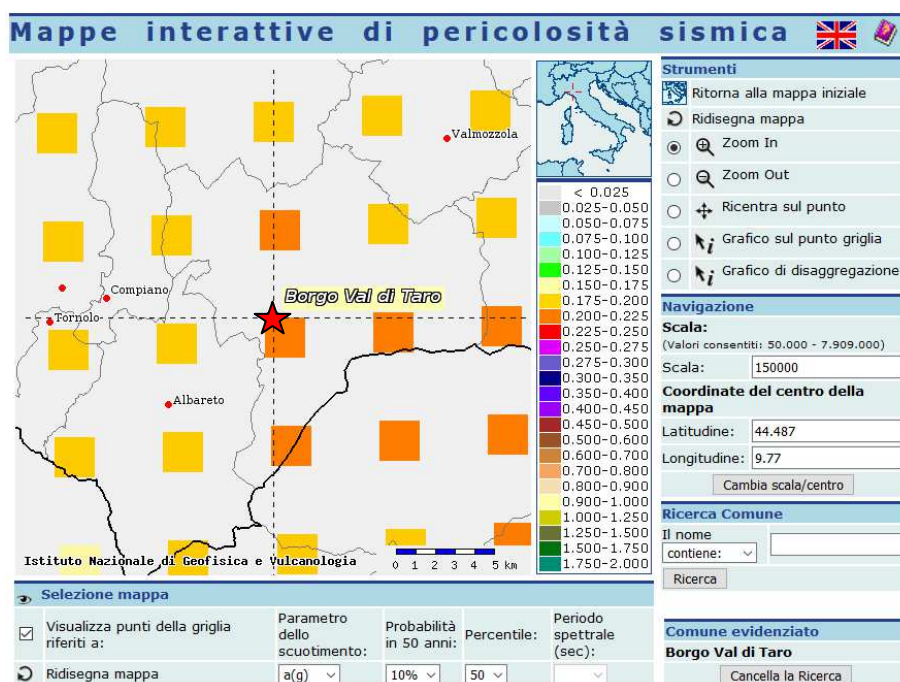


FIG. 12 - MAPPA DI PERICOLOSITÀ SISMICA PER IL TERRITORIO DEL COMUNE DI BORGO VAL DI TARO ESPRESSA IN TERMINI DI $a(g)$ E PROBABILITÀ DI ECCEDEZA DEL 10% IN 50 ANNI ($TR = 475$ ANNI) (INGV); GLI ASSI SONO CENTRATI SUL SITO DI INTERESSE.

5.1.2 Spettro di risposta rappresentativo

Per la valutazione della pericolosità sismica di base, sono stati impiegati i risultati pubblicati dalla Regione Emilia Romagna (Cfr. *Allegato 4 - DAL 112/2007*), relativamente all'attribuzione a ciascun comune, di un valore di accelerazione orizzontale massima attesa su suolo rigido di riferimento, per terremoti con tempo di ritorno di 475 anni (equivalenti al 10% di probabilità di superamento in 50 anni). Tale valore, che deriva dalla media di tutti corrispondenti valori associati ai nodi del reticolo di riferimento con maglie di $0,05^\circ$, definiti dall'*Allegato B del D.M. 14/01/2008 recante "Norme Tecniche per le Costruzioni"*, equivale a **0,201 g** nel caso del Comune di Borgo Val di Taro.

Partendo da tale valore, corrispondente all'accelerazione massima orizzontale attesa al sito su suolo rigido al periodo $T=0$, è stato possibile ricostruire lo spettro di risposta a probabilità uniforme, semplicemente moltiplicando **0,201 g** per i valori $Se(g)/a_{ref}$ che definiscono l'equivalente spettro normalizzato previsto per l'Emilia Romagna (rappresentativo del moto sismico atteso per un periodo di ritorno di 475 anni, con smorzamento del 5%).

Lo spettro di risposta caratteristico del comune, riportato in **Fig. 13** è stato sovrapposto a quello normalizzato ricavato dal *D.M. 14/01/2008* per un suolo di tipo **A**.

Il grafico mostra un buon grado di correlazione tra i due spettri inoltre, si evidenzia come i valori di amplificazione massima si verificano per periodi (T) compresi tra $0,15$ s e $0,30$ s.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Borgo Val di Taro (PR)

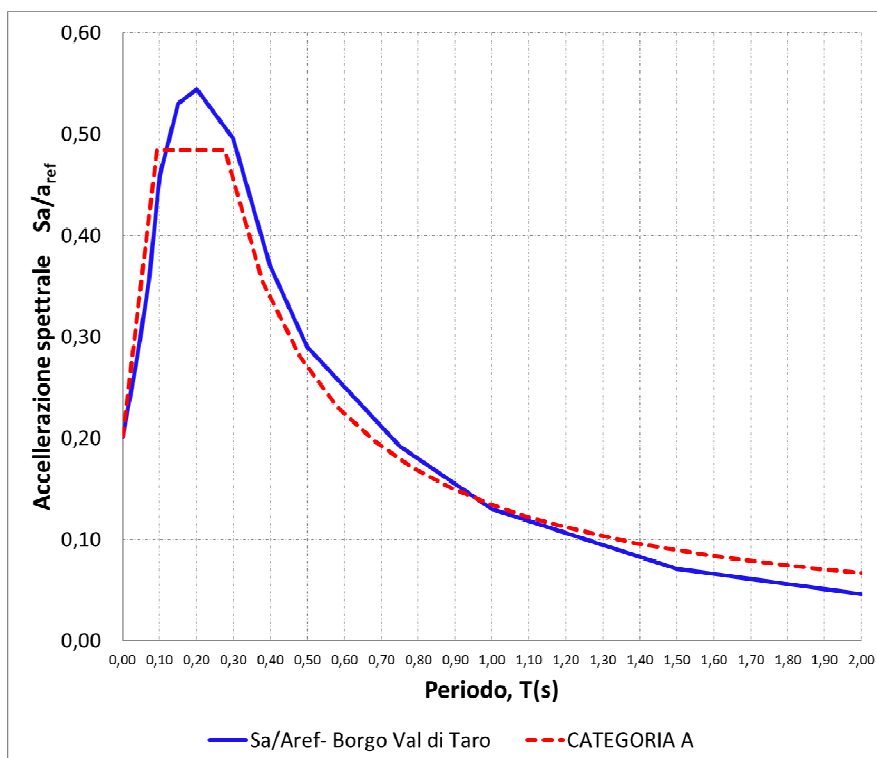


FIG. 13 – SPETTRO DI RISPOSTA NORMALIZZATO (D.A.L. 112/2007 - $T_R=475$ ANNI, SMORZAMENTO= 5%) RAFFRONTATO A QUELLO DI CATEGORIA A (DA NTC 2008), PER IL COMUNE DI BORGO VAL DI TARO

5.1.3 Selezione dei segnali sismici di riferimento

L'input sismico, rappresentativo del moto atteso sul sito di riferimento rigido affiorante utilizzato nelle analisi è rappresentato da n.3 "time history" dell'accelerazione, che sono state selezionate dalla banca dati accelerometrica "European Strong Motion Database" (http://www.isesd.hi.is/ESD_Local/frameset.htm, denominata anche come *ISESD*) attraverso una procedura che valuta la similarità tra una forma spettrale di riferimento (nel caso in esame questa forma spettrale corrisponde alla forma dello spettro di risposta isoprobabile con il 10% di probabilità di eccedenza in 50 anni di figura 1) e la forma degli spettri di risposta dei segnali contenuti nella banca dati *ISESD*.

I segnali di riferimento sono stati normalizzati affinché la loro ampiezza massima assoluta fosse unitaria.

I files con i segnali di riferimento normalizzati sono stati scaricati dal sito web del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna, tema "Sismica - Microzonazione Sismica".

Nello specifico trattasi di tre files:

- 000046xa.xy;
- 000126xa.xy;
- 000354xa.xy.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Borgo Val di Taro (PR)

Il nome dei *files* corrisponde al codice identificativo *ISESD* delle registrazioni accelerometriche.

Ciascun *file* contiene due colonne: la prima corrisponde al tempo, espresso in secondi, la seconda il valore di accelerazione normalizzata.

Gli accelerogrammi *000046xa.xy*, *000126xa.xy* e *000354xa.xy* sono stati inseriti nel *software* di elaborazione per il calcolo della *Risposta Sismica Locale "LSR 1D"* (Version 4.1.1 della *STACEC*), quindi sono stati opportunamente scalati, rispetto al valore della *PGA* al *bedrock* attesa in sito, considerando un substrato rigido affiorante (Cat. A) (Cfr. **Fig. 14**).

ACCELEROGRAMMI DI INPUT

SCALATI $ag/g = 0,201$

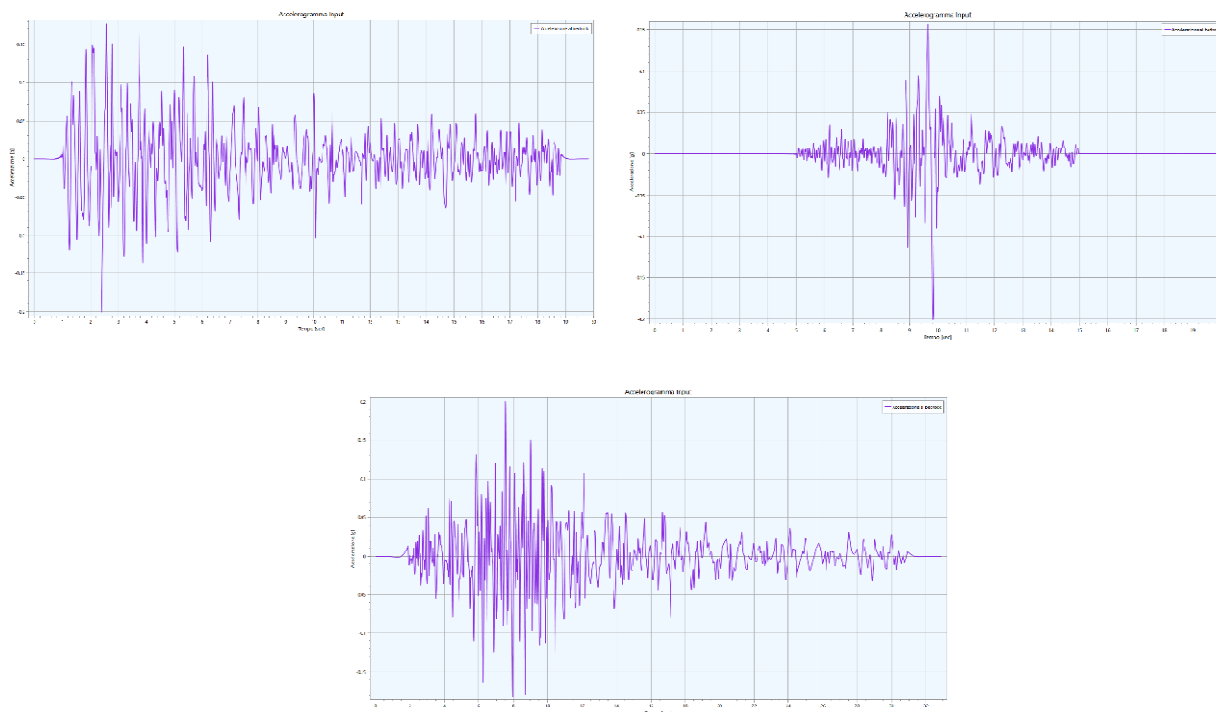


FIG. 14 - SERIE TEMPORALI ACQUISITE E RISCALATE IN FUNZIONE DELLA P.G.A. ATTESA AL BEDROCK SISMICO (SOTTOSUOLO DI CAT. A).

5.1.4 Modello stratigrafico e parametrizzazione sismica

Attraverso un'attenta analisi delle indagini geotecniche, sismiche e di laboratorio di nuova realizzazione eseguite in sito (vedi Elaborati **7**, **8** e **9**), a cui si aggiungono le indagini pregresse consultabili nel *data-base* a corredo di questo studio, si è cercato di ricostruire un modello sismo-stratigrafico semplificato rappresentativo di ciascuna *MOPS* di interesse.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Borgo Val di Taro (PR)

E' stata quindi calcolata la risposta dinamica monodimensionale ($1D$), optando per una analisi equivalente lineare (EQL), basata su un modello di propagazione lineare delle onde in cui le proprietà dinamiche del terreno, quali "Modulo di taglio G " e "Rapporto di smorzamento D ", vengono fatti variare in funzione del livello deformativo.

Pertanto, a ciascuno strato, come definito nel modello, è stato attribuito un valore rappresentativo del peso di volume, delle V_s e del Coefficiente di Poisson N_i . Si è poi proceduto assegnando al medesimo strato una coppia di curve che definisce il comportamento non lineare del terreno in funzione di un aumento percentuale della deformazione di taglio:

- la curva di decadimento del Modulo di rigidità al taglio G alle basse deformazioni, espresso come rapporto G/G_0 (Fig. **15.a**);
- la curva di variazione dello smorzamento D (Fig. **15.b**).

Per i casi in esame sono stati utilizzati i risultati delle prove di laboratorio, ottenuti dall'analisi secondo la metodologia della "Colonna Risonante" su:

- **n° 1 campione** prelevato durante l'esecuzione del sondaggio **S2**.

Ad integrazione delle curve desunte da prove in laboratorio ne sono state estrapolate altre presenti in letteratura, attingendo al portale WEB-GIS <http://150.217.73.23/BancaDatiVEL/> sviluppato dalla Regione Toscana con la collaborazione tecnica del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Firenze, nell'ambito del "Programma VEL" (*Valutazione Effetti Locali*). I risultati sperimentali contenuti nella banca dati VEL possono essere selezionati secondo numerosi criteri (geografico, per litologia, per formazione geologica, etc...) e direttamente tradotti in curve di decadimento scegliendo i parametri delle equazioni di Yokota che meglio approssimano i dati sperimentali.

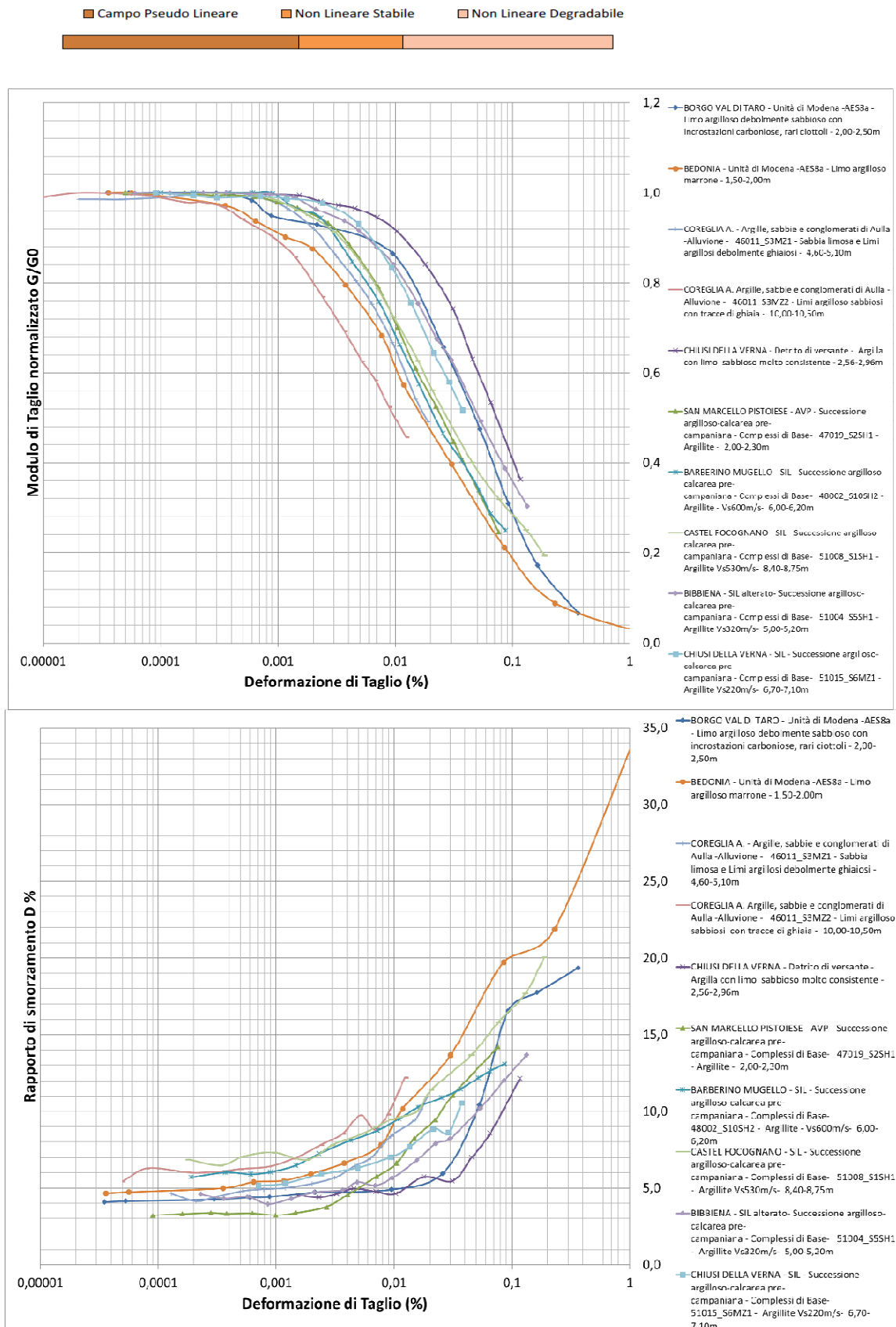
Nel presente lavoro si è cercato di optare per quelle curve relative a campioni che presentavano maggiori affinità sia dal punto di vista stratigrafico sia da un punto di vista litologico con le formazioni geologiche caratterizzanti l'area di studio.

Così facendo è stato possibile valutare in maniera più accurata il comportamento deformativo dei terreni superficiali analizzati.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Borgo Val di Taro (PR)



5.1.5 Grafici di output della RSL

A seguito della modellazione numerica e dell'ottenimento dei grafici di *output* dalla simulazione in **LSR 1D**, possono essere ricavate diverse informazioni, che permettono di descrivere in maniera dettagliata il comportamento sismico della colonna stratigrafica soprastante il *bedrock* di riferimento.

Sono state prese in considerazione soltanto alcune delle informazioni ricavate dallo studio di *RSL*, in particolare quelle che solitamente vengono richiesti in uno studio microzonazione sismica di terzo livello e che possono avere un impiego ai fini progettuali delle opere ingegneristiche.

1) **Acceleration Response Spectrum - Spettri di risposta in accelerazione**

Rappresenta l'elaborato fondamentale richiesto per i calcoli strutturali e in "*LSR 1D*" può essere calcolato sia in superficie che per una profondità di interesse.

Nei casi in esame (è stato calcolato per gli *SLV* a piano campagna, con un coefficiente di smorzamento viscoso equivalente del 5%).

2) **Housner Intensity - Intensità di Housner**

L'intensità spettrale è definita come:

$$SI = \int_{T_1}^{T_2} PSV(T_0, \xi) dT_0$$

dove *PSV* è lo pseudospettro di risposta in velocità, *T₀* è il periodo proprio e ξ è lo smorzamento.

Questo parametro di severità del moto sismico è correlato al danno potenziale atteso per effetto del terremoto in oggetto, dal momento che la maggior parte delle strutture hanno un periodo fondamentale di vibrazione nell'intervallo compreso tra 0,1 e 2,5 secondi.

Si ritiene opportuno valutare un duplice intervallo di integrazione: il primo tra 0,1 e 0,5 secondi, significativo per le strutture più rigide, a basso periodo proprio, il secondo per quelle più flessibili, ad elevato periodo proprio.

3) **P.G.A. Profile - Peak Ground Acceleration Profile**

Definisce la massima accelerazione per ogni profondità, in unità di gravità. Consente di valutare l'entità dell'amplificazione locale, intesa come rapporto fra il valore della *P.G.A.* in superficie e il valore della *P.G.A.* al *bedrock* (sottosuolo di categoria *A*). Gli esiti mostrano le variazioni fra le risposte del modello di sottosuolo in relazione ai diversi *input* sismici assegnati.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Borgo Val di Taro (PR)

5.1.6 Risultati ottenuti dalla modellazione

Nel presente studio sono stati elaborati i modelli di *input* riguardanti le seguenti microzone:

- A. Zona con substrato fratturato o alterato
- B. Zona 13
- C. Zona 17
- D. Zona 18
- E. Zona 21
- F. Zona 22
- G. Zona 23

Di seguito si riportano le risultanze per ogni modello sismo-stratigrafico considerato.

Zona con substrato fratturato o alterato

Nel caso in esame sono state analizzate ed elaborate le seguenti indagini:

- Indagine n° 034006L36MASW36; 034006P370HVSR387.

Nella **Fig. 16** sono rappresentati i dati di ingresso al software **LSR 1D** impiegato per le elaborazioni di III° Livello, mentre in **Fig. 17** vengono raffigurati gli spettri di *input* adottati.

Strato	Spessore [m]	ρ [Kg/m ³]	Vs [m/s]	Ni	Modello geotecnico	Colore
1 Strato (1)	0.80	2060.00	160.00	0.49	CHIUSI DELLA VERNA - 51015_S6M	
2 Strato (2)	2.90	2000.00	255.00	0.44	CHIUSI DELLA VERNA - 51015_S6MZ	
3 Strato (3)	6.10	2030.00	290.00	0.44	CHIUSI DELLA VERNA - 51015_S6MZ	
4 Strato (4)	7.20	2040.00	540.00	0.25	CASTEL FOCOIGNANO - 51008_S1SH	
5 Strato (5)	25.00	2110.00	670.00	0.31	BARBERINO DI MUGELLO - 48002_S	

FIG. 16 - SCHERMATA DI INPUT TRATTE DAL SOFTWARE "LSR 1D", DOVE VIENE DEFINITO IL MODELLO SISMO-STRATIGRAFICO DEL SITO DI INTERESSE: ZONA SUBSTRATO FRATTURATO O ALTERATO.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Borgo Val di Taro (PR)

SPETTRI DI INPUT

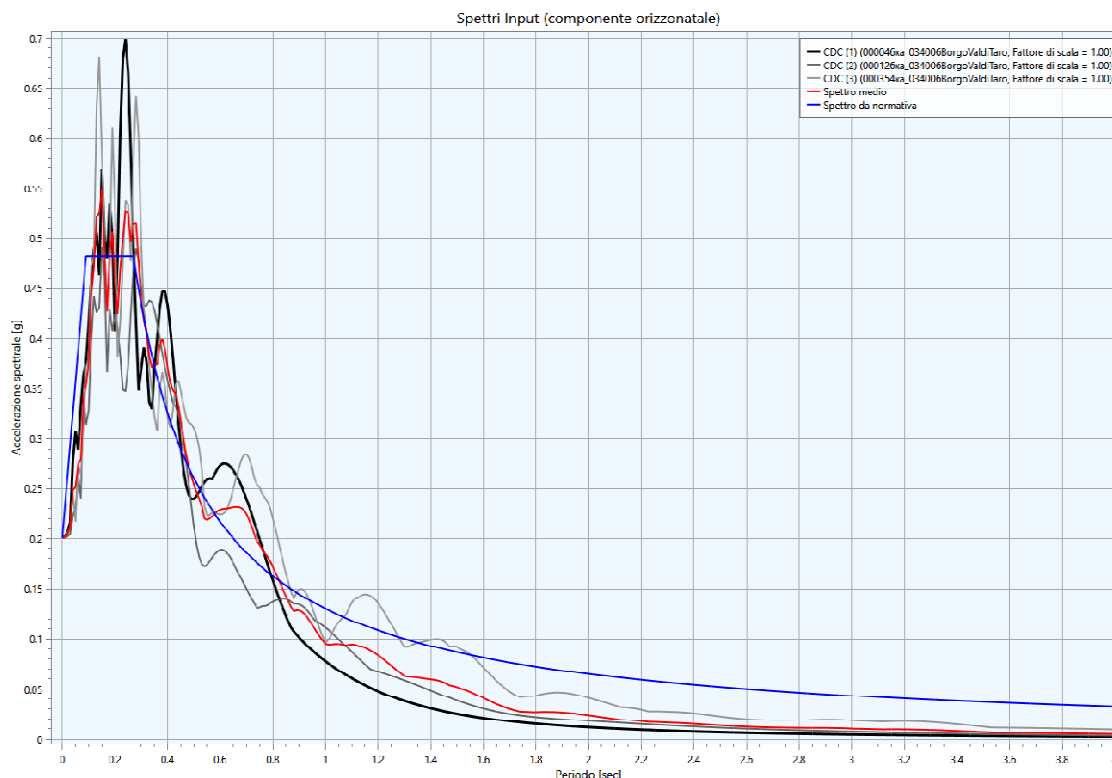


FIG. 17 - SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICA AL BEDROCK, CALCOLATI PER SLV CON SMORZAMENTO DEL 5%.

1B) Acceleration Response Spectrum - Spettri di risposta in accelerazione

Sulla base delle indagini geofisiche effettuate, è stato calcolato un valore di V_{s30} di **428 m/s**, per il quale viene attribuita ai terreni in esame la **“Categoria B”**. Osservando in dettaglio il grafico (Cfr. **Fig. 18**) si può notare come il valore dello spettro medio si vada a collocare al di sopra di quello semplificato di **categoria B**; pertanto i dati emersi dallo studio di *RSL* risultano leggermente più cautelativi. Lo spettro medio è stato poi adattato alla tipica forma spettrale semplificata, utilizzando come riferimento i valori della *“media”*.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Borgo Val di Taro (PR)

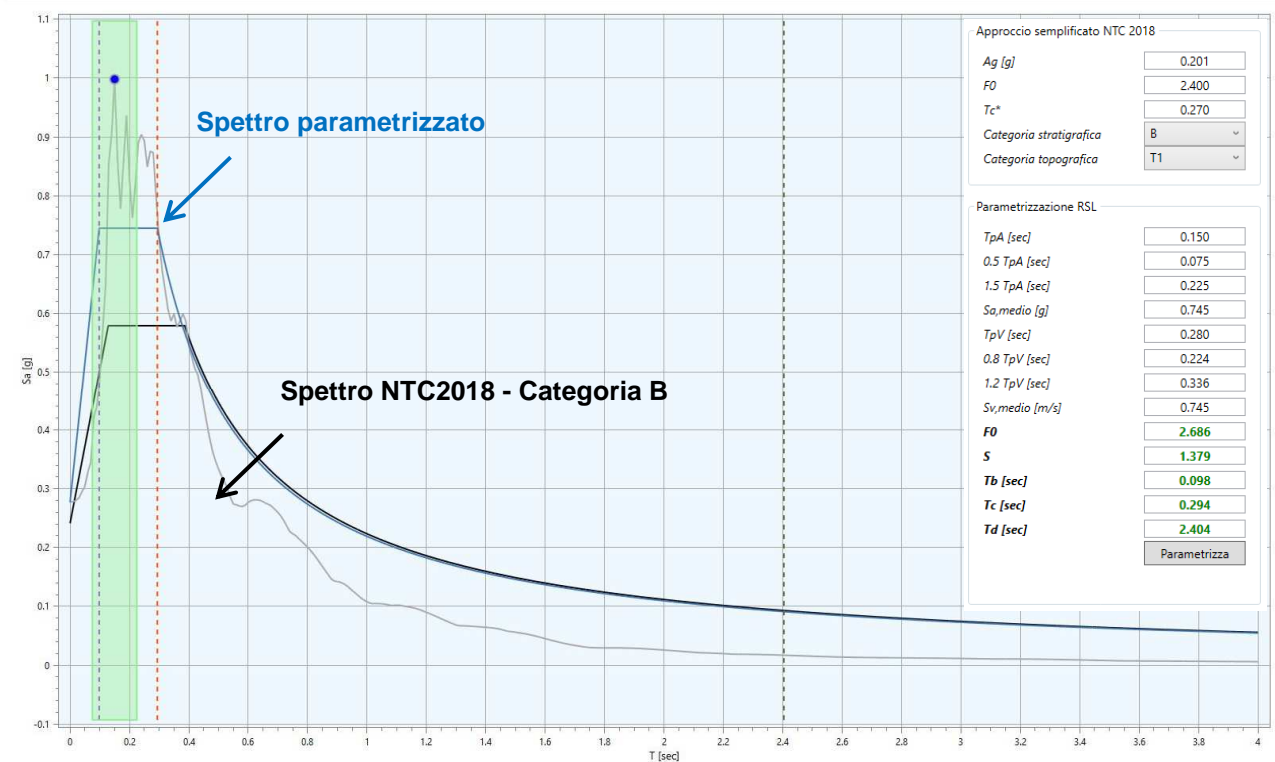
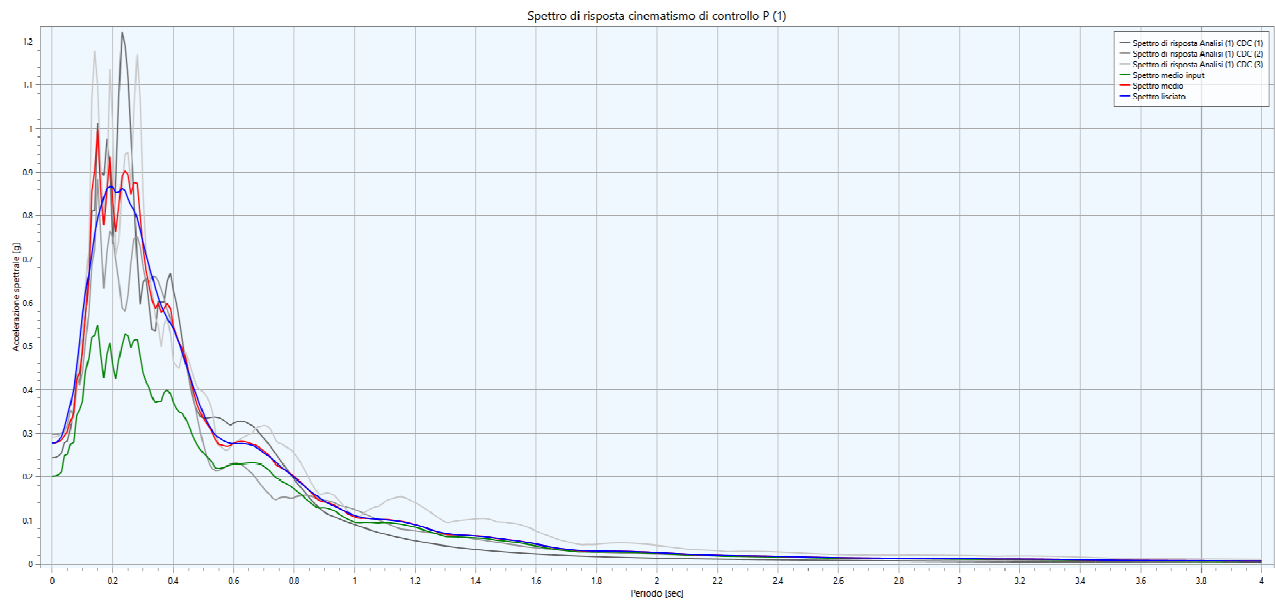


FIG. 18 - SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICA IN SUPERFICIE, CALCOLATI PER SLV CON SMORZAMENTO DEL 5%. SULLA DESTRA SONO INDICATI I VALORI RAPPRESENTATIVI DELLO SPETTRO MEDIO PARAMETRIZZATO SECONDO NORMATIVA (LINEA BLU), CONSIDERANDO UNO SMORZAMENTO DEL 5%; LO SPETTRO RICAVATO CON APPROCCIO SEMPLIFICATO, CHE FA RIFERIMENTO ALLA "CATEGORIA DI SOTTOSUOLO SISMICO" (CATEGORIA B) DETERMINATA SULLA BASE DELLE INDAGINI GEOFISICHE IN SITO, È INVECE RAPPRESENTATO CON LA LINEA NERA.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Borgo Val di Taro (PR)

2B) Housner Intensity – Intensità di Housner

Nei due grafici raffigurati di seguito vengono rappresentati gli spettri relativi all'intensità di *Housner* negli intervalli $0,1 < SI < 0,5$ e $0,5 < SI < 1,0$.

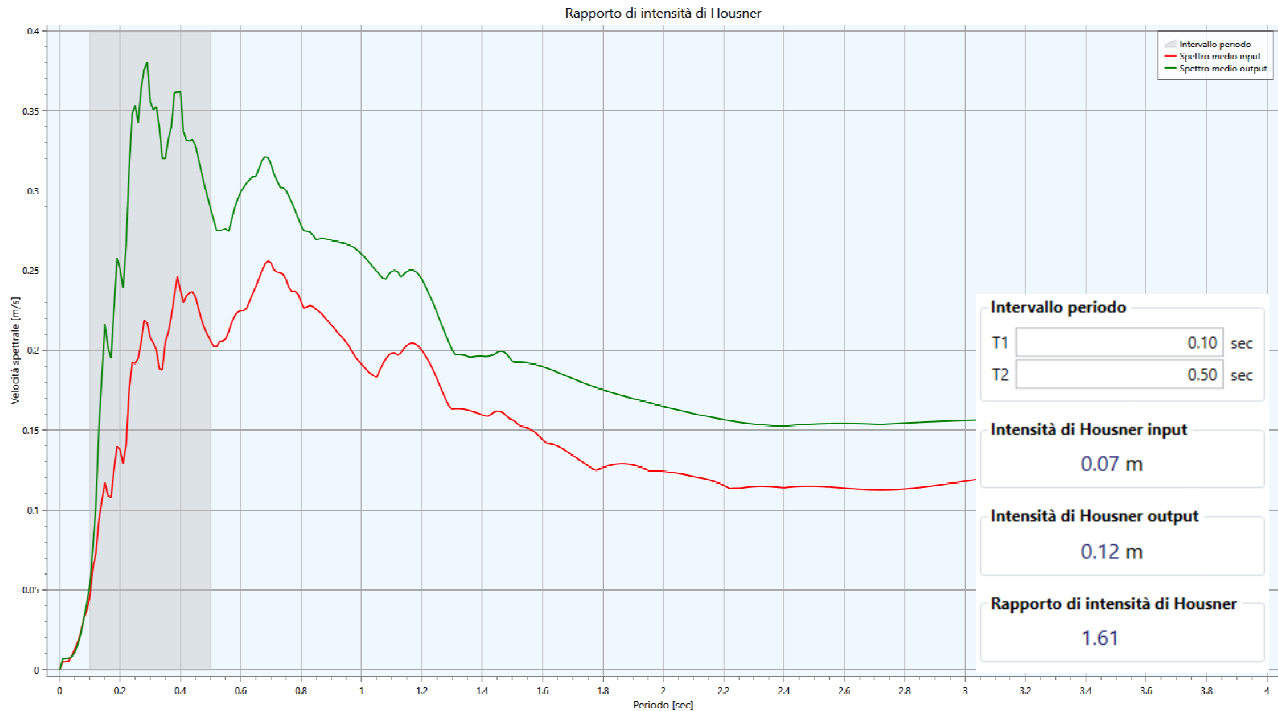


FIG. 19 - INTENSITÀ DI *HOUSNER* NELL'INTERVALLO $0,1 < SI < 0,5$.

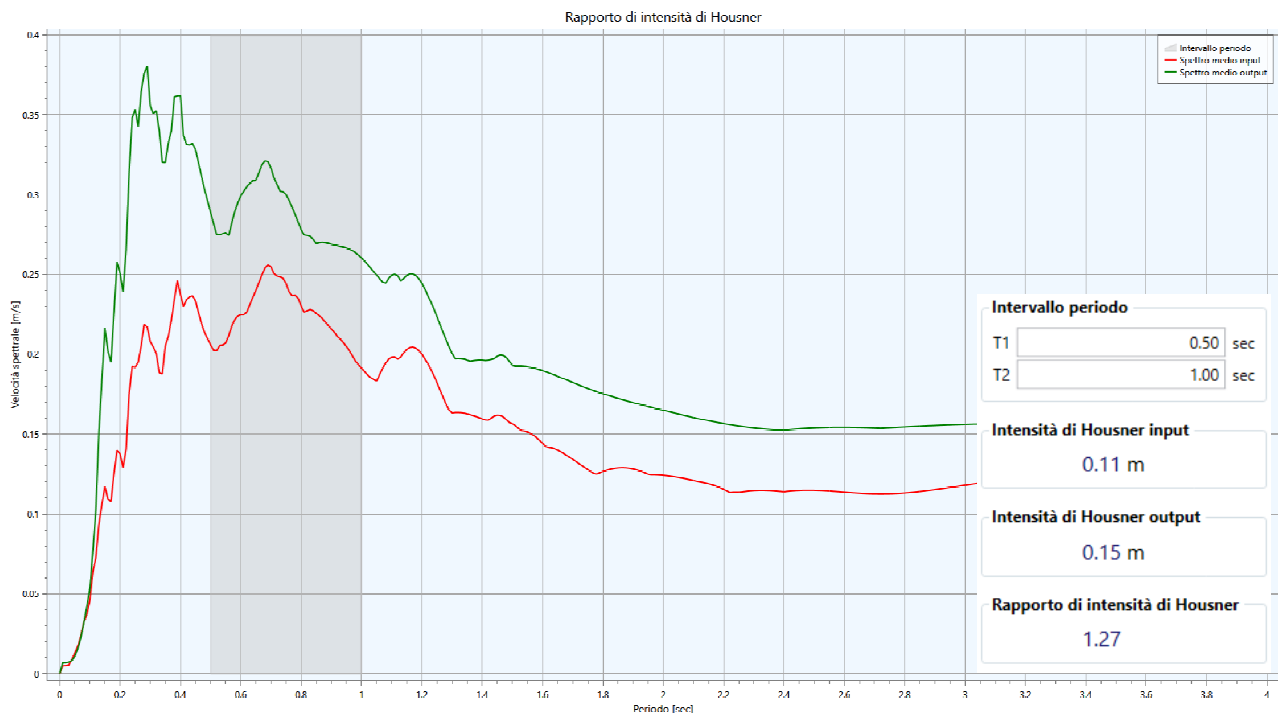


FIG. 20 - INTENSITÀ DI *HOUSNER* NELL'INTERVALLO $0,5 < SI < 1,0$.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Borgo Val di Taro (PR)

3B) P.G.A. Profile - Peak Ground Acceleration Profile

Nella **Fig. 21** viene rappresentata la massima accelerazione per ogni profondità, in unità di gravità (rapporto fra il valore della P.G.A. in superficie e il valore della P.G.A.₀ al bedrock).

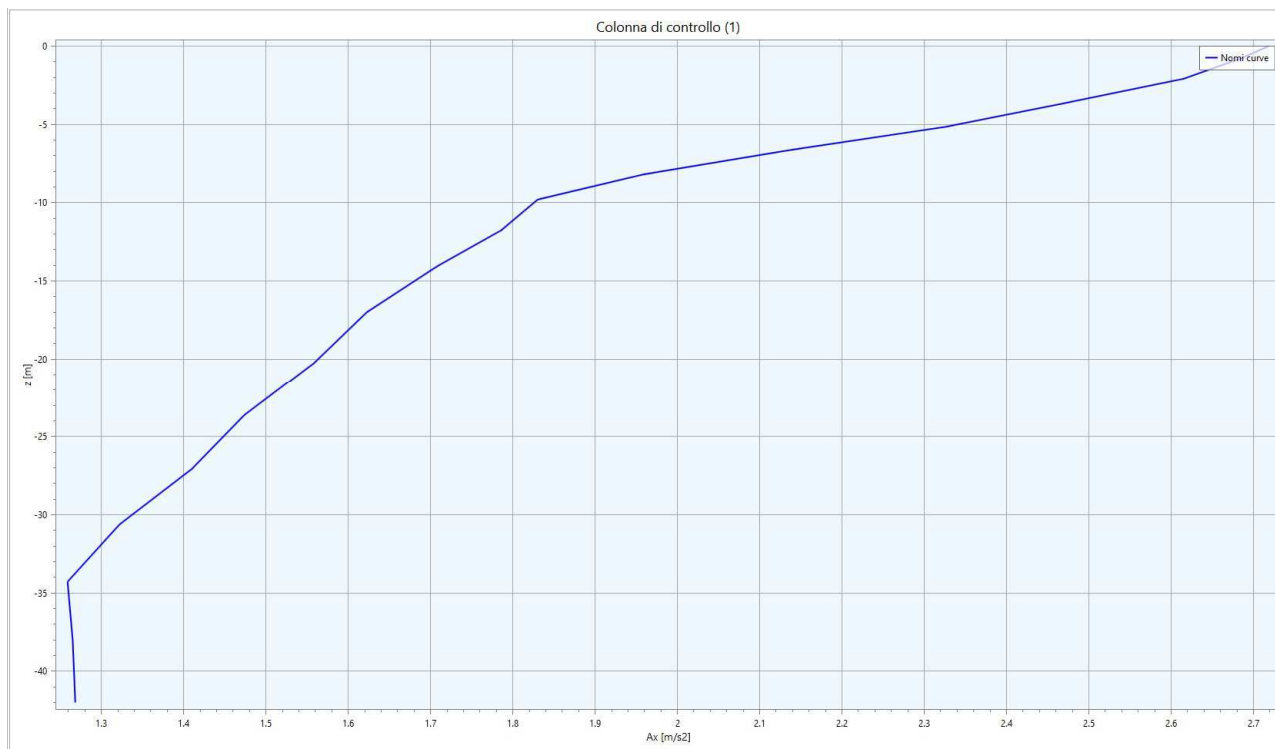


FIG. 21 - P.G.A. PROFILE: SI PUÒ NOTARE UNA MAGGIORE INCIDENZA DEI FENOMENI DI AMPLIFICAZIONE A PARTIRE DAGLI ORIZZONTI PIÙ SUPERFICIALI AVENTI VS INFERIORE (DA 0 A 10M).

Nella tabella sottostante vengono riassunti i valori dei F.A. determinati con l'analisi di RSL di III° livello:

Zona substrato fratturato o alterato	
Fattori di amplificazione	RSL
F.A. P.G.A.	1,38
F.A. Is ($0.1s < T_0 < 0.5s$)	1,61
F.A. Is ($0.5s < T_0 < 1.0s$)	1,27

TAB. 7 – TABELLA RIASSUNTIVA DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE DELLA "ZONA CON SUBSTRATO FRATTURATO O ALTERATO"

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Borgo Val di Taro (PR)

Zona 13

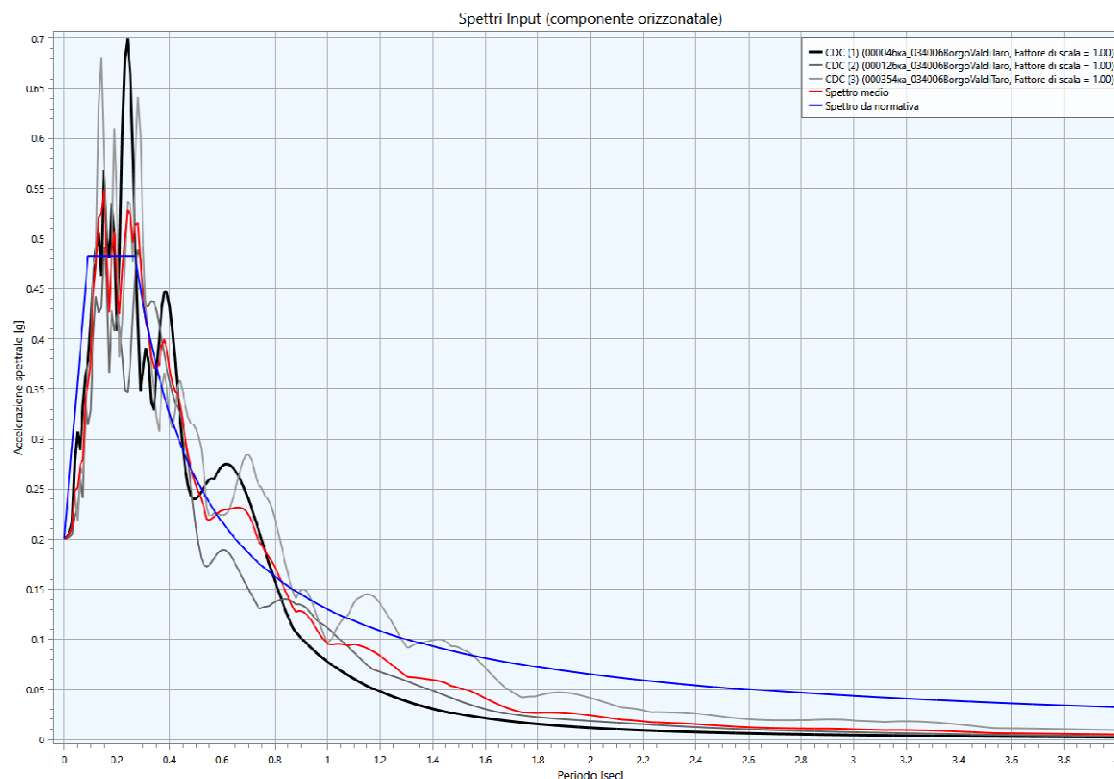
Le indagini di riferimento utilizzate per la ricostruzione del modello geotecnico-sismico semplificato e identificate secondo il codice di archiviazione attribuito nel database a corredo dello studio, rappresentativo della MOPS di interesse, sono le seguenti:

- Indagine n° 034006P366SS380; 034006P366DH383; 034006L43MASW45; 034006P380HVSR397.

Nella **Fig. 22** sono rappresentati i dati di ingresso al software **LSR 1D** impiegato per le elaborazioni di III° Livello, mentre in **Fig. 23** vengono raffigurati gli spettri di *input* adottati.

Strato	Spessore [m]	ρ [Kg/m ³]	Vs [m/s]	Ni	Modello geotecnico	Colore
1 Strato (1)	1.00	1840.00	170.00	0.45	BEDONIA -S2SH1 - Unità di Mod	
2 Strato (2)	3.00	1910.00	260.00	0.35	BORGOTARO -S2SH1 - Unità di Mod	
3 Strato (3)	8.00	2030.00	430.00	0.35	COREGLIA ANTELMINELLI - 46011_S	
4 Strato (4)	3.00	2080.00	540.00	0.35	CASTEL FOCOGNANO - 51008_S1SH	
5 Strato (5)	11.00	2120.00	620.00	0.35	BARBERINO DI MUGELLO - 48002_S	
6 Strato (6)	9.00	2150.00	700.00	0.30	BARBERINO DI MUGELLO - 48002_S	

Fig. 22 - SCHERMATA DI INPUT TRATTE DAL SOFTWARE "LSR 1D", DOVE VIENE DEFINITO IL MODELLO SISMO-STRATIGRAFICO DEL SITO DI INTERESSE: ZONA 13

SPETTRI DI INPUT**FIG. 23 - SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICA AL BEDROCK, CALCOLATI PER SLV CON SMORZAMENTO DEL 5%.**

Di seguito vengono rappresentati tutti gli spettri ottenuti per ciascun fattore amplificazione analizzato.

1A) Acceleration Response Spectrum - Spettri di risposta in accelerazione

Sulla base delle indagini geofisiche effettuate, si è calcolato un valore di V_{s30} pari **496 m/s**, caratteristico di un terreno di **“Categoria B”**. Osservando in dettaglio il grafico di **Fig. 24** si può notare come il valore dello spettro medio si vada a collocare leggermente al di sopra di quello semplificato di **Categoria B**; pertanto i dati emersi dallo studio di *RSL* risultano più cautelativi. Lo spettro medio è stato poi adattato alla tipica forma spettrale semplificata, utilizzando come riferimento i valori della *“media”*.

Si rammenta che per il sito di interesse, il valore di ag_{max} su sottosuolo rigido (*P.G.A.0*) per gli *SLV* è di **0,201 g**.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Borgo Val di Taro (PR)

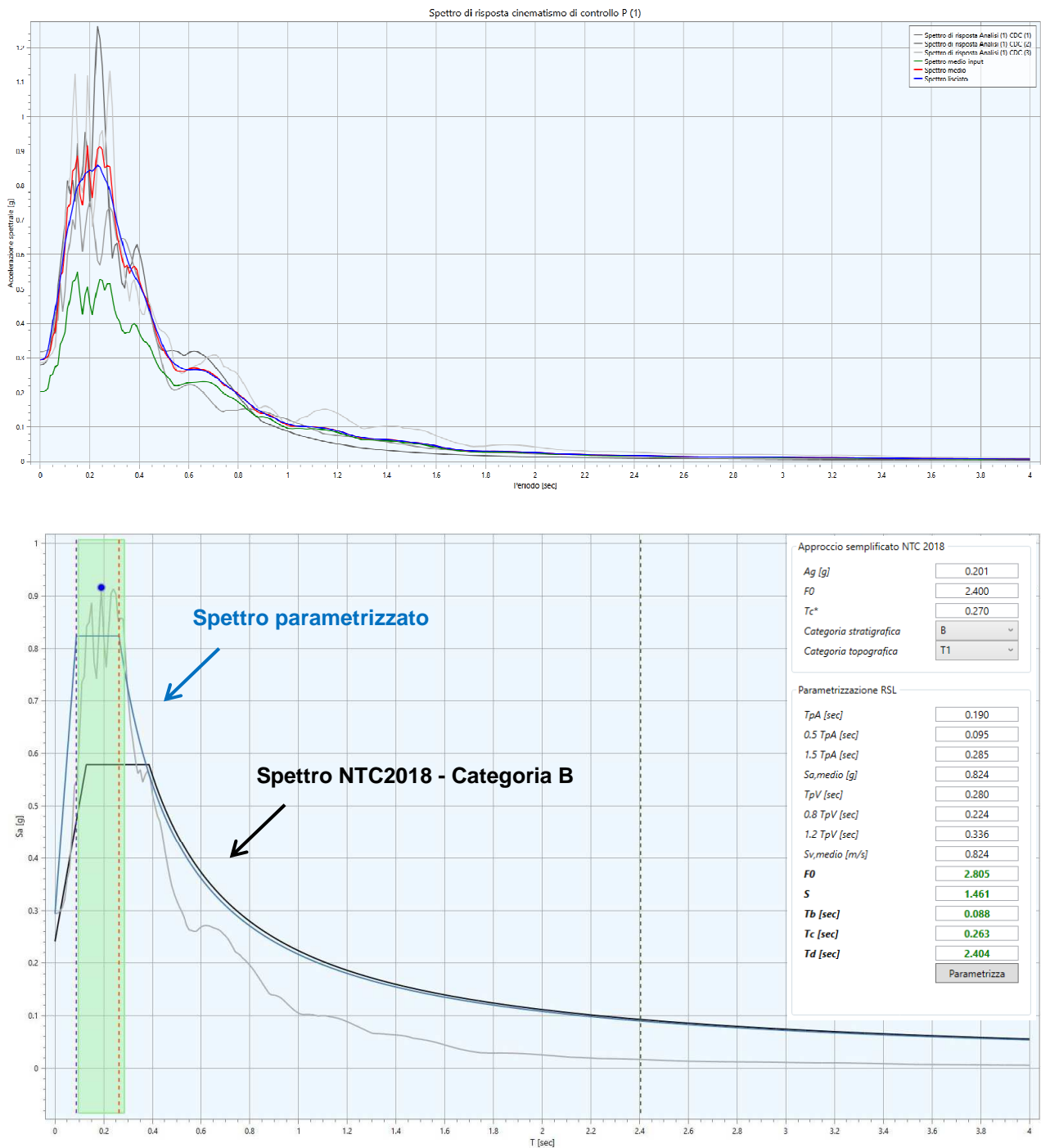


FIG. 24 - SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICA IN SUPERFICIE, CALCOLATI PER SLV CON SMORZAMENTO DEL 5%.

SULLA DESTRA SONO INDICATI I VALORI RAPPRESENTATIVI DELLO SPETTRO MEDIO PARAMETRIZZATO SECONDO NORMATIVA (LINEA BLU), CONSIDERANDO UNO SMORZAMENTO DEL 5%; LO SPETTRO RICAVATO CON APPROCCIO SEMPLIFICATO, CHE FA RIFERIMENTO ALLA "CATEGORIA DI SOTTOSUOLO SISMICO" (CATEGORIA B) DETERMINATA SULLA BASE DELLE INDAGINI GEOFISICHE IN SITO, È INVECE RAPPRESENTATO CON LA LINEA NERA.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Borgo Val di Taro (PR)

2A) Housner Intensity – Intensità di Housner

Nei due grafici raffigurati di seguito vengono rappresentati gli spettri relativi all'intensità di *Housner* negli intervalli $0,1 < SI < 0,5$ e $0,5 < SI < 1,0$.

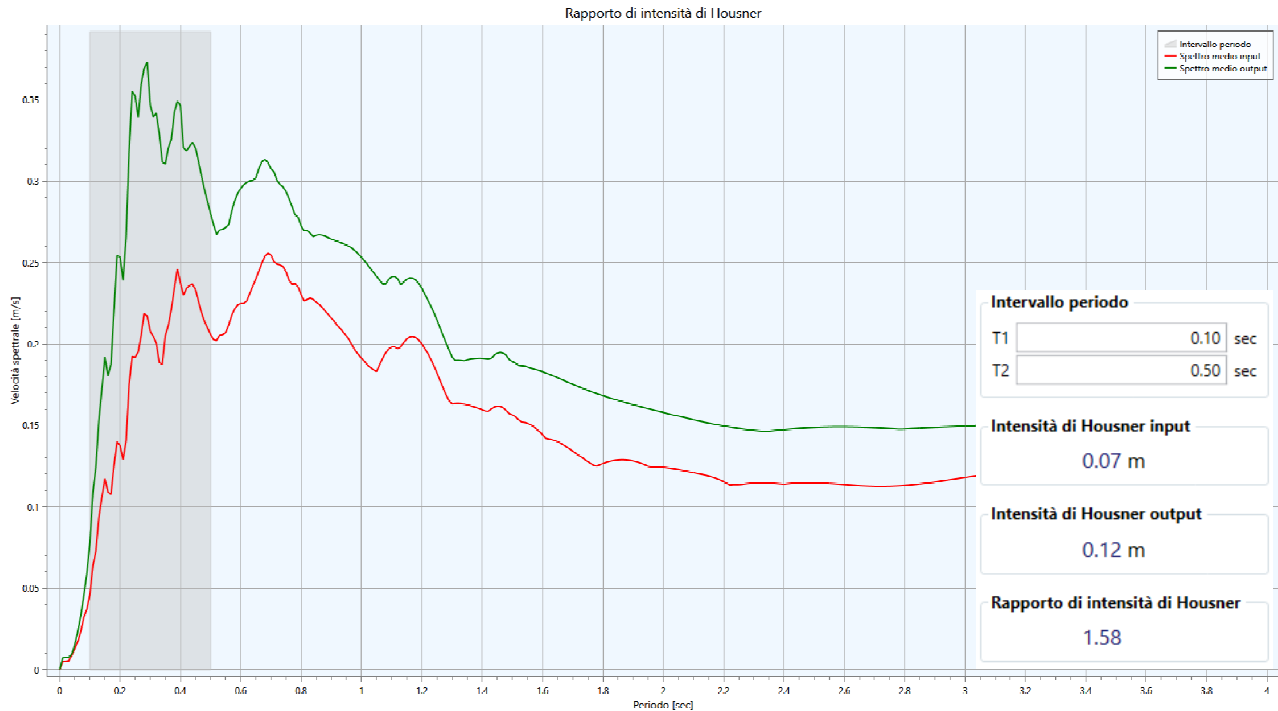


FIG. 25 - INTENSITÀ DI *HOUSNER* NELL'INTERVALLO $0,1 < SI < 0,5$.

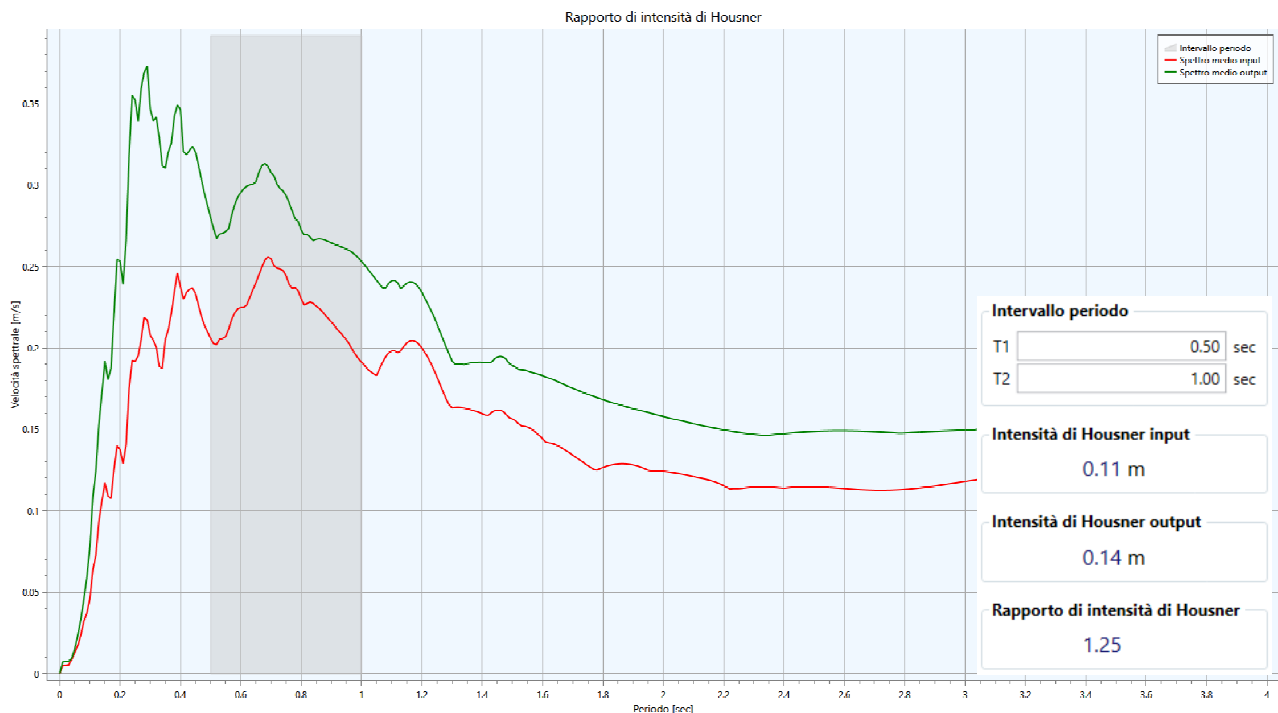


FIG. 26 - INTENSITÀ DI *HOUSNER* NELL'INTERVALLO $0,5 < SI < 1,0$.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Borgo Val di Taro (PR)

3A) P.G.A. Profile - Peak Ground Acceleration Profil

Nella **Fig. 27** viene rappresentata la massima accelerazione per ogni profondità, in unità di gravità (rapporto fra il valore della P.G.A. in superficie e il valore della P.G.A.₀ al bedrock).

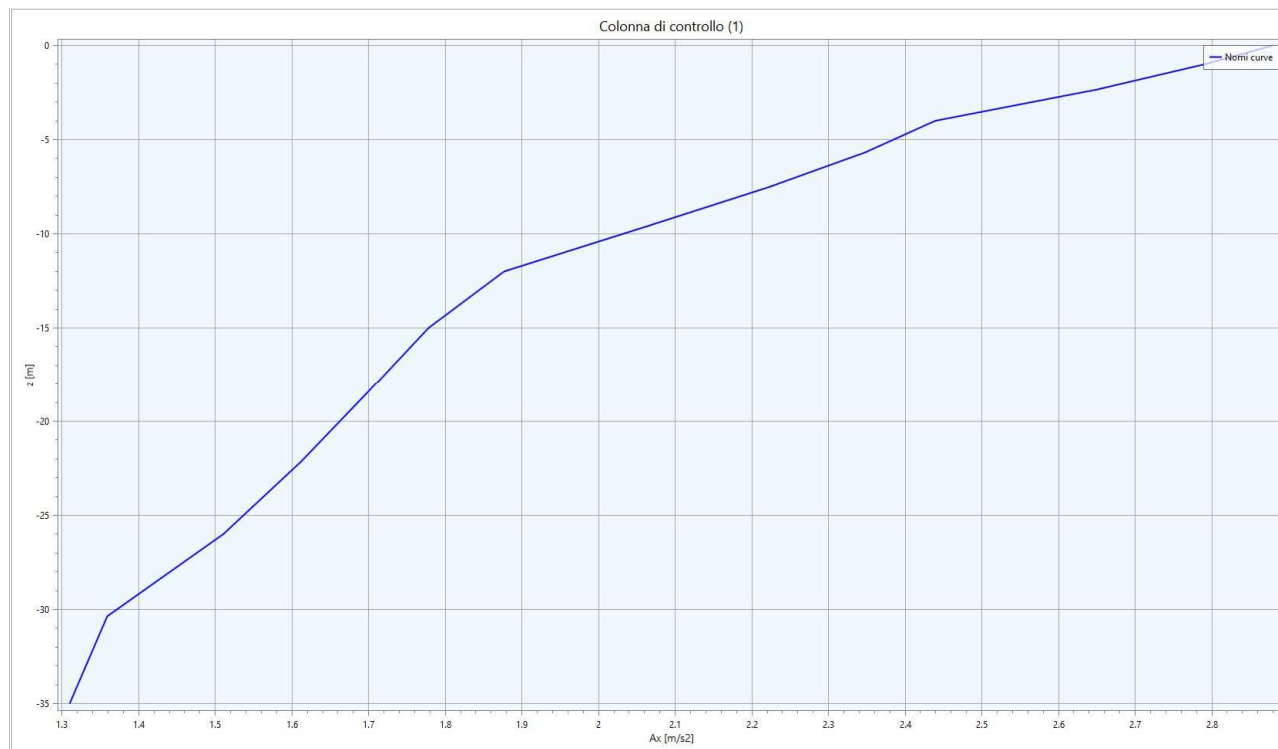


FIG. 27 - P.G.A. PROFILE: SI PUÒ NOTARE UNA MAGGIORE INCIDENZA DEI FENOMENI DI AMPLIFICAZIONE A PARTIRE DAGLI ORIZZONTI PIÙ SUPERFICIALI AVENTI VS INFERIORE (DA 0 A 12M).

Nella tabella sottostante vengono riassunti i valori dei F.A. determinati con l'analisi di RSL di III° livello:

Zona 13	
Fattori di amplificazione	RSL
F.A. P.G.A.	1,45
F.A. Is (0.1s < T ₀ < 0.5s)	1,58
F.A. Is (0.5s < T ₀ < 1.0s)	1,25

TAB. 8 – TABELLA RIASSUNTIVA DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE DELLA ZONA "ZONA 13"

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Borgo Val di Taro (PR)

Zona 17

Le indagini di riferimento (secondo il codice identificativo di archiviazione attribuito nel database a corredo di questo studio), utilizzate per la ricostruzione del modello geotecnico-sismico semplificato, rappresentativo della MOPS di interesse, sono le seguenti:

- Indagine n° 034006L39MASW39; 034006L39SR40; 034006P373HVSR390.

Nella **Fig. 28** sono rappresentati i dati di ingresso al software *LSR 1D* impiegato per le elaborazioni di III° Livello, mentre in **Fig. 29** vengono raffigurati gli spettri di *input* adottati.

Creazione guidata modello 1D

Generale

Varie

Larghezza base [m]	1.00
--------------------	------

Caratteristiche bedrock

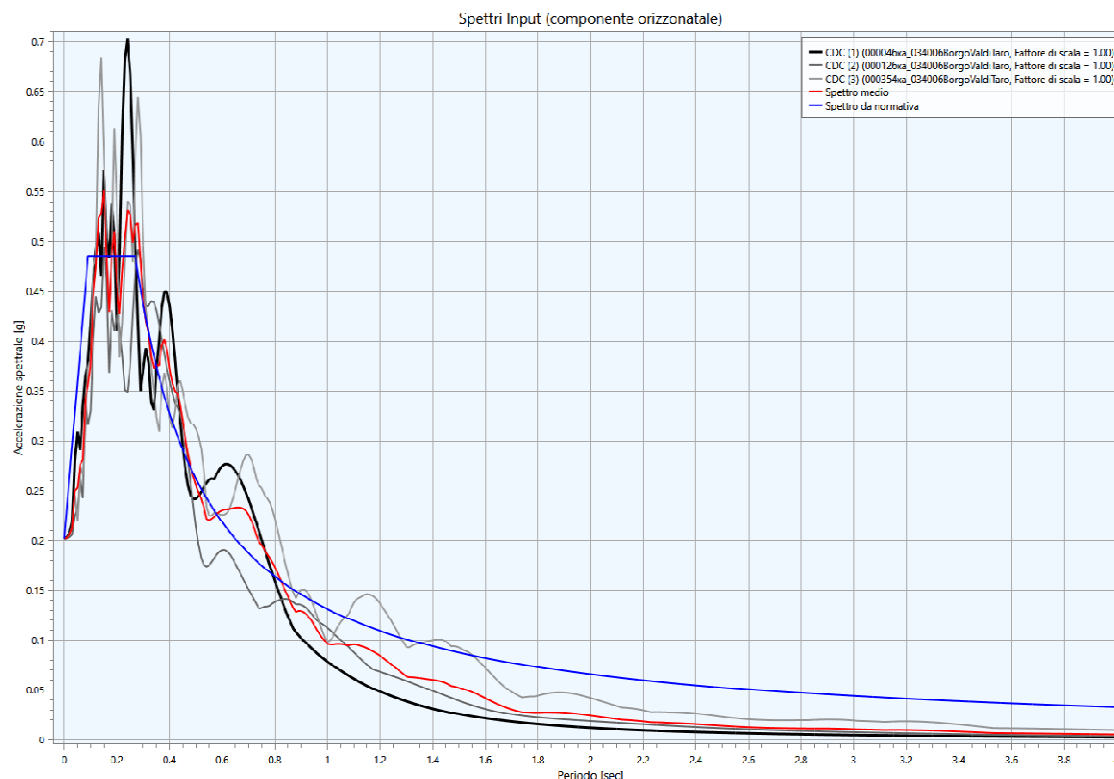
ρ [Kg/m ³]	2200.00
Vs [m/s]	800.00
Vp [m/s]	1500.00

Strati

	Strato	Spessore [m]	ρ [Kg/m ³]	Vs [m/s]	Ni	Modello geotecnico	Colore
1	Strato (1)	0.50	1910.00	230.00	0.40	COREGLIA ANTELMINELLI - 46011	
2	Strato (2)	5.50	1990.00	370.00	0.35	COREGLIA ANTELMINELLI - 46011_S	
3	Strato (3)	6.00	2000.00	390.00	0.35	COREGLIA ANTELMINELLI - 46011_S	
4	Strato (4)	6.00	2020.00	420.00	0.35	COREGLIA ANTELMINELLI - 46011_S	
5	Strato (5)	10.00	2080.00	540.00	0.35	CASTEL FOCOGNANO - 51008_S1SH	
6	Strato (6)	2.00	2160.00	740.00	0.35	BARBERINO DI MUGELLO - 48002_S	

OK Annulla

FIG. 28 - SCHERMATA DI INPUT TRATTE DAL SOFTWARE "LSR 1D", DOVE VIENE DEFINITO IL MODELLO SISMO-STRATIGRAFICO DEL SITO DI INTERESSE: ZONA 17.

SPETTRI DI INPUT**FIG. 23 - SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICA AL BEDROCK, CALCOLATI PER SLV CON SMORZAMENTO DEL 5%.****1C) Acceleration Response Spectrum - Spettri di risposta in accelerazione**

Sulla base delle indagini geofisiche effettuate, si è calcolato un valore di V_{s30} pari a **442 m/s**, con il quale viene attribuita ai terreni in esame la **“Categoria B”** **“Categoria B”**. Osservando in dettaglio il grafico (Cfr. **Fig. 30**) si può notare come il valore dello spettro medio si vada a collocare al di sopra di quello semplificato di **categoria B**; pertanto i dati emersi dallo studio di *RSL* sono leggermente più cautelativi. Lo spettro medio è stato poi adattato alla tipica forma spettrale semplificata, utilizzando come riferimento i valori della *“media”*. Si rammenta che per il sito di interesse, il valore di ag_{max} su sottosuolo rigido (*P.G.A.0*) per gli SLV è di **0,201 g**.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Borgo Val di Taro (PR)

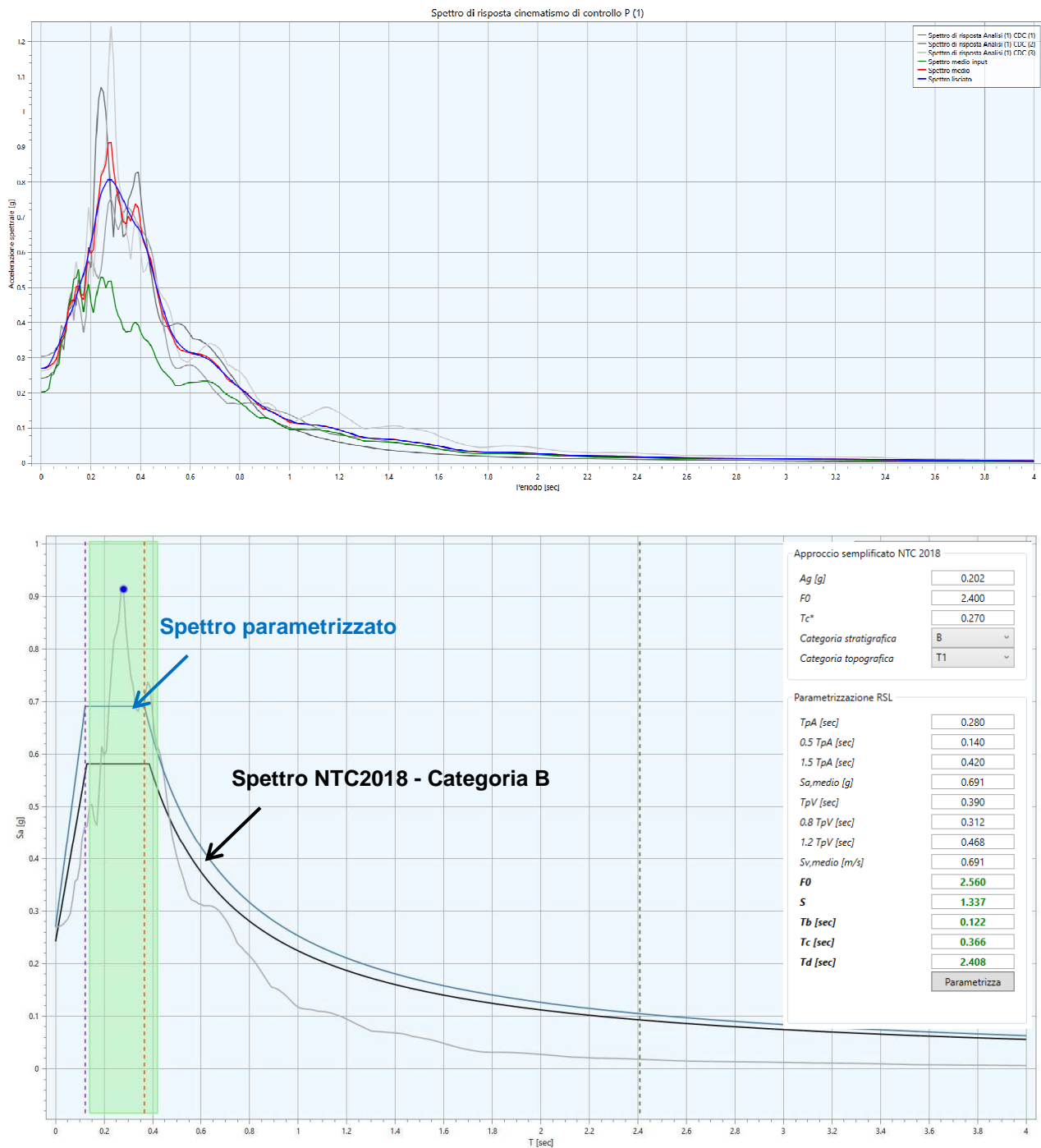


FIG. 30 - SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICA IN SUPERFICIE, CALCOLATI PER SLV CON SMORZAMENTO DEL 5%.

SULLA DESTRA SONO INDICATI I VALORI RAPPRESENTATIVI DELLO SPETTRO MEDIO PARAMETRIZZATO SECONDO NORMATIVA (LINEA BLU), CONSIDERANDO UNO SMORZAMENTO DEL 5%; LO SPETTRO RICAVATO CON APPROCCIO SEMPLIFICATO, CHE FA RIFERIMENTO ALLA "CATEGORIA DI SOTTOSUOLO SISMICO" (CATEGORIA B) DETERMINATA SULLA BASE DELLE INDAGINI GEOFISICHE IN SITO, È INVECE RAPPRESENTATO CON LA LINEA NERA.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Borgo Val di Taro (PR)

2C) Housner Intensity – Intensità di Housner

Nei due grafici raffigurati di seguito vengono rappresentati gli spettri relativi all'intensità di *Housner* negli intervalli $0,1 < SI < 0,5$ e $0,5 < SI < 1,0$.

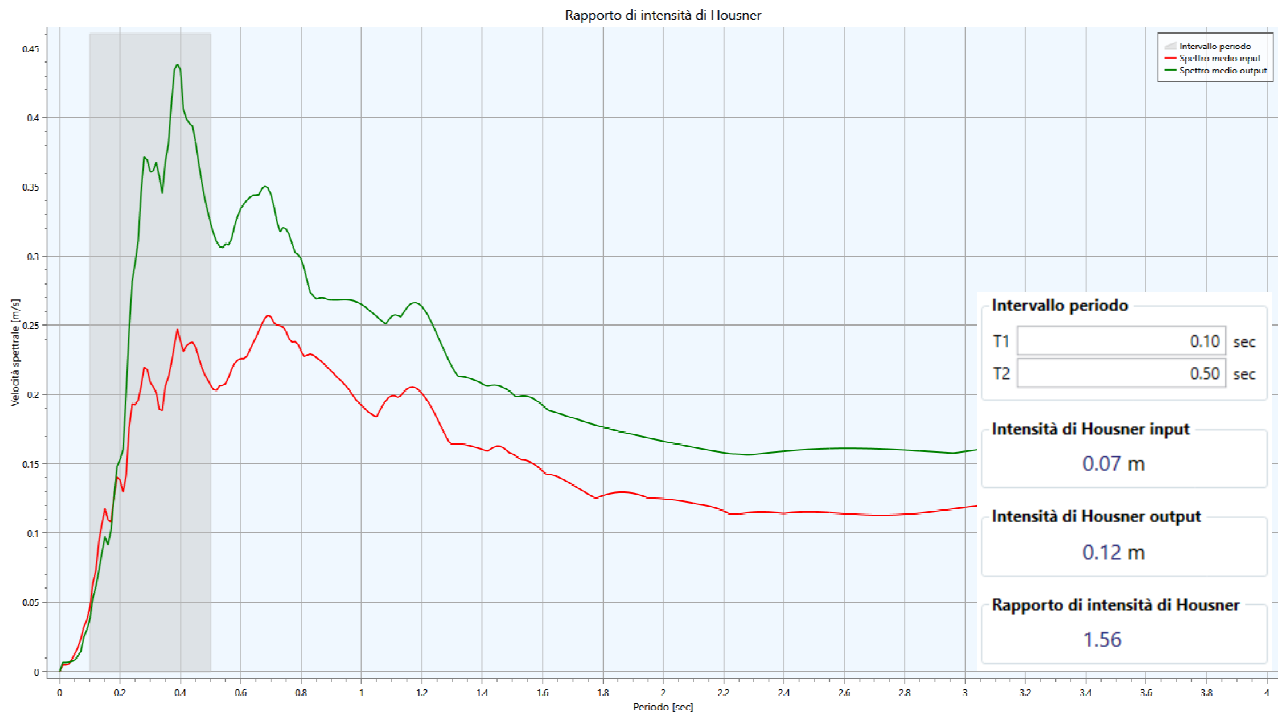


FIG. 31 - INTENSITÀ DI *HOUSNER* NELL'INTERVALLO $0,1 < SI < 0,5$.

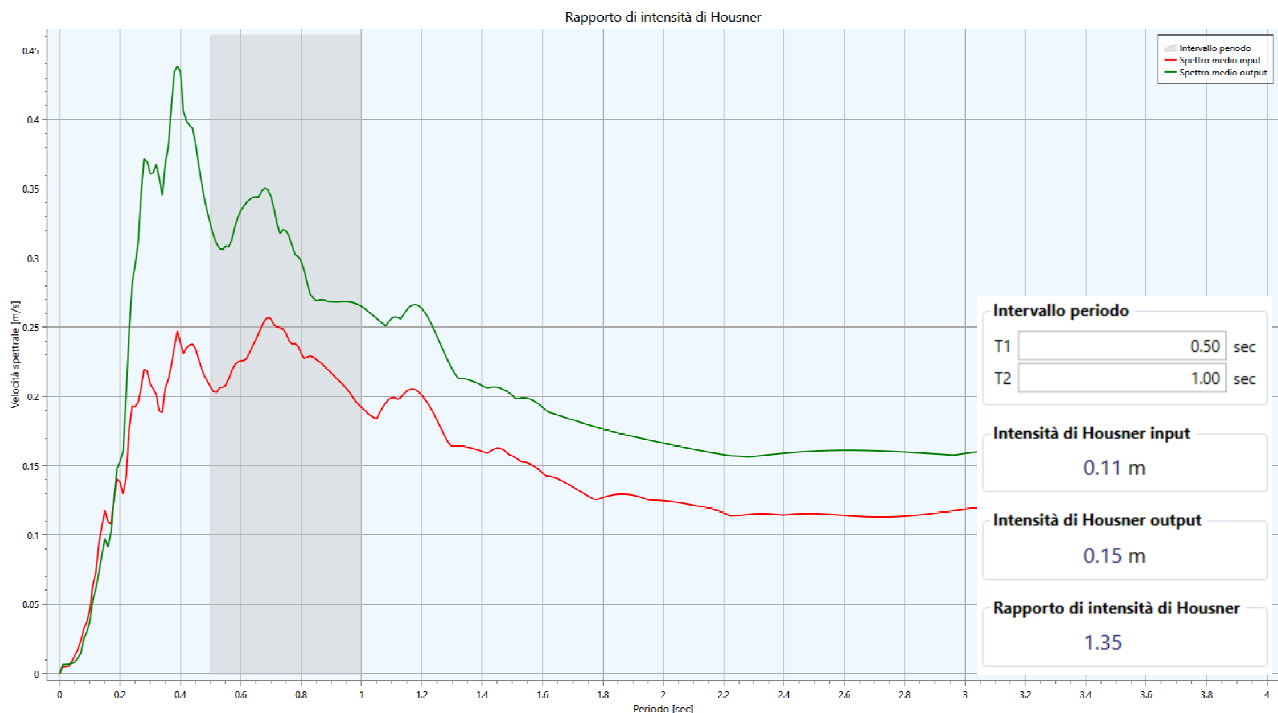


FIG. 32 - INTENSITÀ DI *HOUSNER* NELL'INTERVALLO $0,5 < SI < 1,0$.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Borgo Val di Taro (PR)

3C) P.G.A. Profile - Peak Ground Acceleration Profile

Nella **Fig. 33** viene rappresentata la massima accelerazione per ogni profondità, in unità di gravità (rapporto fra il valore della P.G.A. in superficie e il valore della P.G.A.₀ al bedrock).

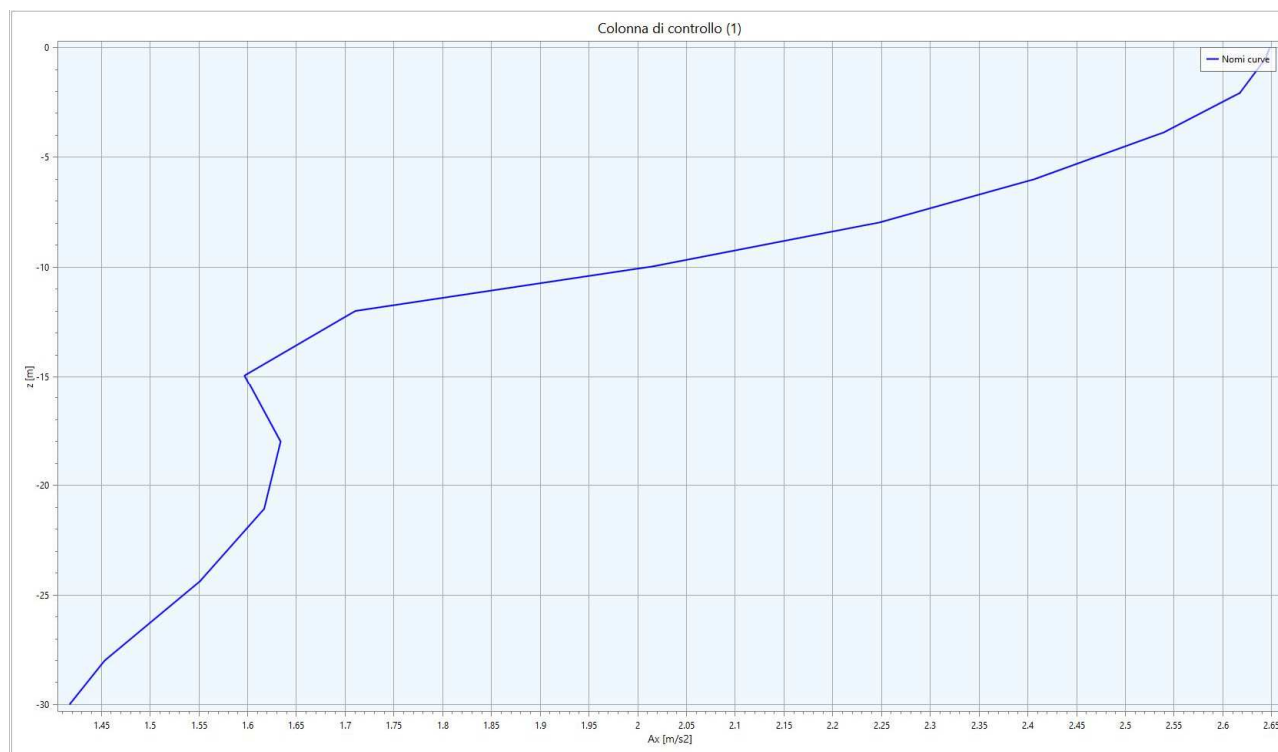


Fig. 33 - P.G.A. PROFILE: SI PUÒ NOTARE UNA MAGGIORE INCIDENZA DEI FENOMENI DI AMPLIFICAZIONE A PARTIRE DAGLI ORIZZONTI PIÙ SUPERFICIALI AVENTI VS INFERIORE (DA 0 A 15M).

Nella tabella sottostante vengono riassunti i valori dei F.A. determinati con l'analisi di RSL di III° livello:

Zona 17	
Fattori di amplificazione	RSL
F.A. P.G.A.	1,33
F.A. Is (0.1s < T ₀ < 0.5s)	1,56
F.A. Is (0.5s < T ₀ < 1.0s)	1,35

TAB. 9 – TABELLA RIASSUNTIVA DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE DELLA "ZONA 17"

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Borgo Val di Taro (PR)

Zona 18

Le indagini di riferimento (secondo il codice identificativo di archiviazione attribuito nel database a corredo di questo studio), utilizzate per la ricostruzione del modello geotecnico-sismico semplificato, rappresentativo della MOPS di interesse, sono le seguenti:

- Indagine n° 034006L21SEV21; 034006L28SEV28; 034006P293SS293; 034006P310HVSR310.

Nella **Fig. 34** sono rappresentati i dati di ingresso al software *LSR 1D* impiegato per le elaborazioni di III° Livello, mentre in **Fig. 35** vengono raffigurati gli spettri di *input* adottati.

Strato	Spessore [m]	ρ [Kg/m ³]	Vs [m/s]	Ni	Modello geotecnico	Colore
1 Strato (1)	2.00	1840.00	170.00	0.45	CHIUSI DELLA VERNA_51015_54SH	
2 Strato (2)	22.00	1940.00	300.00	0.45	CHIUSI DELLA VERNA_51015_54SH1	
3 Strato (4)	8.00	2090.00	560.00	0.30	CASTEL FOCOGNANO - 51008_51SH	
4 Strato (5)	20.00	2120.00	630.00	0.30	BARBERINO DI MUGELLO - 48002_5	
5 Strato (3)	20.00	2150.00	710.00	0.25	BARBERINO DI MUGELLO - 48002_5	

FIG. 34 - SCHERMATA DI INPUT TRATTE DAL SOFTWARE "LSR 1D", DOVE VIENE DEFINITO IL MODELLO SISMO-STRATIGRAFICO DEL SITO DI INTERESSE: ZONA 18.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Borgo Val di Taro (PR)

SPETTRI DI INPUT

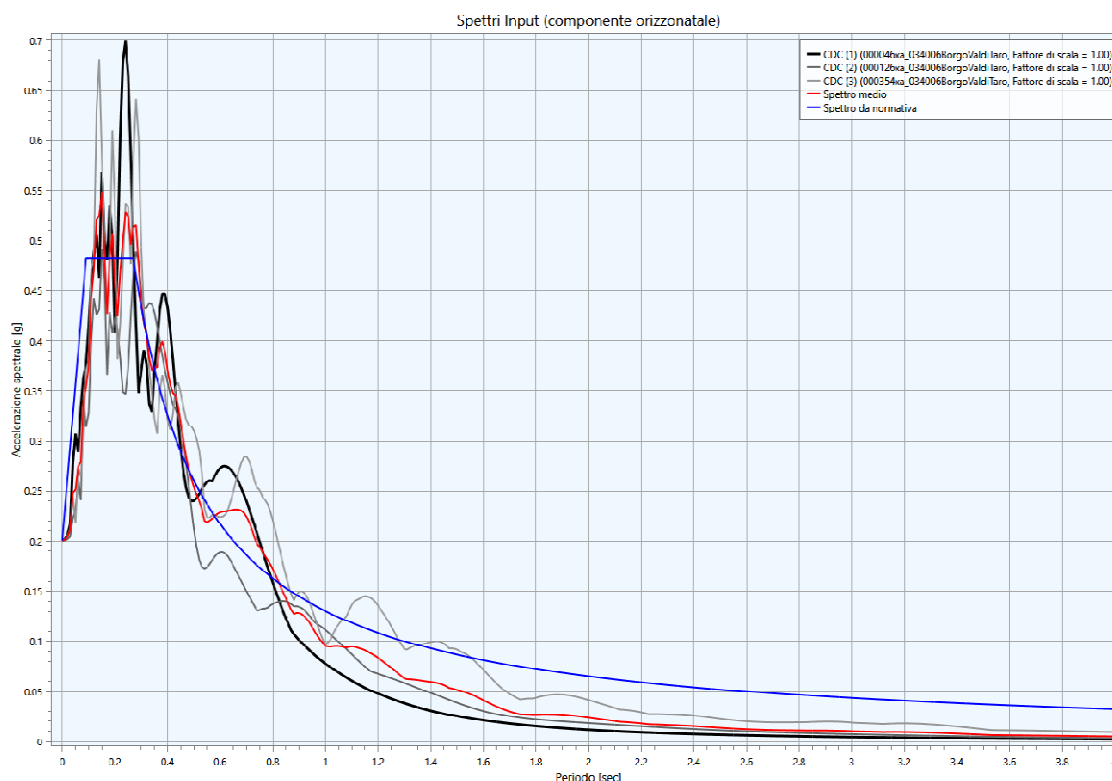


FIG. 35 - SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICA AL BEDROCK, CALCOLATI PER *SLV* CON SMORZAMENTO DEL 5%.

1D) Acceleration Response Spectrum - Spettri di risposta in accelerazione

Sulla base delle indagini geofisiche effettuate, si è calcolato un valore di V_{s30} pari a **313 m/s**, con il quale viene attribuita ai terreni in esame la "Categoria C". Osservando in dettaglio il grafico (Cfr. Fig. 36) si può notare come il valore dello spettro medio si vada a collocare di poco al di sopra di quello semplificato di categoria C; pertanto i dati emersi dallo studio di *RSL* sono leggermente più cautelativi. Lo spettro medio è stato poi adattato alla tipica forma spettrale semplificata, utilizzando come riferimento i valori della "media". Si rammenta che per il sito di interesse, il valore di ag_{max} su sottosuolo rigido (*P.G.A.0*) per gli *SLV* è di **0,201 g**.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Borgo Val di Taro (PR)

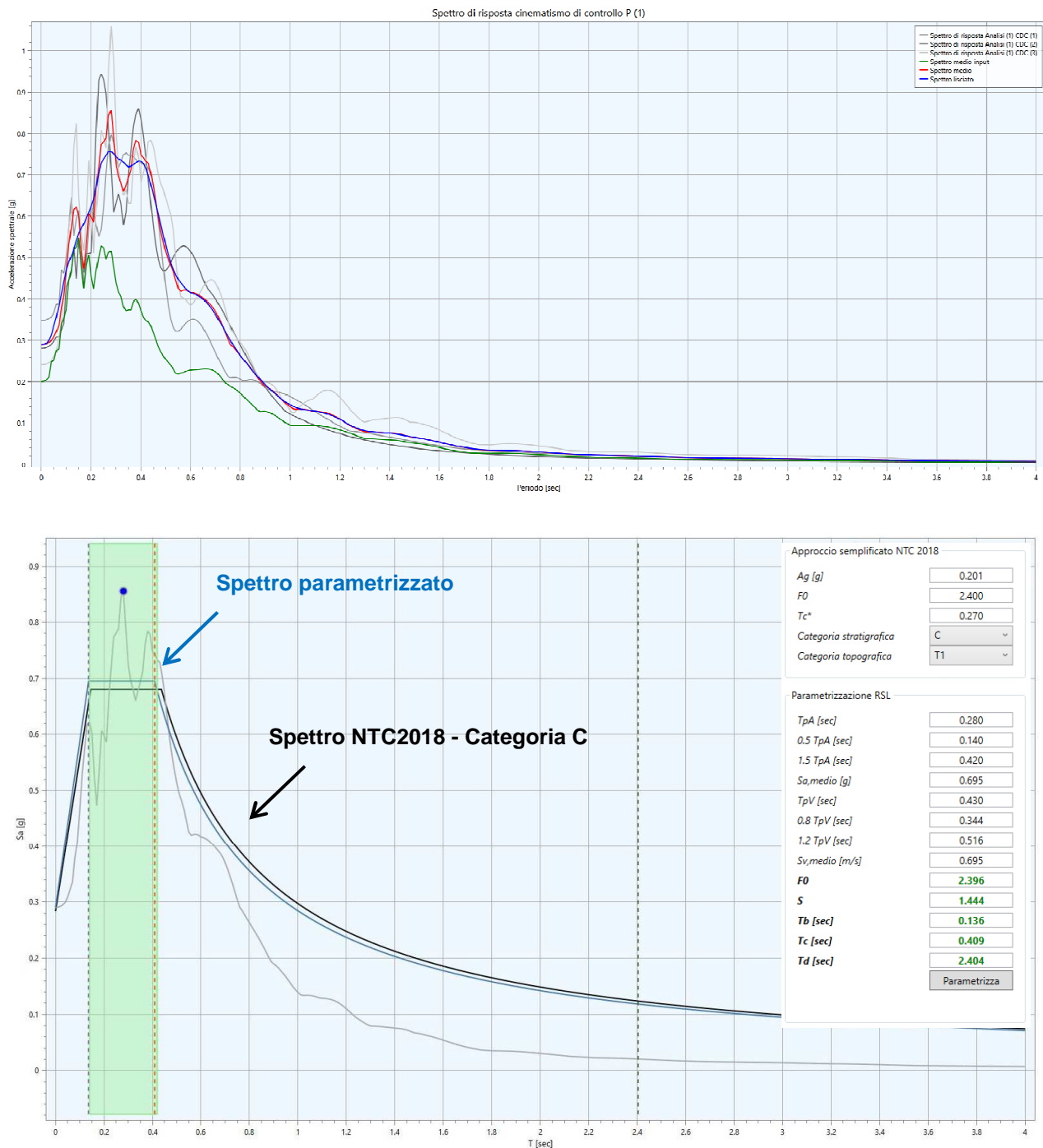


FIG. 36 - SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICA IN SUPERFICIE, CALCOLATI PER SLV CON SMORZAMENTO DEL 5%.

SULLA DESTRA SONO INDICATI I VALORI RAPPRESENTATIVI DELLO SPETTRO MEDIO PARAMETRIZZATO SECONDO NORMATIVA (LINEA BLU), CONSIDERANDO UNO SMORZAMENTO DEL 5%; LO SPETTRO RICAVATO CON APPROCCIO SEMPLIFICATO, CHE FA RIFERIMENTO ALLA "CATEGORIA DI SOTTOSUOLO SISMICO" (CATEGORIA C) DETERMINATA SULLA BASE DELLE INDAGINI GEOFISICHE IN SITO, È INVECE RAPPRESENTATO CON LA LINEA NERA.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Borgo Val di Taro (PR)

2D) Housner Intensity – Intensità di Housner

Nei due grafici raffigurati di seguito vengono rappresentati gli spettri relativi all'intensità di *Housner* negli intervalli $0,1 < SI < 0,5$ e $0,5 < SI < 1,0$.

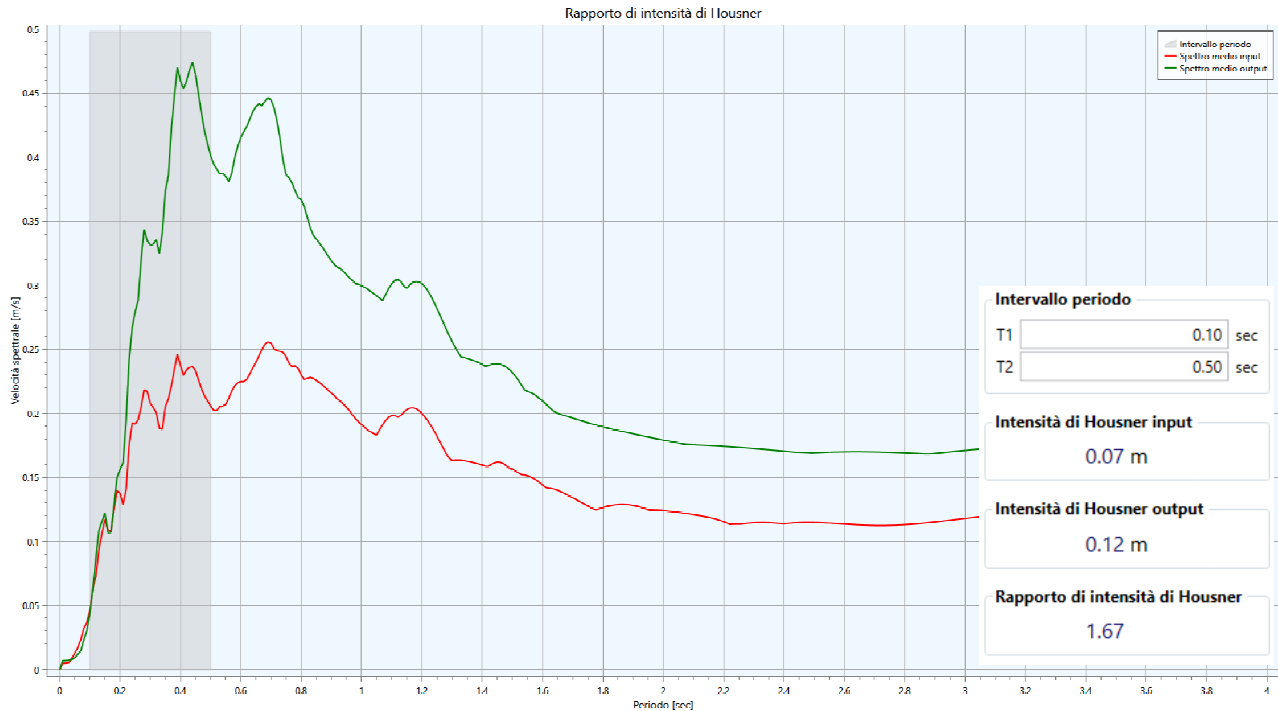


FIG. 37 - INTENSITÀ DI *HOUSNER* NELL'INTERVALLO $0,1 < SI < 0,5$.

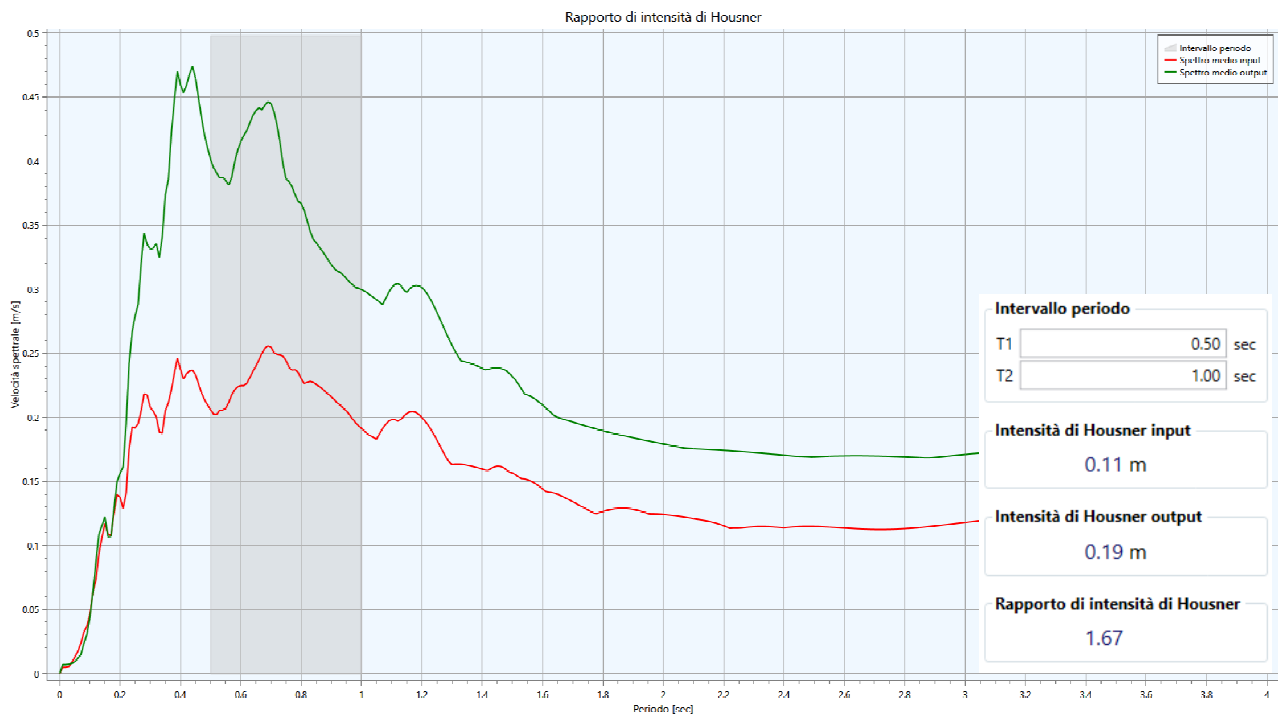


FIG. 38 - INTENSITÀ DI *HOUSNER* NELL'INTERVALLO $0,5 < SI < 1,0$.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Borgo Val di Taro (PR)

3D) P.G.A. Profile - Peak Ground Acceleration Profile

Nella **Fig. 39** viene rappresentata la massima accelerazione per ogni profondità, in unità di gravità (rapporto fra il valore della P.G.A. in superficie e il valore della P.G.A.₀ al bedrock).

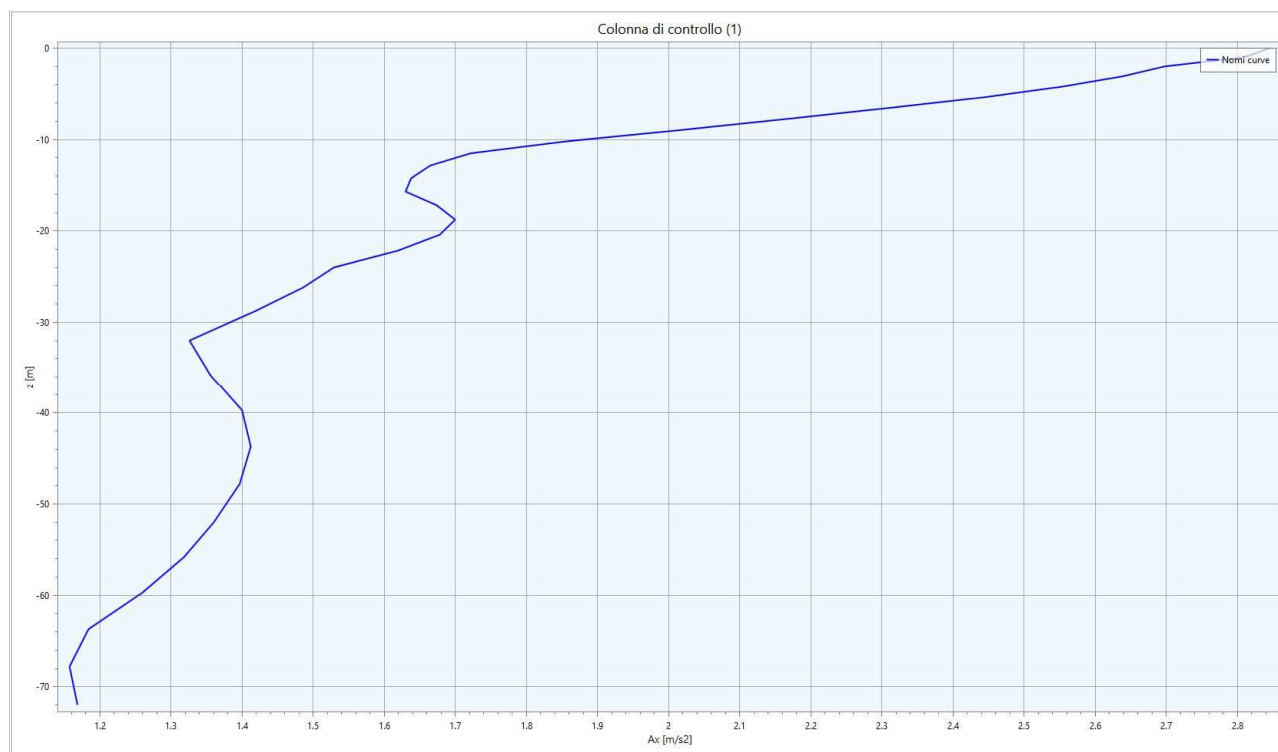


FIG. 39 - P.G.A. PROFILE: SI PUÒ NOTARE UNA MAGGIORE INCIDENZA DEI FENOMENI DI AMPLIFICAZIONE A PARTIRE DAGLI ORIZZONTI PIÙ SUPERFICIALI AVENTI VS INFERIORE (DA 0 A 15M).

Nella tabella sottostante vengono riassunti i valori dei F.A. determinati con l'analisi di RSL di III° livello:

Zona 18	
Fattori di amplificazione	RSL
F.A. P.G.A.	1,44
F.A. Is (0.1s < T ₀ < 0.5s)	1,67
F.A. Is (0.5s < T ₀ < 1.0s)	1,67

TAB. 10 – TABELLA RIASSUNTIVA DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE DELLA "ZONA 18"

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Borgo Val di Taro (PR)

Zona 21

Le indagini di riferimento (secondo il codice identificativo di archiviazione attribuito nel database a corredo di questo studio), utilizzate per la ricostruzione del modello geotecnico-sismico semplificato, rappresentativo della MOPS di interesse, sono le seguenti:

- Indagine n° 034006P145S145; 034006P146S146; 034006P324HVSR324.

Nella **Fig. 40** sono rappresentati i dati di ingresso al software *LSR 1D* impiegato per le elaborazioni di III° Livello, mentre in **Fig. 41** vengono raffigurati gli spettri di *input* adottati.

Strato	Spessore [m]	ρ [Kg/m ³]	Vs [m/s]	Ni	Modello geotecnico	Colore
1 Strato (6)	0.60	1860.00	150.00	0.45	CHIUSI DELLA VERNA_51015_S4S	
2 Strato (1)	0.50	1930.00	160.00	0.40	CHIUSI DELLA VERNA_51015_S4SH	
3 Strato (2)	0.90	1970.00	210.00	0.40	CHIUSI DELLA VERNA_51015_S4SH	
4 Strato (7)	2.00	1950.00	285.00	0.35	CHIUSI DELLA VERNA_51015_S4SH	
5 Strato (8)	8.00	1990.00	360.00	0.35	SAN MARCELLO PISTOIESE - 47015	
6 Strato (4)	8.00	2070.00	500.00	0.30	CASTEL FOCOGNANO - 51008_S1S	
7 Strato (5)	10.00	2090.00	620.00	0.30	BARBERINO DI MUGELLO - 48002_	
8 Strato (3)	6.00	2130.00	720.00	0.25	BARBERINO DI MUGELLO - 48002_	

FIG. 40 - SCHERMATA DI INPUT TRATTE DAL SOFTWARE "LSR 1D", DOVE VIENE DEFINITO IL MODELLO SISMO-STRATIGRAFICO DEL SITO DI INTERESSE: ZONA 21.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Borgo Val di Taro (PR)

SPETTRI DI INPUT

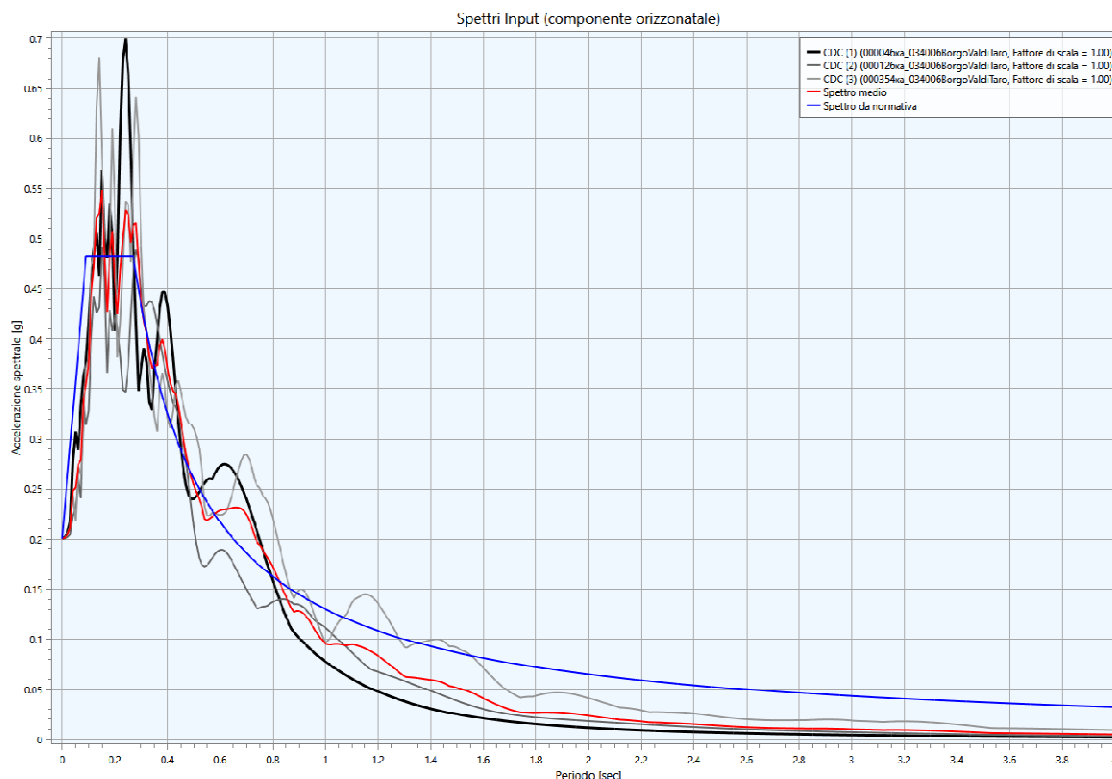


FIG. 41 - SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICA AL BEDROCK, CALCOLATI PER SLV CON SMORZAMENTO DEL 5%.

1F) Acceleration Response Spectrum - Spettri di risposta in accelerazione

Sulla base delle indagini geofisiche effettuate, si è calcolato un valore di V_{s30} pari a **412 m/s**, con il quale viene attribuita ai terreni in esame la "Categoria B". Osservando in dettaglio il grafico (Cfr. Fig. 42) si può notare come il valore dello spettro medio si vada a collocare di poco al di sopra di quello semplificato di categoria B; pertanto i dati emersi dallo studio di RSL sono leggermente più cautelativi. Lo spettro medio è stato poi adattato alla tipica forma spettrale semplificata, utilizzando come riferimento i valori della "media". Si rammenta che per il sito di interesse, il valore di ag_{max} su sottosuolo rigido ($P.G.A.0$) per gli SLV è di **0,201 g**.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Borgo Val di Taro (PR)

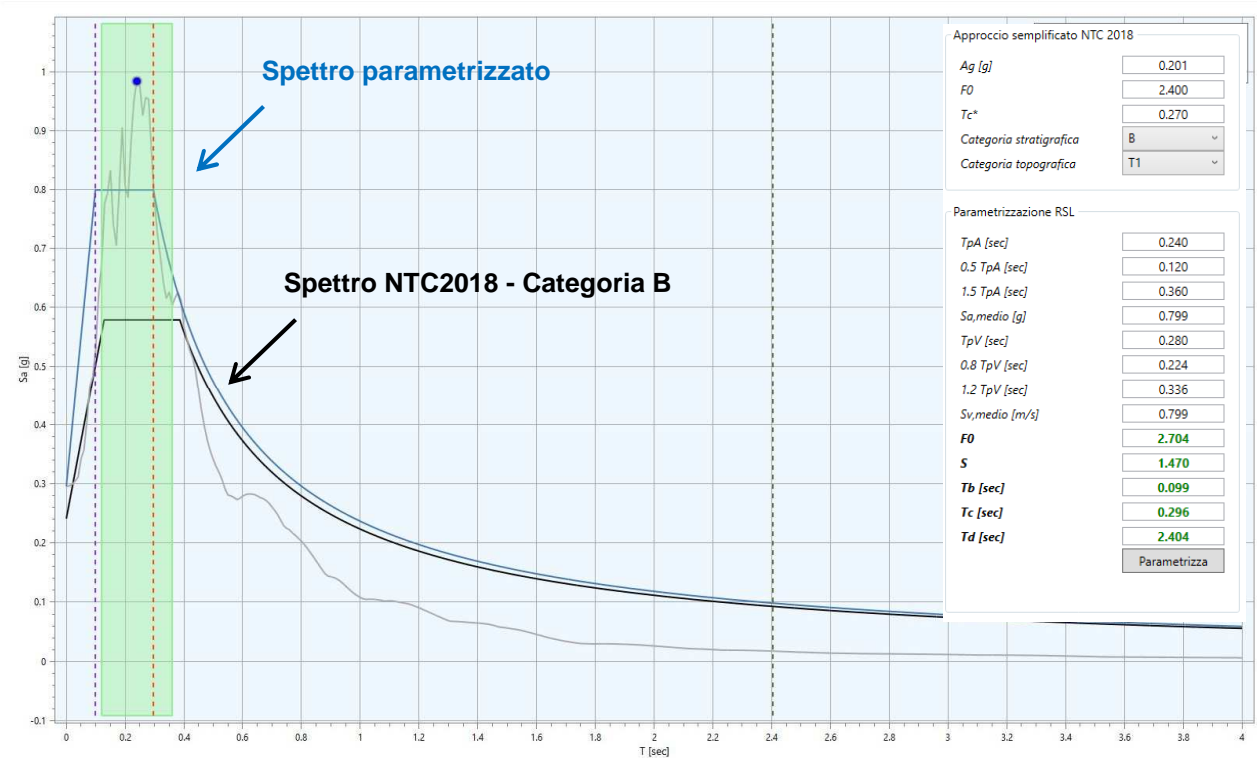
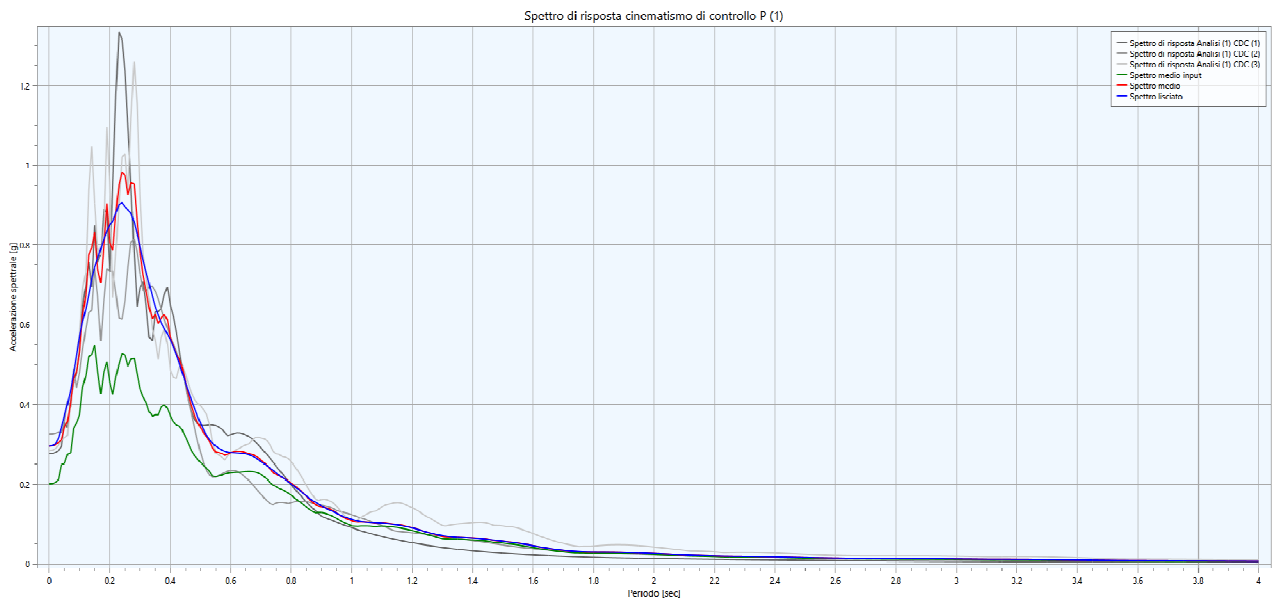


FIG. 42 - SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICA IN SUPERFICIE, CALCOLATI PER SLV CON SMORZAMENTO DEL 5%.

SULLA DESTRA SONO INDICATI I VALORI RAPPRESENTATIVI DELLO SPETTRO MEDIO PARAMETRIZZATO SECONDO NORMATIVA (LINEA BLU), CONSIDERANDO UNO SMORZAMENTO DEL 5%; LO SPETTRO RICAVATO CON APPROCCIO SEMPLIFICATO, CHE FA RIFERIMENTO ALLA "CATEGORIA DI SOTTOSUOLO SISMICO" (CATEGORIA B) DETERMINATA SULLA BASE DELLE INDAGINI GEOFISICHE IN SITO, È INVECE RAPPRESENTATO CON LA LINEA NERA.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Borgo Val di Taro (PR)

2F) Housner Intensity – Intensità di Housner

Nei due grafici raffigurati di seguito vengono rappresentati gli spettri relativi all'intensità di *Housner* negli intervalli $0,1 < SI < 0,5$ e $0,5 < SI < 1,0$.

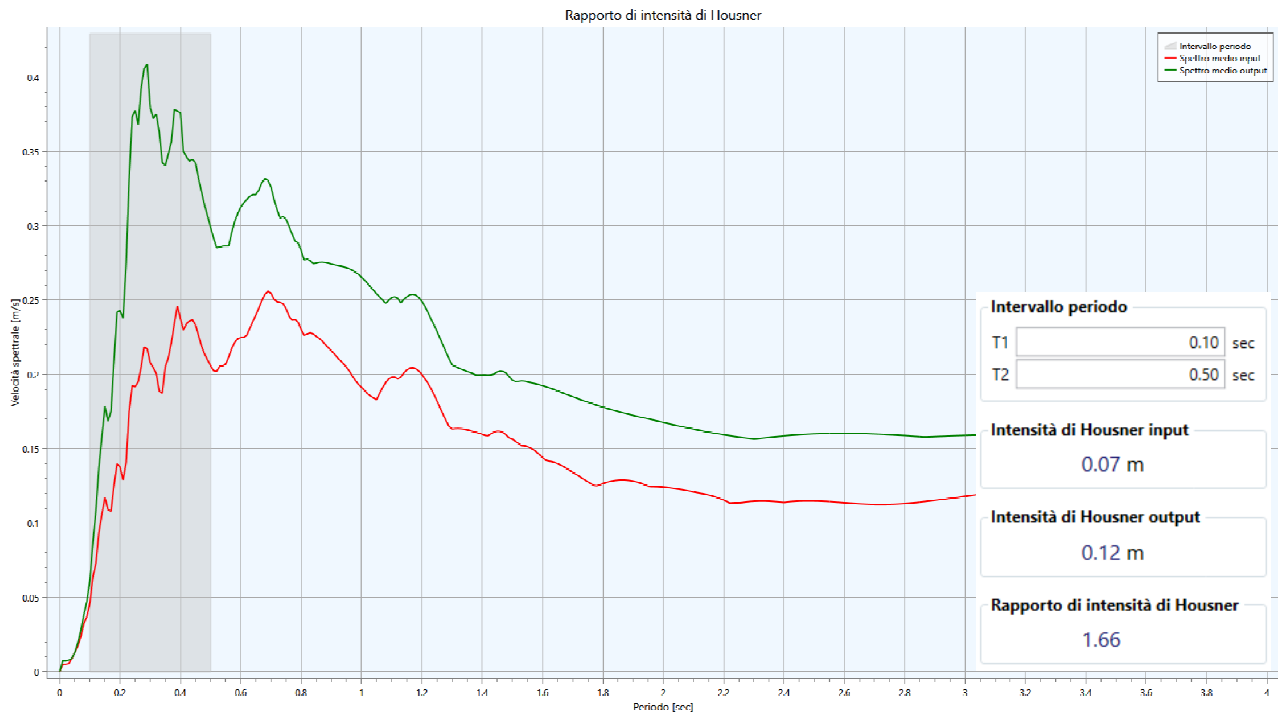


FIG. 43 - INTENSITÀ DI *HOUSNER* NELL'INTERVALLO $0,1 < SI < 0,5$.

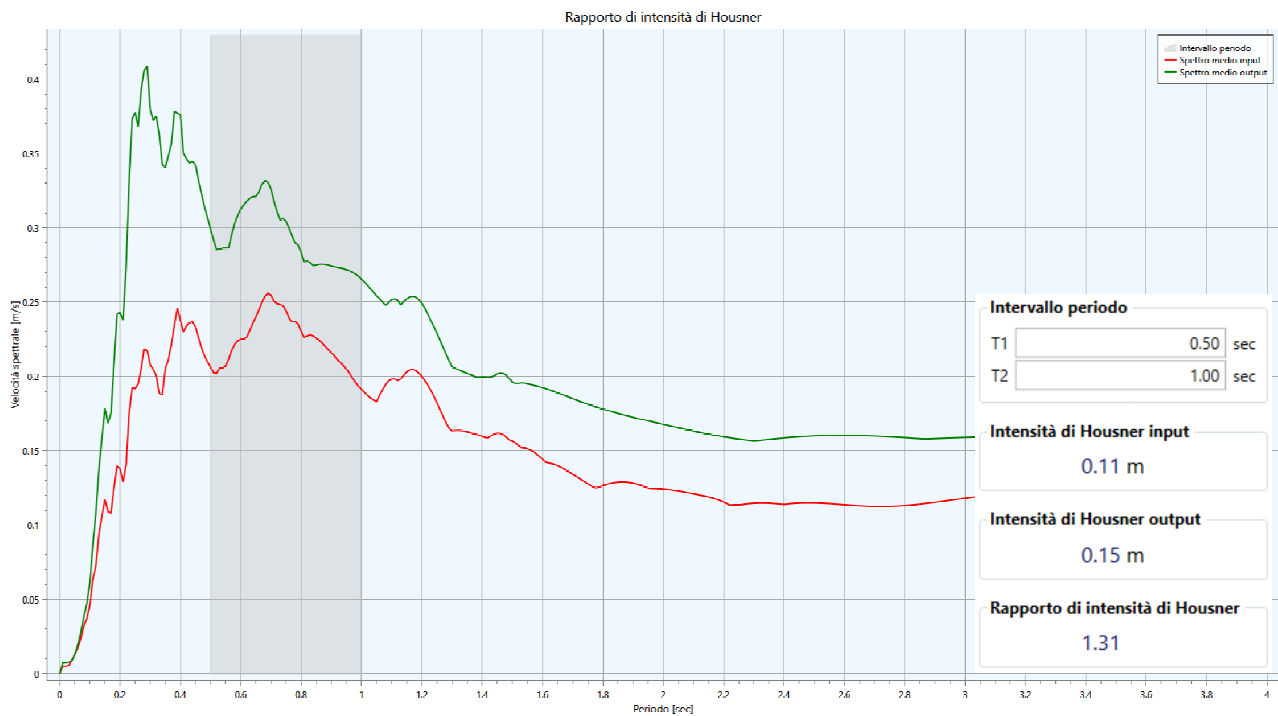


FIG. 44 - INTENSITÀ DI *HOUSNER* NELL'INTERVALLO $0,5 < SI < 1,0$.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Borgo Val di Taro (PR)

3F) P.G.A. Profile - Peak Ground Acceleration Profile

Nella **Fig. 45** viene rappresentata la massima accelerazione per ogni profondità, in unità di gravità (rapporto fra il valore della P.G.A. in superficie e il valore della P.G.A.₀ al bedrock).

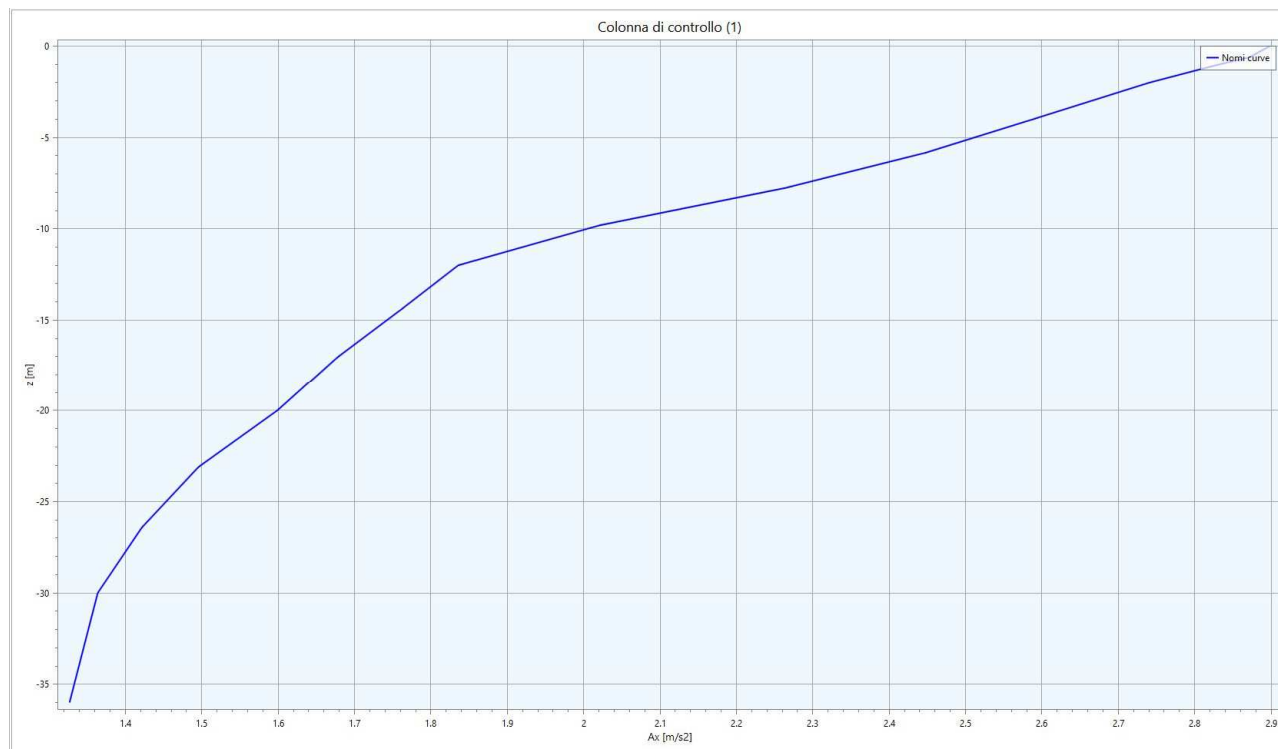


Fig. 45 - P.G.A. PROFILE: SI PUÒ NOTARE UNA MAGGIORE INCIDENZA DEI FENOMENI DI AMPLIFICAZIONE A PARTIRE DAGLI ORIZZONTI PIÙ SUPERFICIALI AVENTI VS INFERIORE (DA 0 A 12M).

Nella tabella sottostante vengono riassunti i valori dei F.A. determinati con l'analisi di RSL di III° livello:

Zona 21	
Fattori di amplificazione	RSL
F.A. P.G.A.	1,46
F.A. Is (0.1s < T ₀ < 0.5s)	1,66
F.A. Is (0.5s < T ₀ < 1.0s)	1,31

TAB. 11 – TABELLA RIASSUNTIVA DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE DELLA "ZONA 21"

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Borgo Val di Taro (PR)

Zona 22

Le indagini di riferimento (secondo il codice identificativo di archiviazione attribuito nel database a corredo di questo studio), utilizzate per la ricostruzione del modello geotecnico-sismico semplificato, rappresentativo della MOPS di interesse, sono le seguenti:

- Indagine n° 034006L22SEV22; 034006P278SS278; 034006P311HVSR311.

Nella **Fig. 46** sono rappresentati i dati di ingresso al software *LSR 1D* impiegato per le elaborazioni di III° Livello, mentre in **Fig. 47** vengono raffigurati gli spettri di *input* adottati.

Strato	Spessore [m]	ρ [Kg/m ³]	Vs [m/s]	Ni	Modello geotecnico	Colore
1 Strato (6)	1.00	1860.00	135.00	0.45	CHIUSI DELLA VERNA_51015_S4S	
2 Strato (1)	2.00	1930.00	245.00	0.40	CHIUSI DELLA VERNA_51015_S4SH	
3 Strato (2)	2.00	1970.00	290.00	0.40	CHIUSI DELLA VERNA_51015_S4SH	
4 Strato (7)	2.00	1950.00	315.00	0.35	BIBBIENA - 51004_S5SH1 - Argillite	
5 Strato (8)	14.00	1990.00	375.00	0.35	SAN MARCELLO PISTOIESE - 47015	
6 Strato (4)	8.00	2070.00	560.00	0.30	CASTEL FOCOIGNANO - 51008_S1S	
7 Strato (5)	25.00	2090.00	625.00	0.30	BARBERINO DI MUGELLO - 48002	
8 Strato (3)	25.00	2130.00	800.00	0.25	BARBERINO DI MUGELLO - 48002	

FIG. 46 - SCHERMATA DI INPUT TRATTE DAL SOFTWARE "LSR 1D", DOVE VIENE DEFINITO IL MODELLO SISMO-STRATIGRAFICO DEL SITO DI INTERESSE: ZONA 22.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Borgo Val di Taro (PR)

SPETTRI DI INPUT

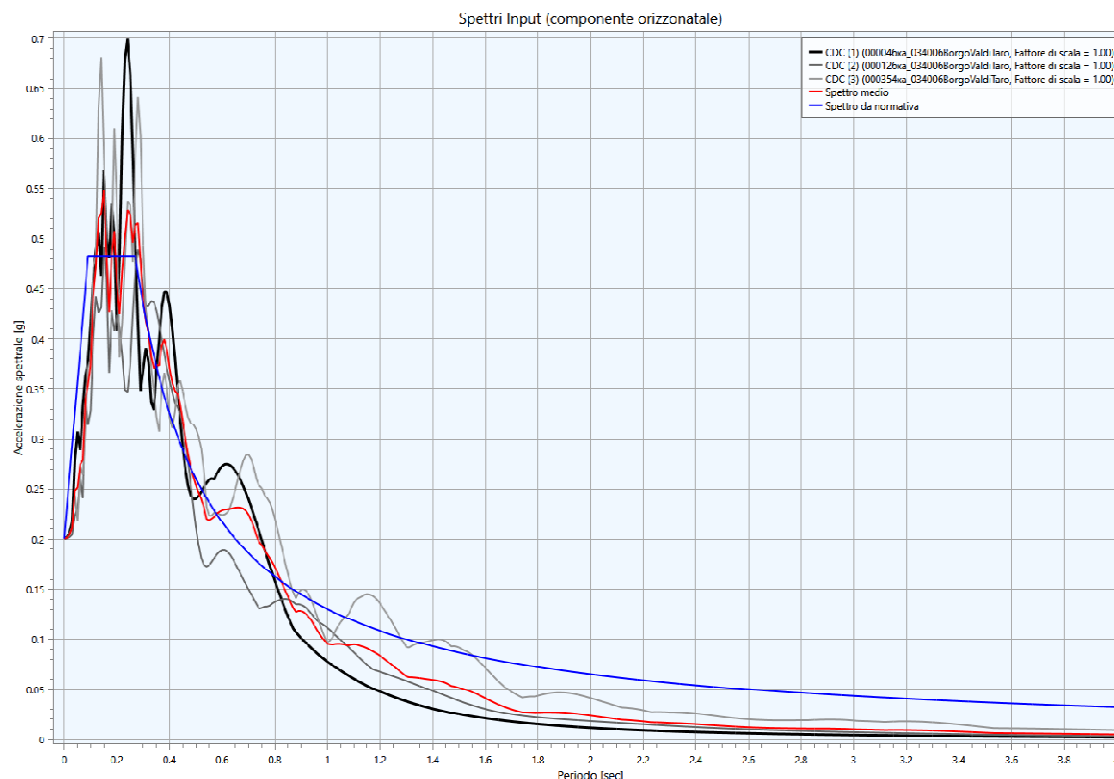


FIG. 47 - SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICA AL BEDROCK, CALCOLATI PER SLV CON SMORZAMENTO DEL 5%.

1E) Acceleration Response Spectrum - Spettri di risposta in accelerazione

Sulla base delle indagini geofisiche effettuate, si è calcolato un valore di V_{s30} pari a **366 m/s**, con il quale viene attribuita ai terreni in esame la "Categoria B". Osservando in dettaglio il grafico (Cfr. Fig. 48) si può notare come il valore dello spettro medio si vada a collocare di poco al di sopra di quello semplificato di categoria B; pertanto i dati emersi dallo studio di RSL sono leggermente più cautelativi. Lo spettro medio è stato poi adattato alla tipica forma spettrale semplificata, utilizzando come riferimento i valori della "media".

Si rammenta che per il sito di interesse, il valore di ag_{max} su sottosuolo rigido ($P.G.A.0$) per gli SLV è di **0,201 g**.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Borgo Val di Taro (PR)

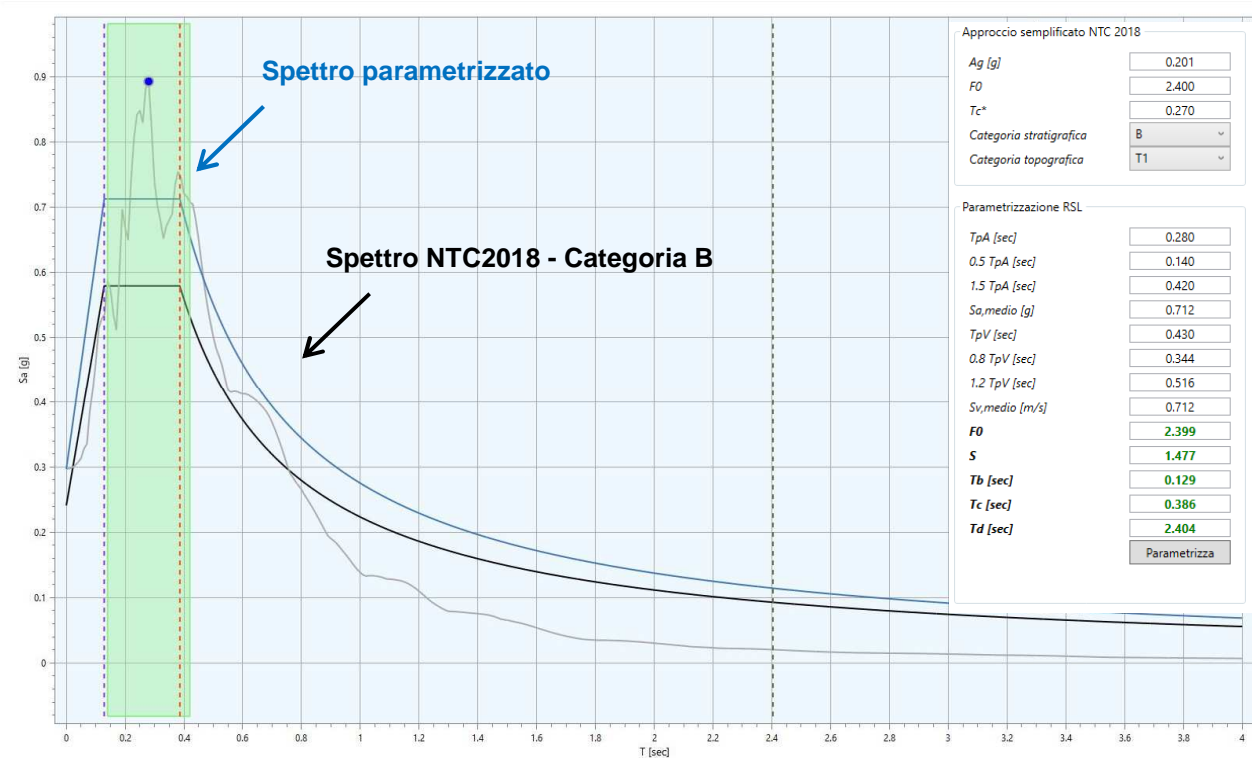
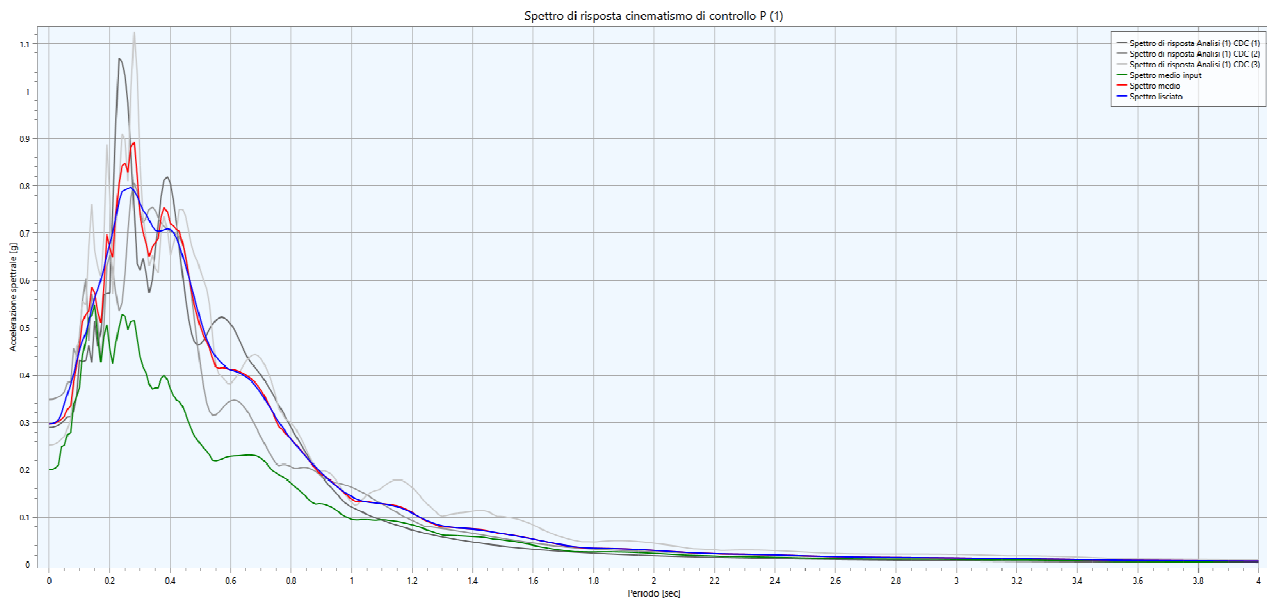


FIG. 48 - SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICA IN SUPERFICIE, CALCOLATI PER SLV CON SMORZAMENTO DEL 5%.

SULLA DESTRA SONO INDICATI I VALORI RAPPRESENTATIVI DELLO SPETTRO MEDIO PARAMETRIZZATO SECONDO NORMATIVA (LINEA BLU), CONSIDERANDO UNO SMORZAMENTO DEL 5%; LO SPETTRO RICAVATO CON APPROCCIO SEMPLIFICATO, CHE FA RIFERIMENTO ALLA "CATEGORIA DI SOTTOSUOLO SISMICO" (CATEGORIA B) DETERMINATA SULLA BASE DELLE INDAGINI GEOFISICHE IN SITO, È INVECE RAPPRESENTATO CON LA LINEA NERA.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Borgo Val di Taro (PR)

2E) Housner Intensity – Intensità di Housner

Nei due grafici raffigurati di seguito vengono rappresentati gli spettri relativi all'intensità di *Housner* negli intervalli $0,1 < SI < 0,5$ e $0,5 < SI < 1,0$.

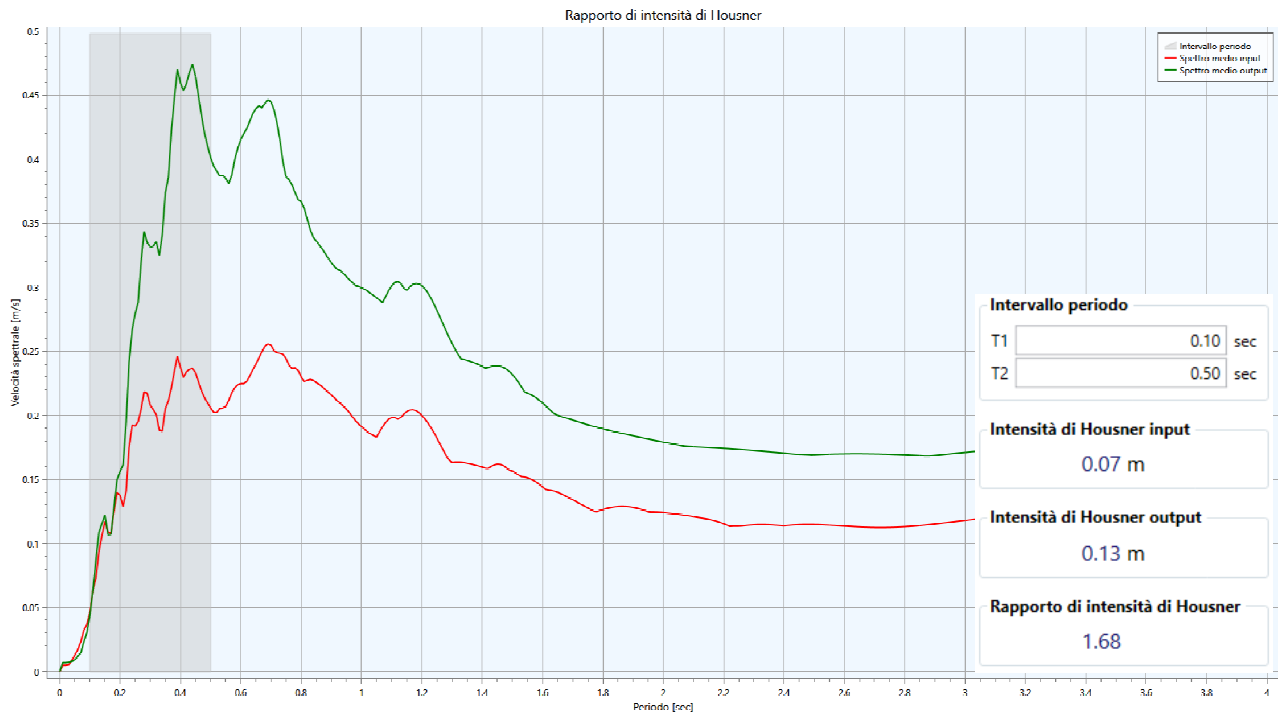


FIG. 49 - INTENSITÀ DI *HOUSNER* NELL'INTERVALLO $0,1 < SI < 0,5$.

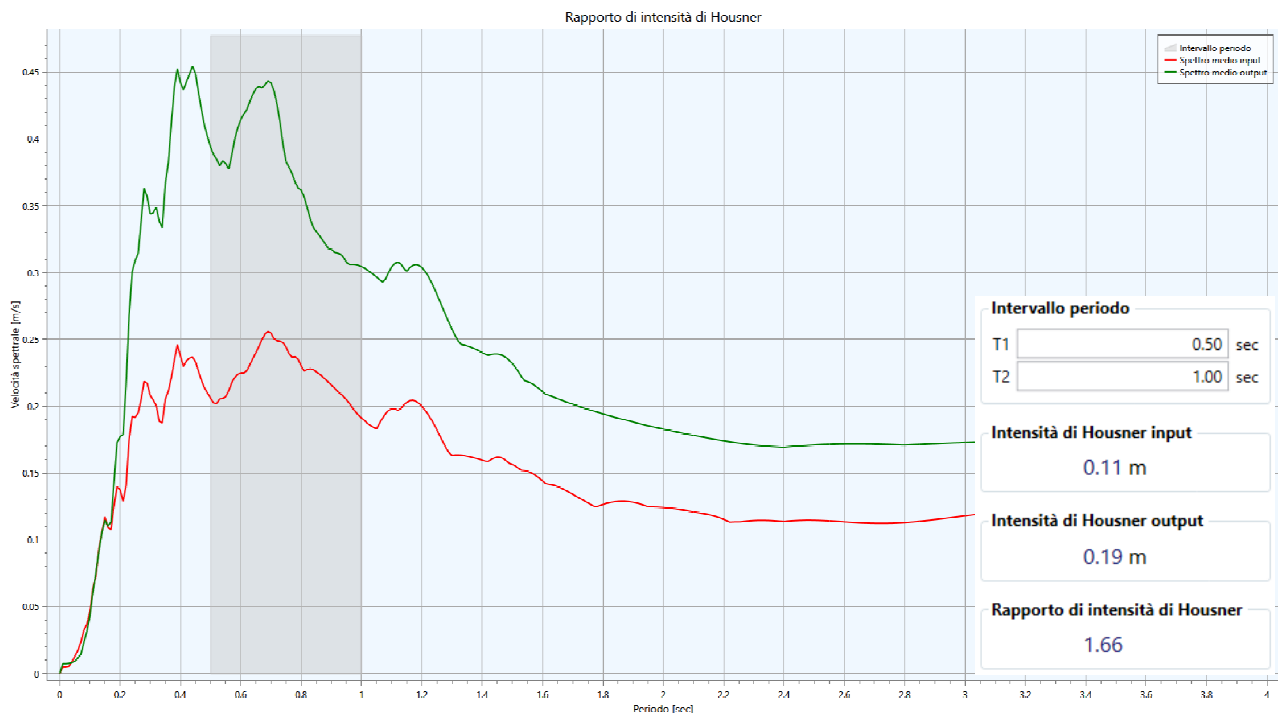


FIG. 50 - INTENSITÀ DI *HOUSNER* NELL'INTERVALLO $0,5 < SI < 1,0$.

3E) P.G.A. Profile - Peak Ground Acceleration Profile

Nella **Fig. 51** viene rappresentata la massima accelerazione per ogni profondità, in unità di gravità (rapporto fra il valore della P.G.A. in superficie e il valore della P.G.A.₀ al bedrock).

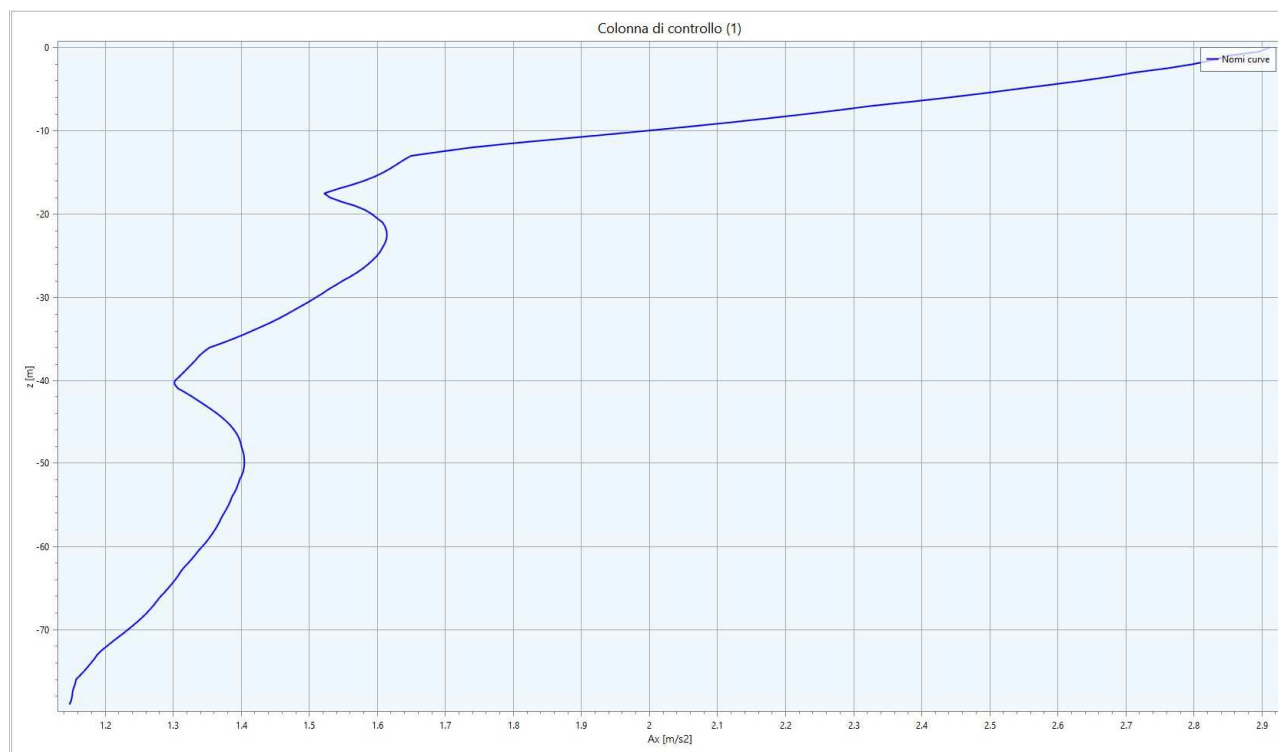


Fig. 51 - P.G.A. PROFILE: SI PUÒ NOTARE UNA MAGGIORE INCIDENZA DEI FENOMENI DI AMPLIFICAZIONE A PARTIRE DAGLI ORIZZONTI PIÙ SUPERFICIALI AVENTI VS INFERIORE (DA 0 A 17,5M).

Nella tabella sottostante vengono riassunti i valori dei F.A. determinati con l'analisi di RSL di III° livello:

Zona 22	
Fattori di amplificazione	RSL
F.A. P.G.A.	1,47
F.A. Is (0.1s < T ₀ < 0.5s)	1,68
F.A. Is (0.5s < T ₀ < 1.0s)	1,66

TAB. 12 – TABELLA RIASSUNTIVA DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE DELLA "ZONA 22"

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Borgo Val di Taro (PR)

Zona 23

Le indagini di riferimento (secondo il codice identificativo di archiviazione attribuito nel database a corredo di questo studio), utilizzate per la ricostruzione del modello geotecnico-sismico semplificato, rappresentativo della MOPS di interesse, sono le seguenti:

- Indagine n° 034006P142DP142; 034006P143DP143; 034006P144DP144; 034006P326HVSR326.

Nella **Fig. 52** sono rappresentati i dati di ingresso al software *LSR 1D* impiegato per le elaborazioni di III° Livello, mentre in **Fig. 53** vengono raffigurati gli spettri di *input* adottati.

	Strato	Spessore [m]	ρ [Kg/m ³]	Vs [m/s]	Ni	Modello geotecnico	Colore
1	Strato (6)	0.40	1790.00	100.00	0.45	CHIUSI DELLA VERNA_51015_S4S	
2	Strato (1)	0.60	1810.00	150.00	0.45	CHIUSI DELLA VERNA_51015_S4SH	
3	Strato (2)	2.00	1880.00	200.00	0.40	CHIUSI DELLA VERNA_51015_S4SH	
4	Strato (7)	5.00	1900.00	220.00	0.35	CHIUSI DELLA VERNA_51015_S4SH	
5	Strato (8)	9.00	1970.00	345.00	0.35	SAN MARCELLO PISTOIESE - 47019	
6	Strato (4)	7.00	2010.00	440.00	0.35	SAN MARCELLO PISTOIESE - 47019	
7	Strato (5)	8.00	2050.00	520.00	0.30	BARBERINO DI MUGELLO - 48002_	
8	Strato (3)	12.00	2060.00	600.00	0.25	BARBERINO DI MUGELLO - 48002_	

FIG. 52 - SCHERMATA DI INPUT TRATTE DAL SOFTWARE "LSR 1D", DOVE VIENE DEFINITO IL MODELLO SISMO-STRATIGRAFICO DEL SITO DI INTERESSE: ZONA 23.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Borgo Val di Taro (PR)

SPETTRI DI INPUT

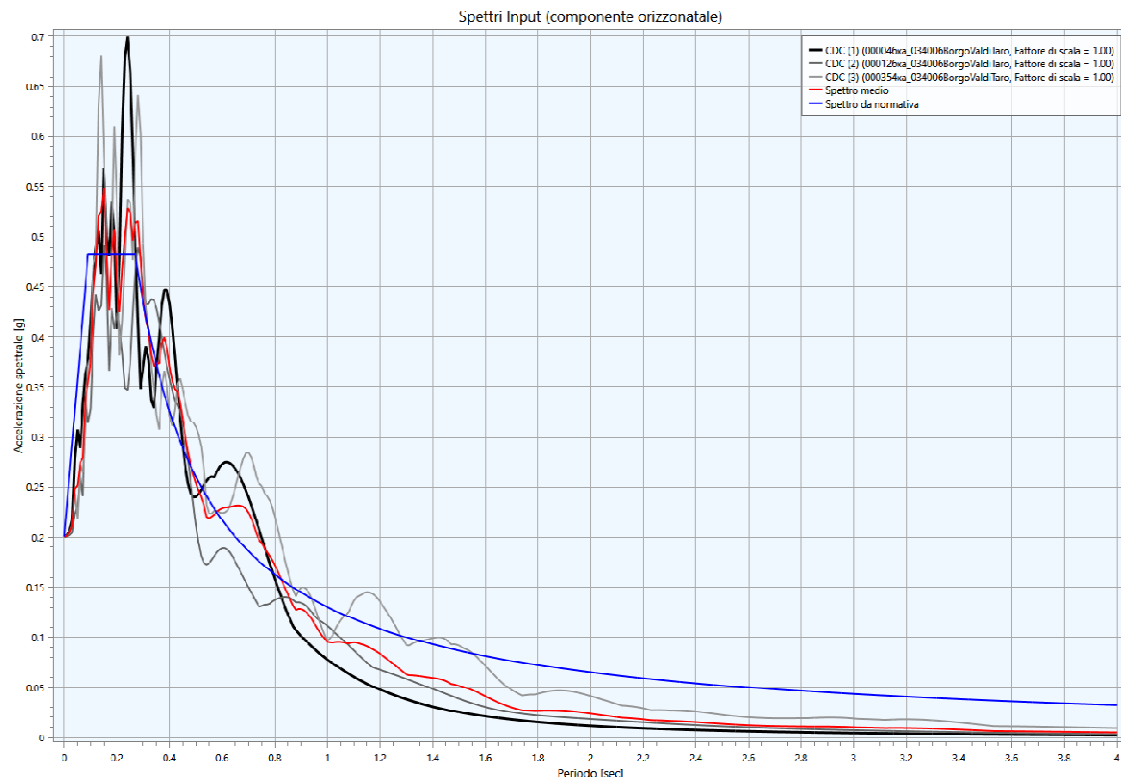


FIG. 53 - SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICA AL BEDROCK, CALCOLATI PER **SLV** CON SMORZAMENTO DEL 5%.

1G) Acceleration Response Spectrum - Spettri di risposta in accelerazione

Sulla base delle indagini geofisiche effettuate, si è calcolato un valore di V_{s30} pari a **318 m/s**, con il quale viene attribuita ai terreni in esame la "**Categoria C**". Osservando in dettaglio il grafico (Cfr. **Fig. 54**) si può notare come il valore dello spettro medio si vada a collocare di poco al di sopra di quello semplificato di **categoria C**; pertanto i dati emersi dallo studio di *RSL* sono leggermente più cautelativi. Lo spettro medio è stato poi adattato alla tipica forma spettrale semplificata, utilizzando come riferimento i valori della "*media*". Si rammenta che per il sito di interesse, il valore di ag_{max} su sottosuolo rigido (*P.G.A.0*) per gli **SLV** è di **0,201 g**.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Borgo Val di Taro (PR)

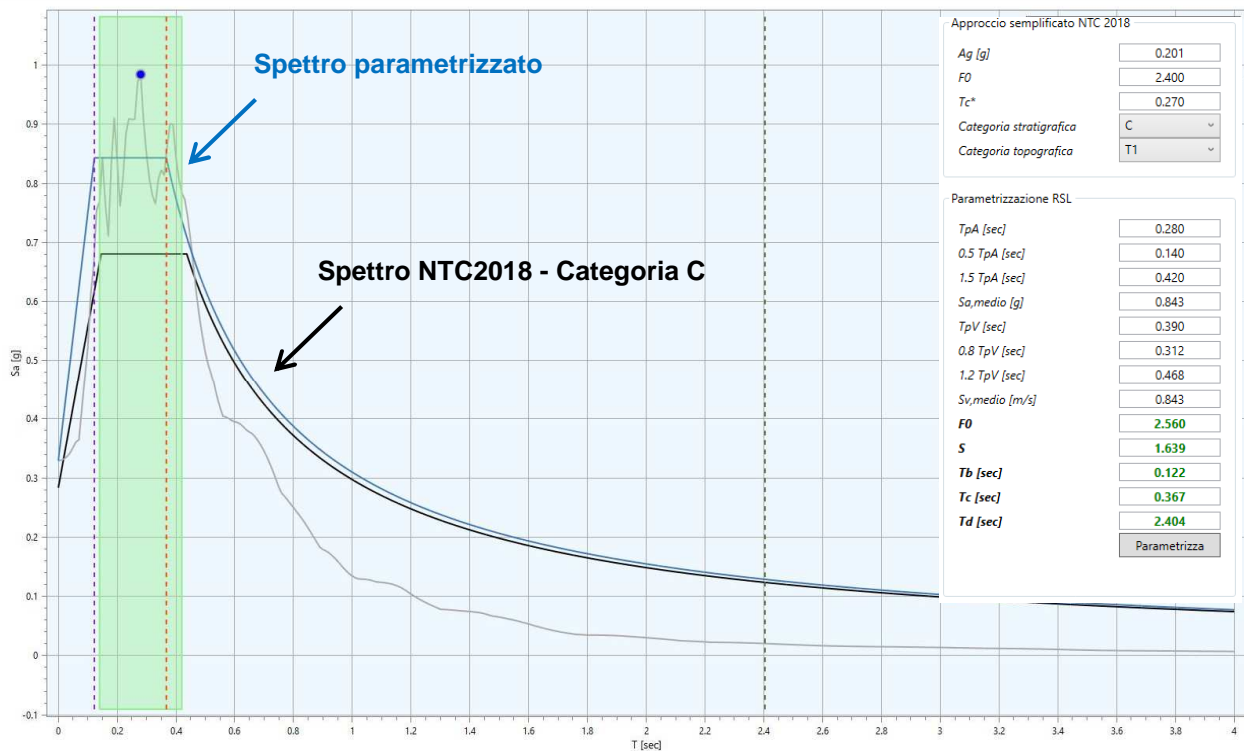
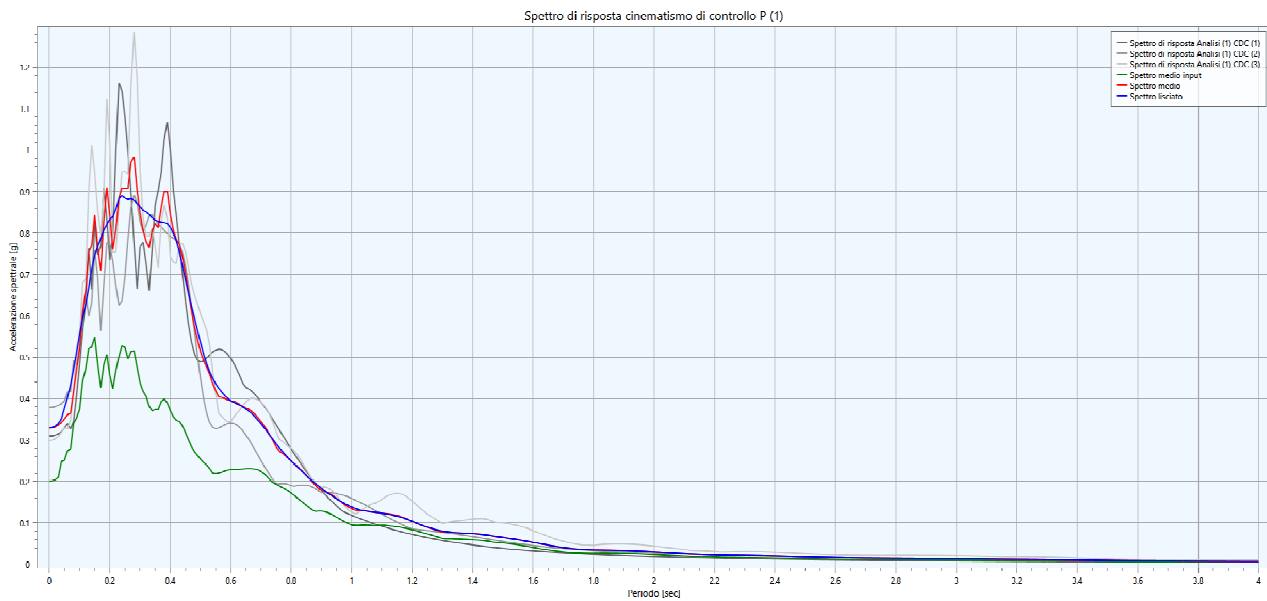


FIG. 54 - SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICA IN SUPERFICIE, CALCOLATI PER SLV CON SMORZAMENTO DEL 5%.

SULLA DESTRA SONO INDICATI I VALORI RAPPRESENTATIVI DELLO SPETTRO MEDIO PARAMETRIZZATO SECONDO NORMATIVA (LINEA BLU), CONSIDERANDO UNO SMORZAMENTO DEL 5%; LO SPETTRO RICAVATO CON APPROCCIO SEMPLIFICATO, CHE FA RIFERIMENTO ALLA "CATEGORIA DI SOTTOSUOLO SISMICO" (CATEGORIA C) DETERMINATA SULLA BASE DELLE INDAGINI GEOFISICHE IN SITO, È INVECE RAPPRESENTATO CON LA LINEA NERA.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Borgo Val di Taro (PR)

2G) Housner Intensity – Intensità di Housner

Nei due grafici raffigurati di seguito vengono rappresentati gli spettri relativi all'intensità di *Housner* negli intervalli $0,1 < SI < 0,5$ e $0,5 < SI < 1,0$.

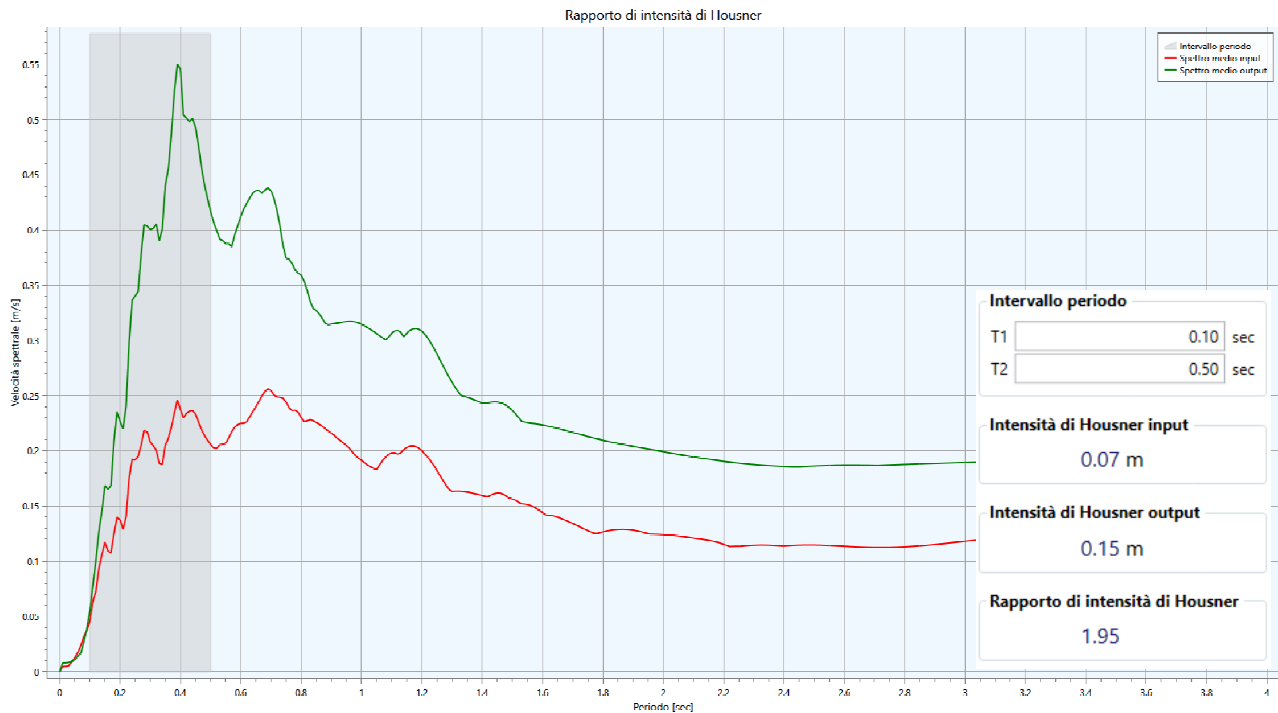


FIG. 55 - INTENSITÀ DI *HOUSNER* NELL'INTERVALLO $0,1 < SI < 0,5$.

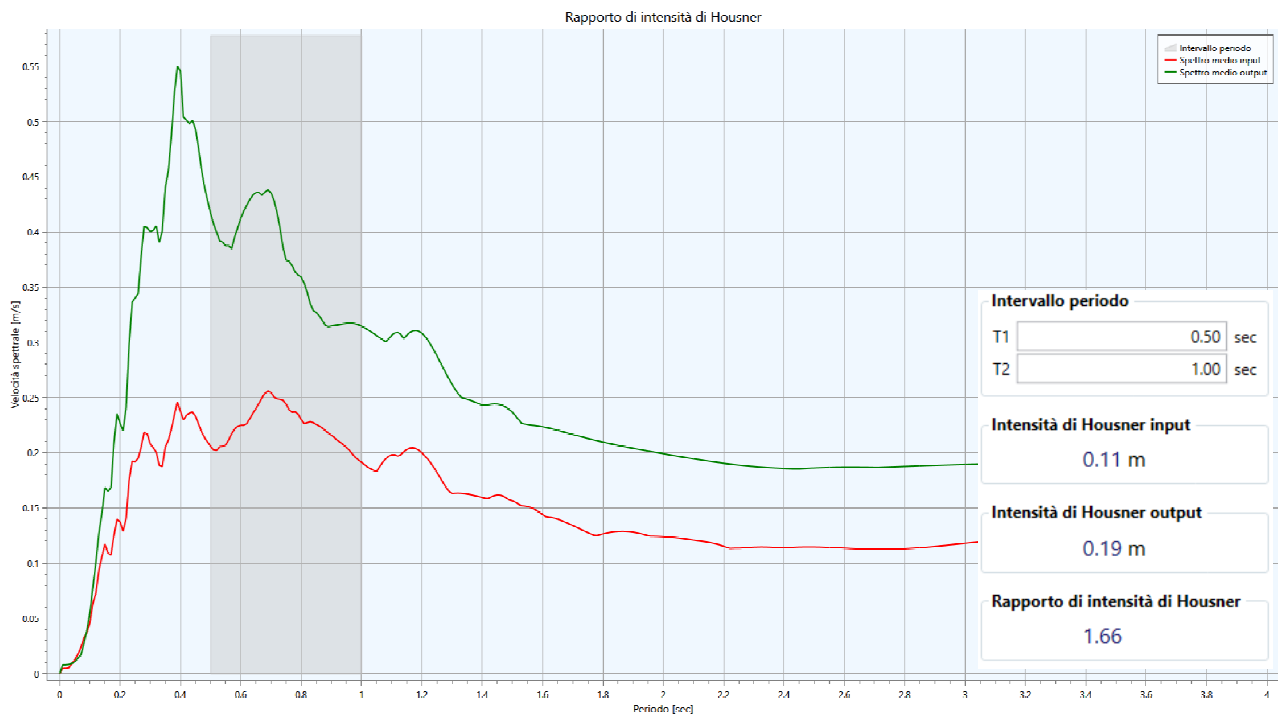


FIG. 56 - INTENSITÀ DI *HOUSNER* NELL'INTERVALLO $0,5 < SI < 1,0$.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Borgo Val di Taro (PR)

3G)P.G.A. Profile - Peak Ground Acceleration Profile

Nella **Fig. 57** viene rappresentata la massima accelerazione per ogni profondità, in unità di gravità (rapporto fra il valore della P.G.A. in superficie e il valore della P.G.A.₀ al bedrock).

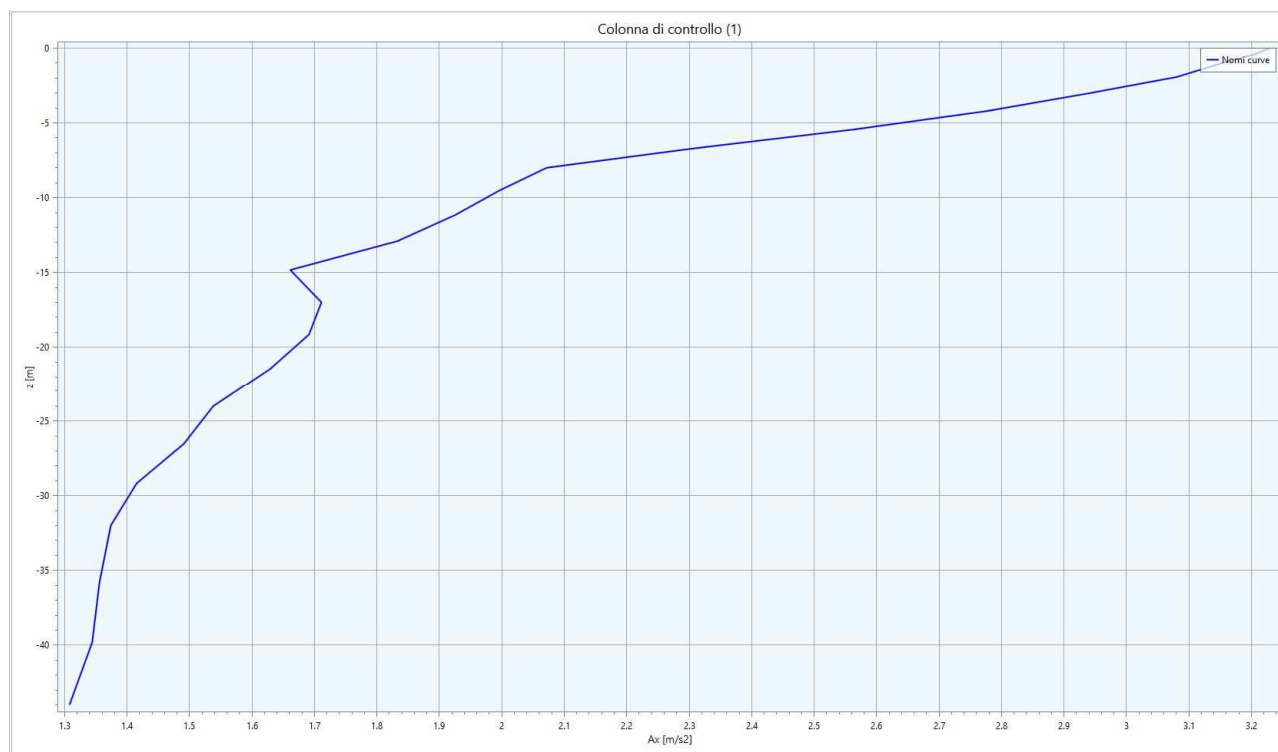


Fig. 57 - P.G.A. PROFILE: SI PUÒ NOTARE UNA MAGGIORE INCIDENZA DEI FENOMENI DI AMPLIFICAZIONE A PARTIRE DAGLI ORIZZONTI PIÙ SUPERFICIALI AVENTI VS INFERIORE (DA 0 A 15M).

Nella tabella sottostante vengono riassunti i valori dei F.A. determinati con l'analisi di RSL di III° livello:

Zona 23	
Fattori di amplificazione	RSL
F.A. P.G.A.	1,63
F.A. Is (0.1s < T ₀ < 0.5s)	1,95
F.A. Is (0.5s < T ₀ < 1.0s)	1,66

TAB. 13 – TABELLA RIASSUNTIVA DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE DELLA "ZONA 23"

5.2. Verifica di stabilità

Gli abitati di "Borgo Val di Taro Centro", "Quartiere San Rocco" e "Stazione Zona Industriale", oggetto degli approfondimenti di III° Livello, si collocano in una porzione di vallata nella quale prevalgono litotipi argillosi e argillitici, appartenenti alla formazione delle *Argilliti di San Siro*, che hanno favorito l'evoluzione di numerosi fenomeni gravitativi, alcuni dei quali interessano direttamente gli ambiti di studio e quindi, anche infrastrutture, edifici e zone di espansione. Per tale motivo, per i fenomeni di maggior interesse, laddove sono state reperite informazioni di tipo stratigrafico, geotecnico e sismico, sono state effettuate verifiche di stabilità in condizioni dinamiche per determinare gli spostamenti attesi, secondo quanto previsto dai criteri adottati negli studi di III °livello, come di seguito illustrato.

5.2.1 Metodo di Verifica

La valutazione dei fattori di sicurezza alla stabilità è stata condotta mediante il programma di calcolo **SLOPE** della **GEOSTRU**. In particolare, in questa sede si è fatto riferimento al metodo di *Jambu*, che prevede l'utilizzo di superfici di scivolamento di forma qualsiasi.

Il metodo di *Jambu* è un semplice, ma accurato, metodo per l'analisi di stabilità dei pendii, basato sul principio dell'equilibrio limite e delle strisce, pertanto viene considerato l'equilibrio di una potenziale massa di terreno in scivolamento suddivisa in n strisce verticali di spessore sufficientemente piccolo da ritenere ammissibile l'assunzione che lo sforzo normale N_i agisce nel punto medio della base della striscia.

Le equazioni da prendere in considerazione sono:

- L'equazione di equilibrio alla traslazione orizzontale del singolo concio;
- L'equazione di equilibrio alla traslazione verticale del singolo concio;
- L'equazione di equilibrio dei momenti.

Il fattore di sicurezza risulta calcolato dalla seguente formula:

$$F = \frac{\sum \{c_i \times b + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan \varphi_i\} \times \frac{\sec^2 \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \varphi_i} / F}{\sum W_i \times \tan \alpha_i}$$

in cui i diversi parametri assumono i significati descritti in **Fig. 58**.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Borgo Val di Taro (PR)

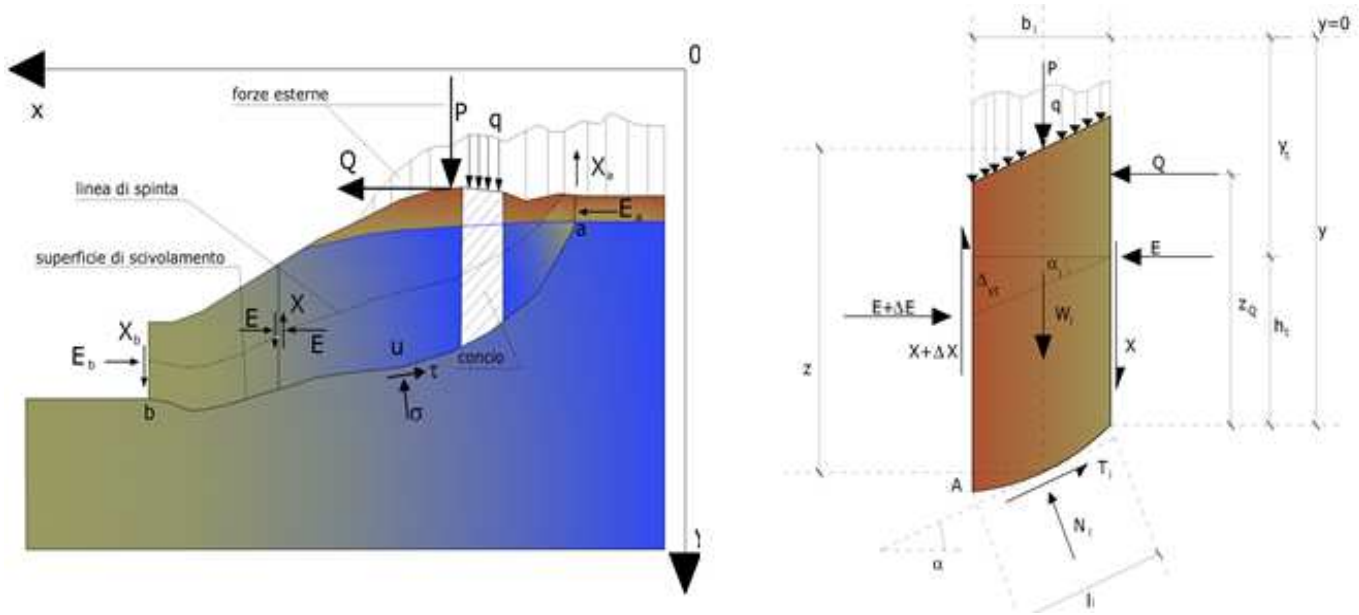


FIG. 58 - AZIONI SUL CONCIO I-ESIMO SECONDO LE IPOTESI DI JANBU E RAPPRESENTAZIONE D'INSIEME DELL'AMMASSO

Il metodo di *Janbu*, inoltre, introduce un metodo per la correzione del fattore di sicurezza in funzione della forma della frana e dei parametri geotecnici:

$$F_{\text{corretto}} = f_0 \times F$$

dove f_0 è riportato in grafici funzione di geometria e parametri geotecnici (Cfr. **Fig. 59**). Tale correzione è molto attendibile per pendii poco inclinati, come quello che caratterizza l'area di interesse.

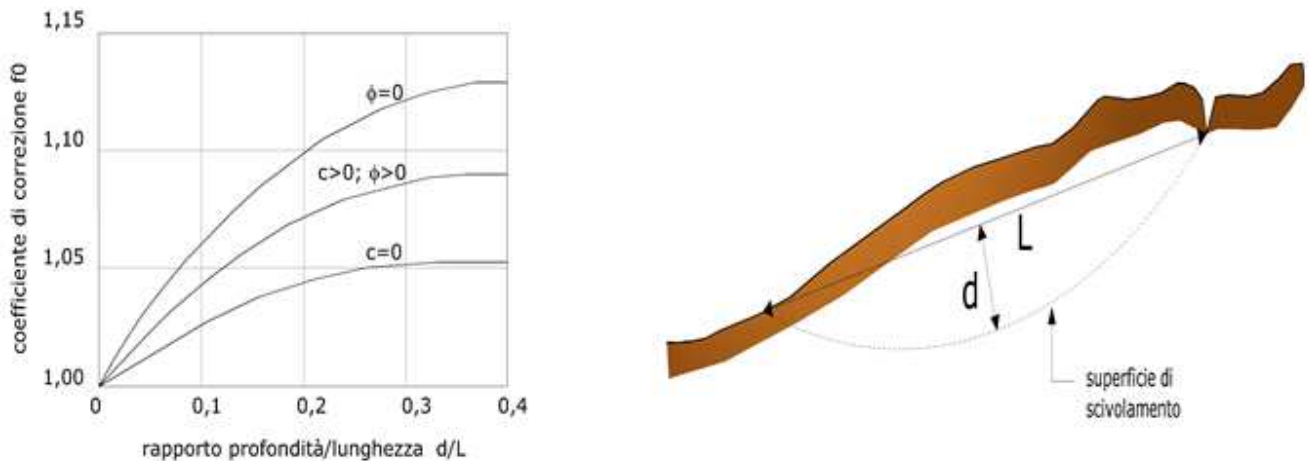


FIG. 59 - CORREZIONE DEL FATTORE DI SICUREZZA IN FUNZIONE DELLA FORMA DELLA FRANA E DEI PARAMETRI GEOTECNICI

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Borgo Val di Taro (PR)

La stabilità nei confronti dell'azione sismica viene verificata con il metodo pseudostatico considerando un incremento della spinta a tergo del blocco dovuta all'accelerazione (verticale ed orizzontale) provocata dal sisma stesso. Tali valori dell'accelerazione provocata dal sisma sono valutati come una frazione dell'accelerazione di gravità g e i coefficienti moltiplicatori di g (K_x e K_v) variano con le caratteristiche sismiche della zona. Per i terreni che sotto l'azione di un carico ciclico possono sviluppare pressioni interstiziali elevate viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza.

Ai fini della valutazione dell'azione sismica vengono quindi considerate le seguenti forze:

$$F_H = K_x W$$

$$F_V = K_v W$$

Essendo F_H e F_V rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro di ogni concio, W il peso del concio e K_x e K_v i coefficienti sismici orizzontale e verticale già introdotti in precedenza.

Gli effetti dello spostamento indotto dal sisma sono stati calcolati con il metodo di *Newmark*.

L'analisi alla *Newmark* è un metodo di analisi numerica utile alla definizione dello spostamento di una frana potenziale, considerata come un blocco rigido disposto su un pendio, imponendo le forze dinamiche (sisma) agenti sul blocco stesso. In sostanza il metodo valuta lo spostamento di un blocco di massa pari a quella del corpo in frana, sottoposto alla accelerazione indotta dal sisma (Cfr. **Fig. 60**).

Una volta definita la superficie di scorrimento il programma utilizzato (**QSIM** della **GEOSTRU**) definisce l'accelerazione critica che determina il movimento del blocco equivalente al volume della frana e successivamente confronta tale valore con l'accelerogramma del sito per valutare per quanto tempo il blocco rimane in condizioni di accelerazione superiori a quella critica (Cfr. **Fig. 61**).

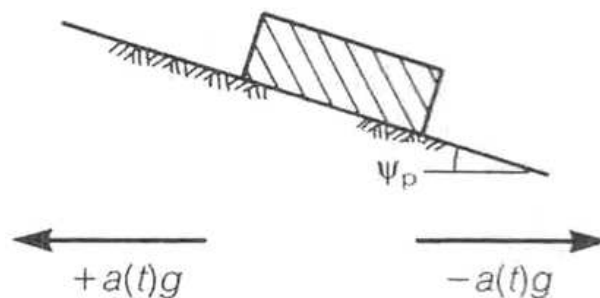


Fig. 60 - SCHEMATIZZAZIONE DEL METODO DI NEWMARK

Il calcolo degli spostamenti permanenti avviene attraverso la doppia integrazione (accelerazione>>velocità>>spostamento) delle porzioni dell'accelerogramma che supera il valore di accelerazione critica (al di sopra del quale si ha instabilità).

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Borgo Val di Taro (PR)

In pratica il programma calcola lo spostamento massimo per ciascun accelerogramma considerato di riferimento, per la porzione di pendio di cui il metodo pseudostatico ha definito il fattore di sicurezza minimo.

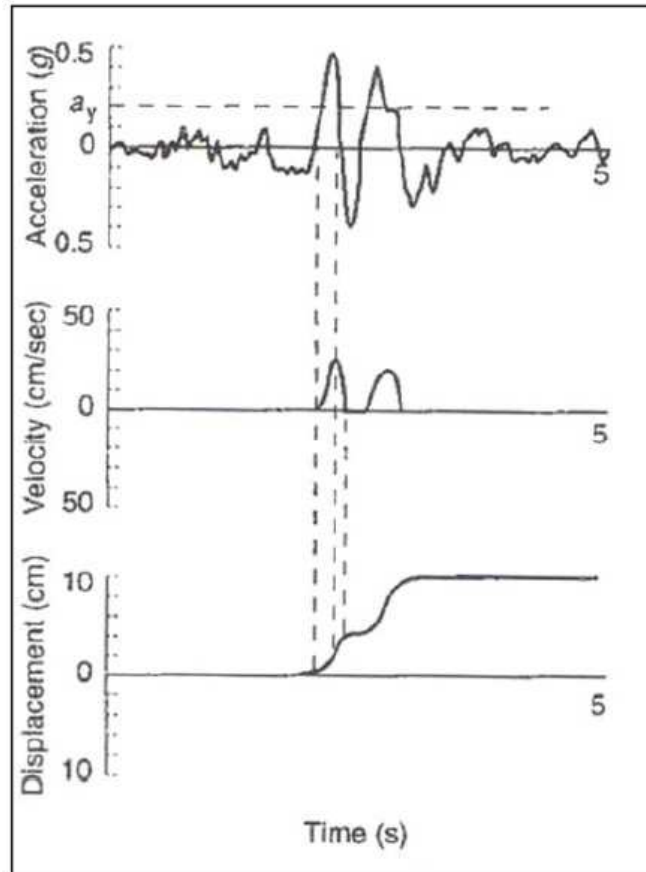


FIG. 61 - ESEMPLIFICAZIONE DELLA METODOLOGIA DI NEWMARK, CON DOPPIA INTEGRAZIONE DELL'ACCELEROGRAMMA

5.2.2 Le ipotesi verificate

Sono state svolte n° 4 verifiche di stabilità, tutte generate su un substrato argillitico – argilloso, riferibile alla formazione delle *Argilliti di San Siro*. Nel dettaglio, i calcoli sono stati eseguiti lungo le seguenti sezioni:

Sezione n. 1 - Frana delle Pezze di tipo complesso, recentemente classificata attiva sulla base di dati interferometrici satellitari, che ne hanno verificato il movimento. Versante a nord del Capoluogo;

Sezione n. 2 - Frana dell'Abbazia. Fenomeno di tipo complesso e stato di attività quiescente. Destra idrografica del Fiume Taro;

Sezione n. 3 - Frana del Cimitero. Fenomeno complesso e stato di attività quiescente, originatosi nei pressi del Cimitero, destra idrografica della vallata.

Sezione n. 4 - Frana dei Piloni. Corpo di frana quiescente e complesso che interessa il versante a nord del capoluogo.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Borgo Val di Taro (PR)

I terreni coinvolti dai movimenti gravitativi sono stati classificati e parametrizzati con le numerose prove reperite negli archivi ed in particolare, specie per i fenomeni a monte del capoluogo (Sez. n. 1 e Sez. n. 4), sono stati impiegati i dati forniti dal *Serv. Tecnico di Bacino della Regione*, che nell'ambito del consolidamento dei fenomeni franosi coinvolgente i materiali delle coperture e del substrato.

Successivamente è stata calcolata l'accelerazione critica ed è quindi stata effettuata l'analisi dinamica.

La verifica dinamica è stata effettuata per i tre accelerogrammi forniti dalla regione Emilia Romagna, già descritti nel paragrafo **5.1.3**, opportunamente scalati mediante i metodi della risposta sismica locale (accelerogrammi di output di "**LSR 1D**").

I valori di spostamento del corpo di frana calcolati utilizzando gli accelerogrammi proposti dalla Regione Emilia Romagna correttamente scalati e modificati, sono i seguenti:

Sezione 1 - M1 (5,09 cm), M2 (1,34 cm) e M3 (9,96 cm)

Sezione 2 - M1 (7,00 cm), M2 (1,44 cm) e M3 (10,98 cm)

Sezione 3 - M1 (7,80 cm), M2 (1,85 cm) e M3 (12,98 cm)

Sezione 4 - M1 (5,26 cm), M2 (1,27 cm) e M3 (10,40 cm)

Nella Carta di microzonazione sismica che saranno descritte nel paragrafo **5.3** il valore di spostamento riportato di III livello è quello massimo registrato, rispettivamente paria a 9,96 cm (Sez. 1), 10,98 cm (Sez. 2), 12,98 cm (Sez. 3) e 10,40 cm (Sez. 4),

Di seguito si riportano in modo sintetico i risultati delle verifiche eseguite.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Borgo Val di Taro (PR)

Frana delle Pezze (Sezione n° 1)

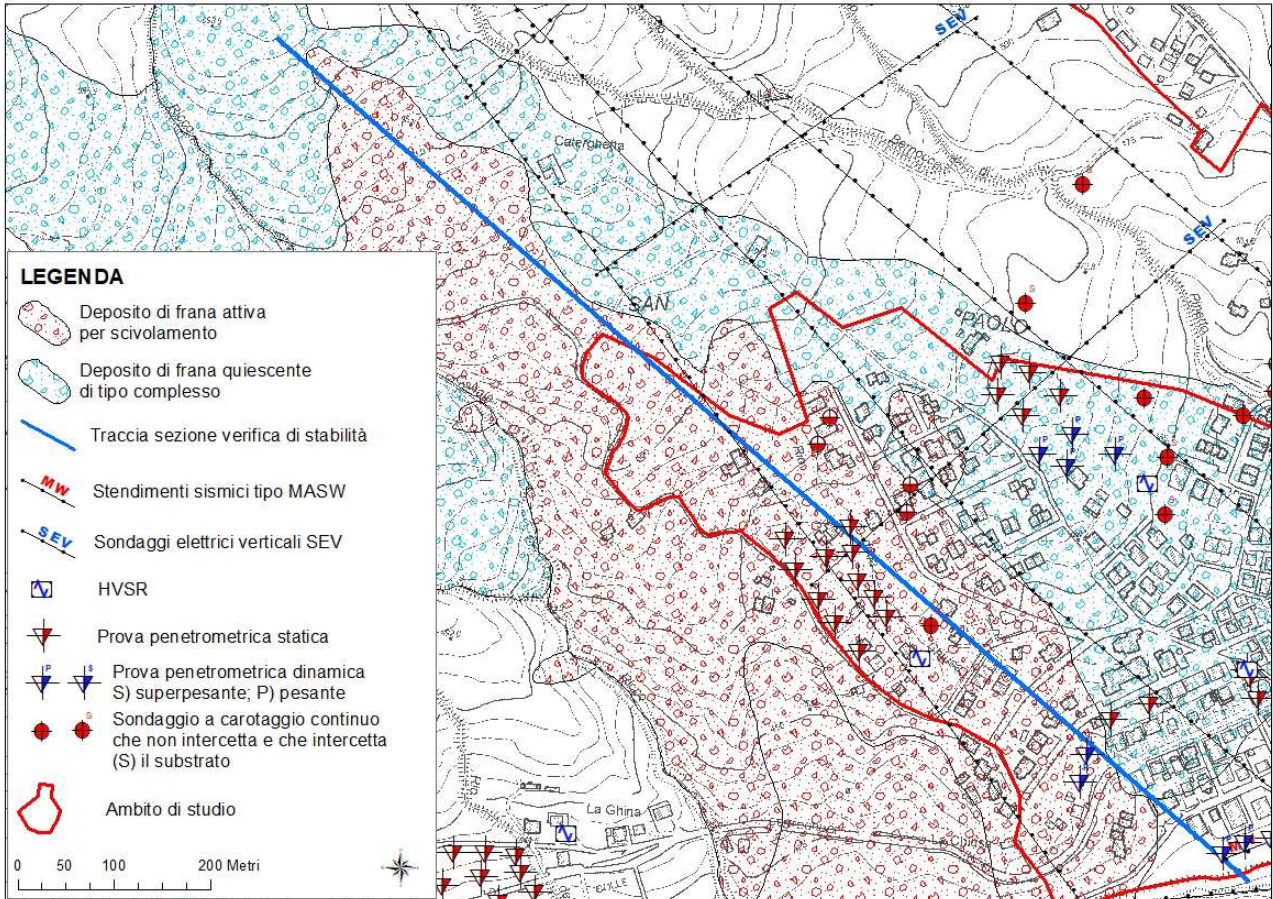


FIG. 62 – UBICAZIONE DELLA SEZIONE ANALIZZATA

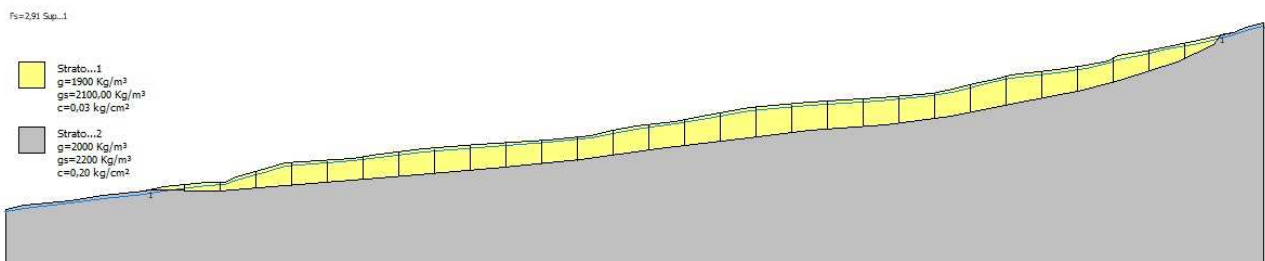


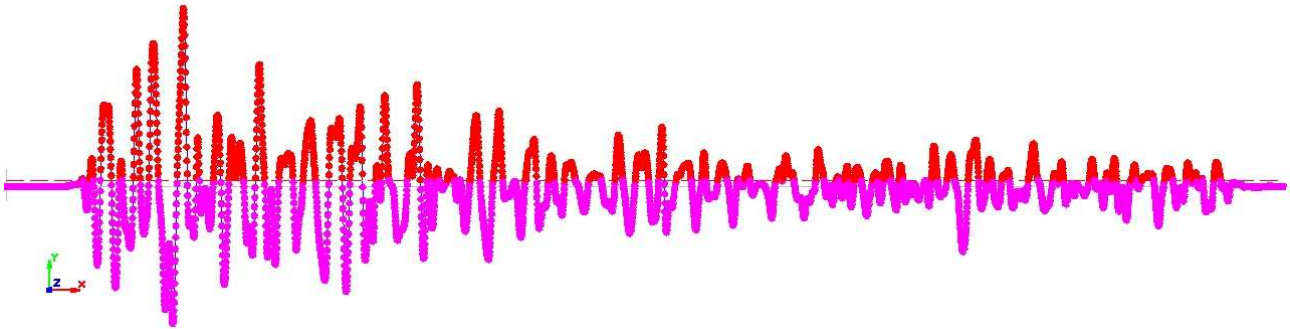
FIG. 63 – SEZIONE ANALIZZATA CON SUDDIVISIONE IN CONCI DEL CORPO DELLA FRANA DELLE PEZZE

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

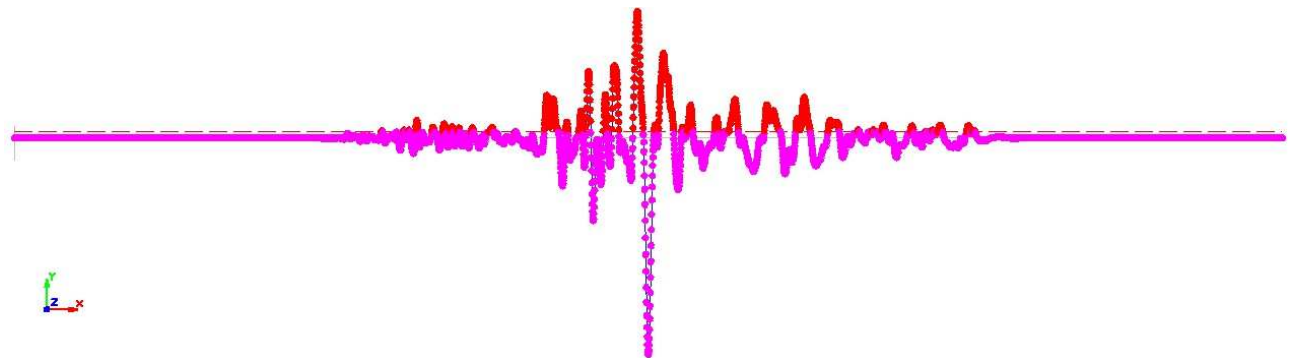
Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Borgo Val di Taro (PR)

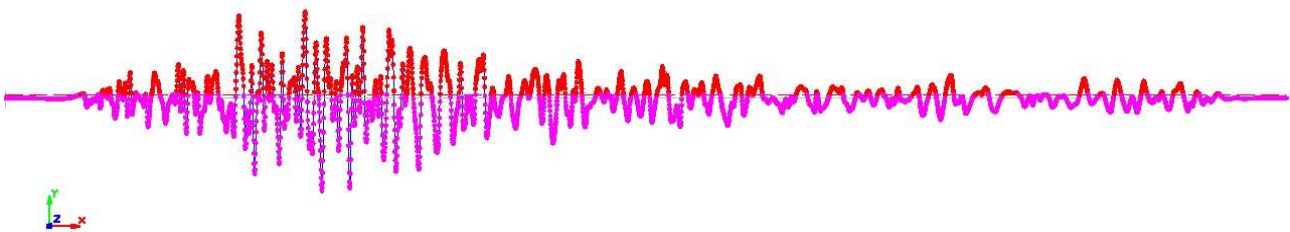
Sisma M1 da Regione Emilia-Romagna



Sisma M2 da Regione Emilia-Romagna



Sisma M3 da Regione Emilia-Romagna



RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Borgo Val di Taro (PR)

Frana dell'Abbazia (Sezione n° 2)

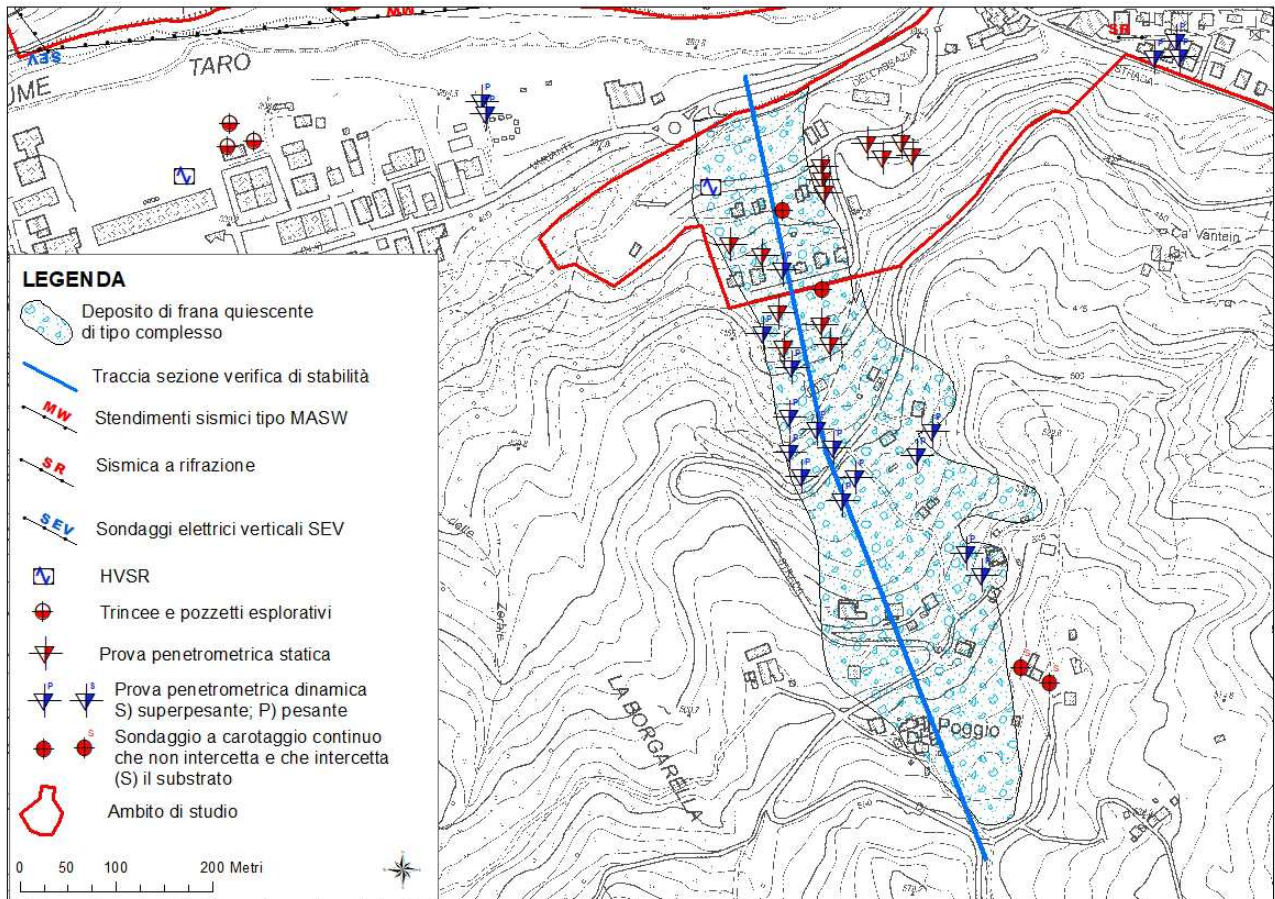


FIG. 64 – UBICAZIONE DELLA SEZIONE ANALIZZATA

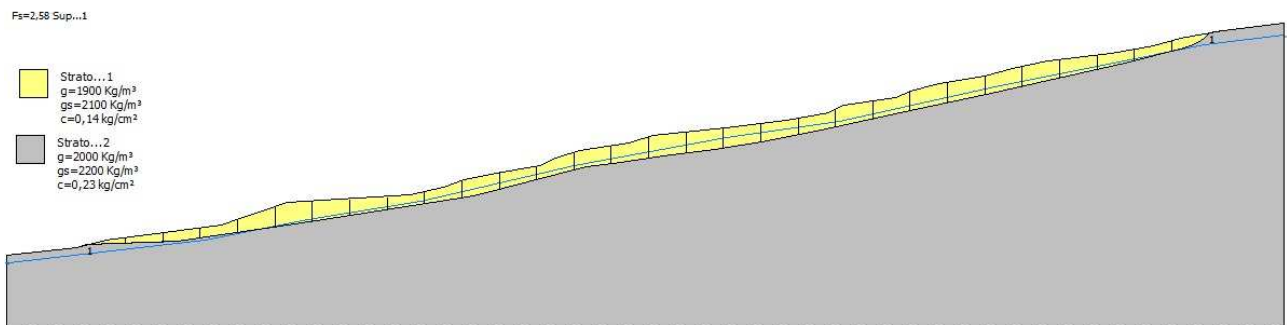
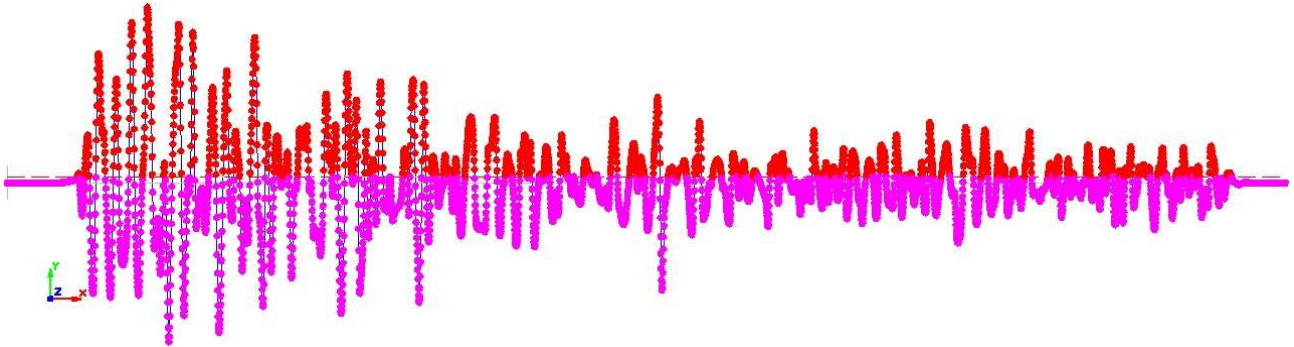
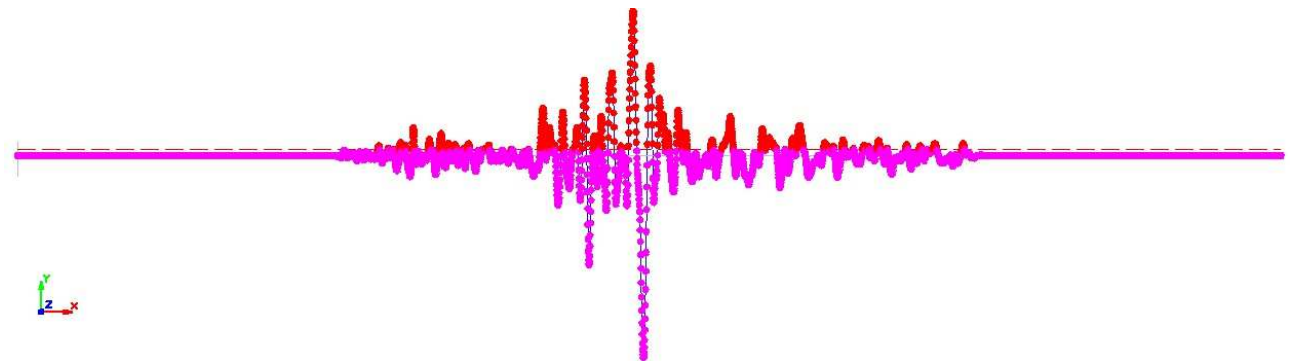


FIG. 65 – SEZIONE ANALIZZATA CON SUDDIVISIONE IN CONCI DEL CORPO DELLA FRANA DELL'ABBAZIA

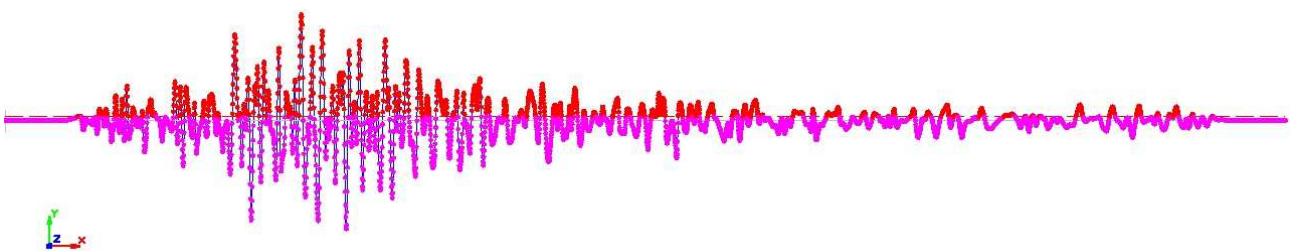
Sisma M1 da Regione Emilia-Romagna



Sisma M2 da Regione Emilia-Romagna



Sisma M3 da Regione Emilia-Romagna



Sisma M1 da Regione Emilia-Romagna

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Borgo Val di Taro (PR)

Frana Strada del Cimitero (Sezione n° 3)

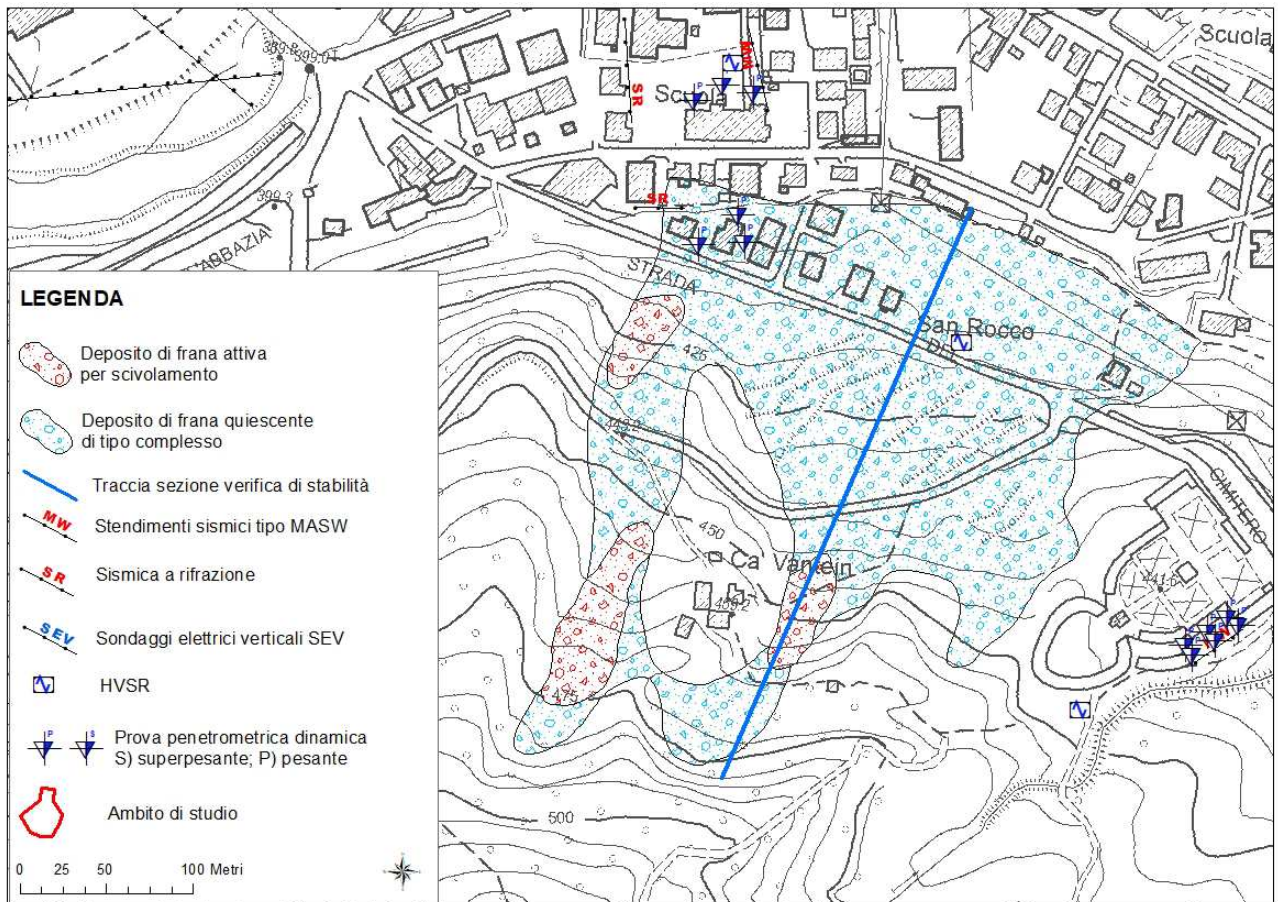


FIG. 66 – UBICAZIONE DELLA SEZIONE ANALIZZATA

Fs=2,93 Sup...1

- Strato...1
g=1900 Kg/m³
gs=2100,00 Kg/m³
c=0,14 kg/cm²
- Strato...2
g=2000 Kg/m³
gs=2200 Kg/m³
c=0,23 kg/cm²

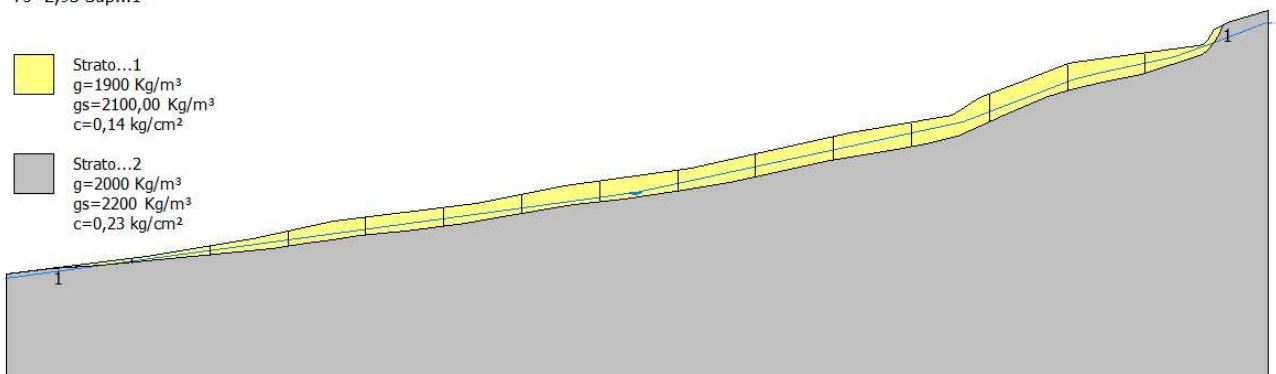
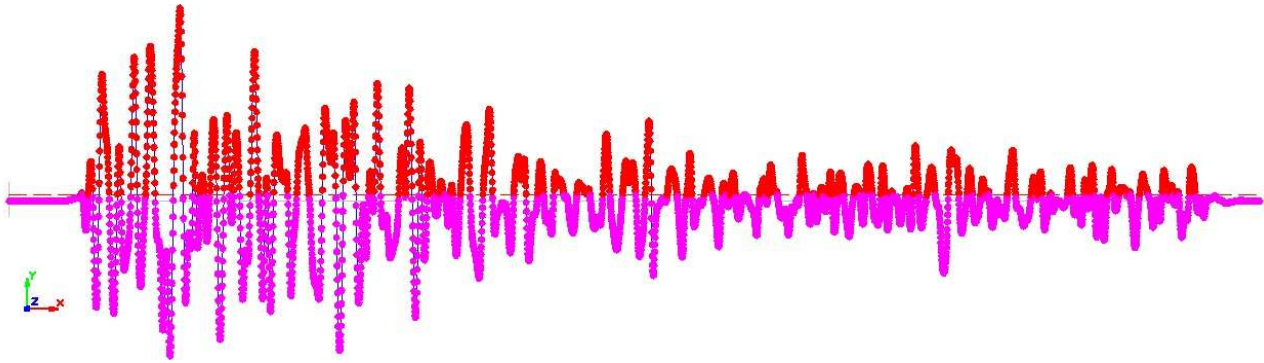
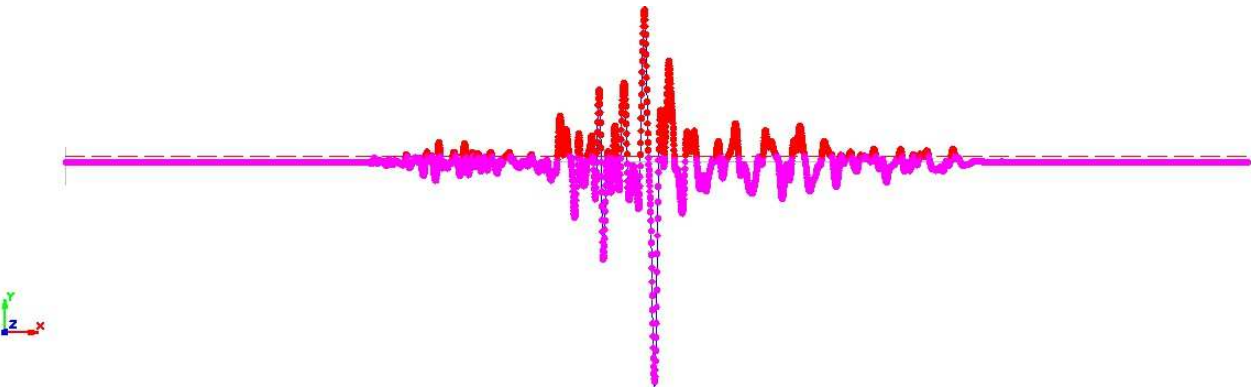


FIG. 67 – SEZIONE ANALIZZATA CON SUDDIVISIONE IN CONCI DEL CORPO DELLA FRANA STRADA DEL CIMITERO

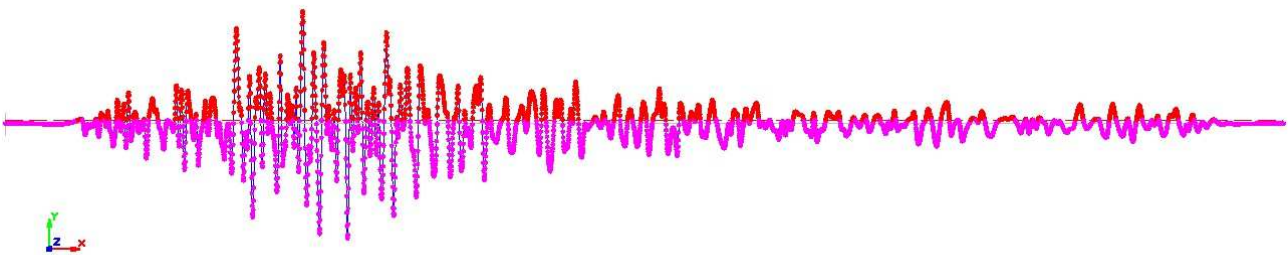
Sisma M1 da Regione Emilia-Romagna



Sisma M2 da Regione Emilia-Romagna



Sisma M3 da Regione Emilia-Romagna



RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Borgo Val di Taro (PR)

Frana Strada dei Piloni (Sezione n° 4)

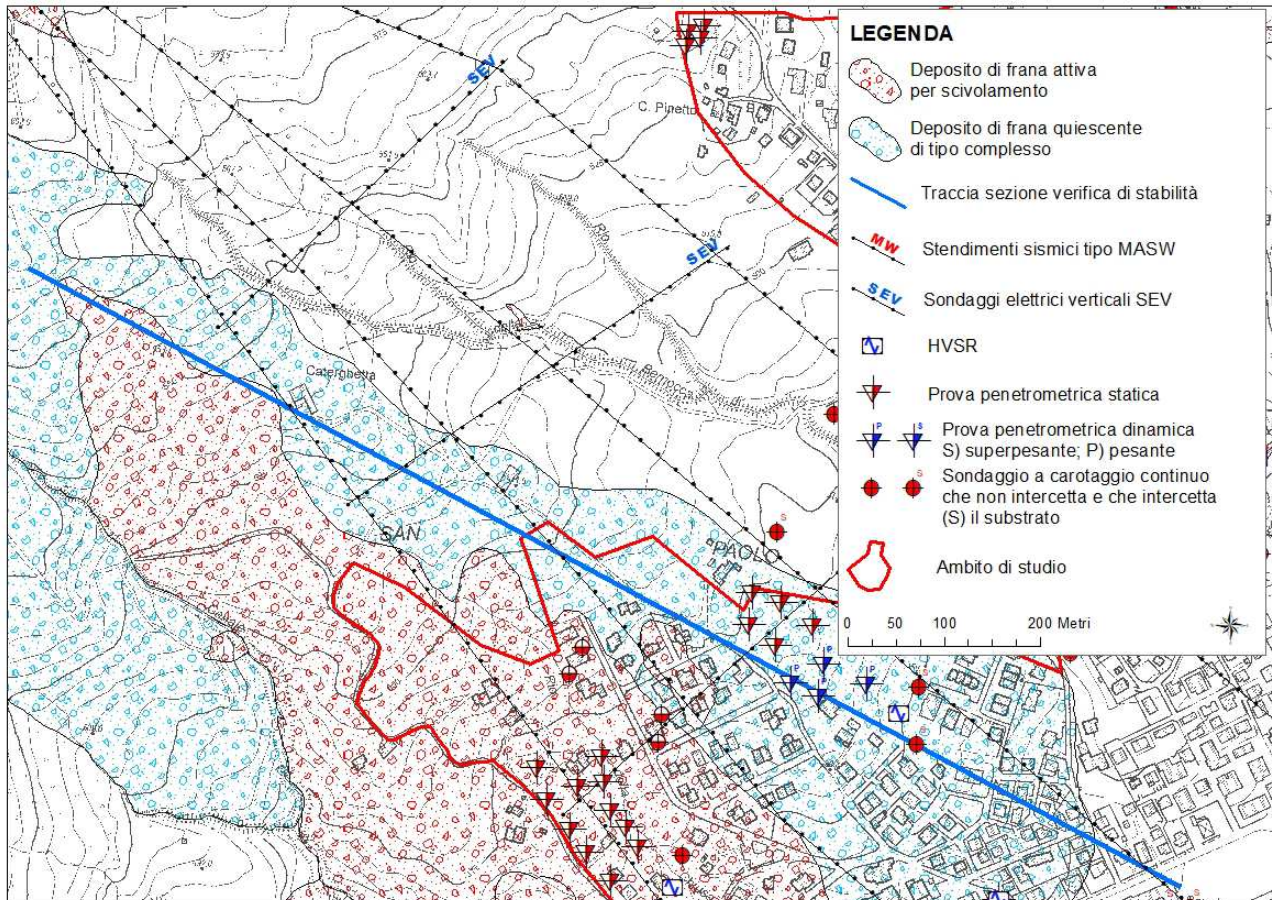


FIG.68 – UBICAZIONE DELLA SEZIONE ANALIZZATA

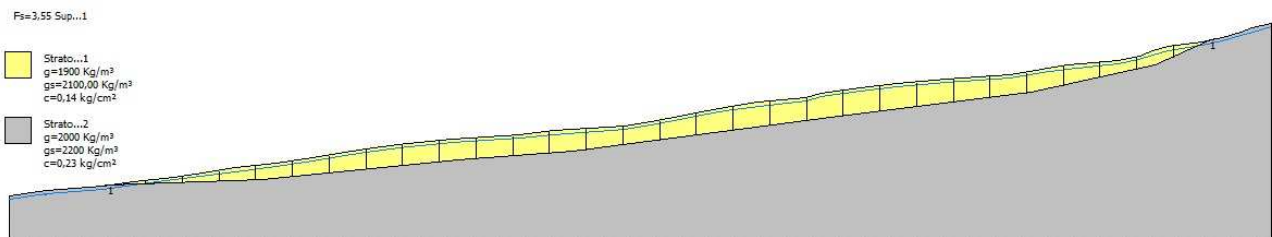


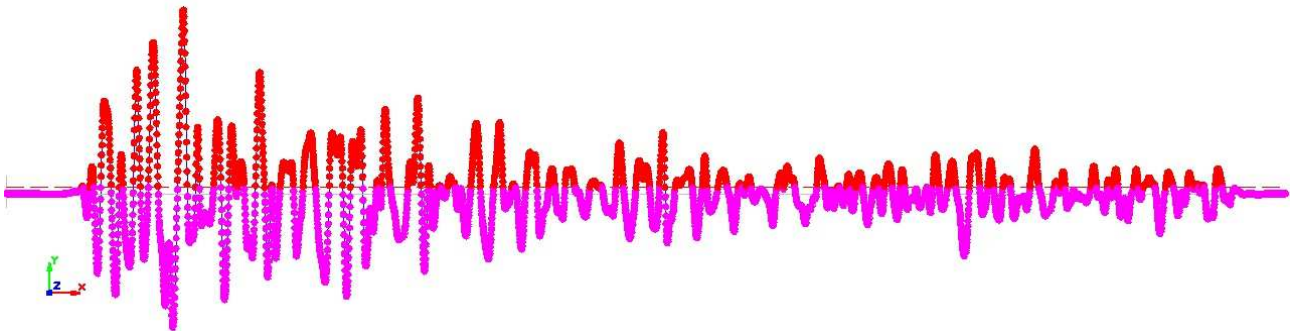
FIG. 69 – SEZIONE ANALIZZATA CON SUDDIVISIONE IN CONCI DEL CORPO DELLA FRANA DEI PILONI

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

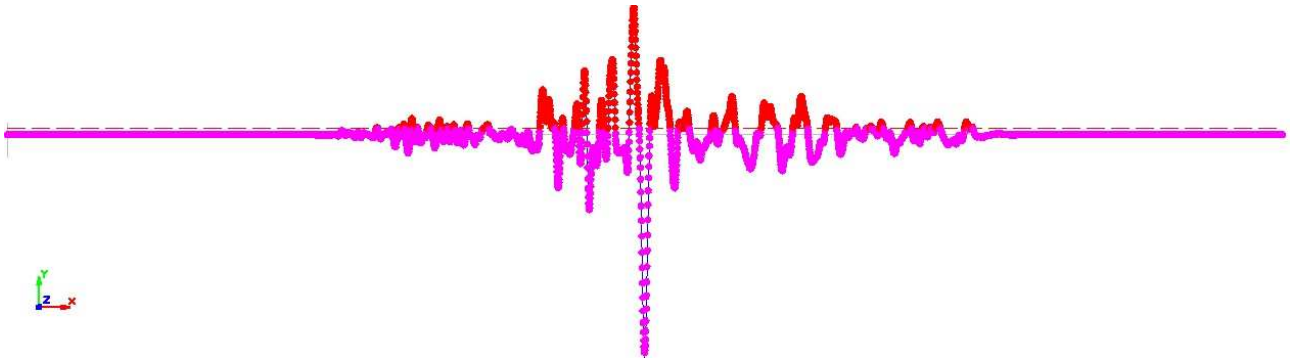
Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Borgo Val di Taro (PR)

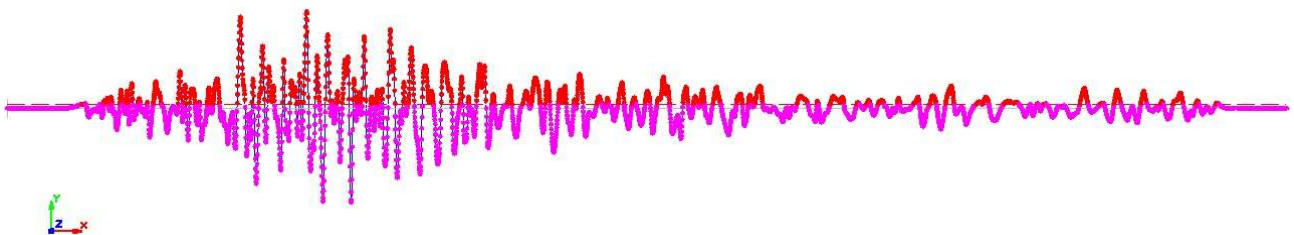
Sisma M1 da Regione Emilia-Romagna



Sisma M2 da Regione Emilia-Romagna



Sisma M3 da Regione Emilia-Romagna



5.3. Carte di microzonazione sismica

Gli elaborati conclusivi del presente studio sono rappresentati dalle Carte di microzonazione sismica, anch'esse redatte alla scala 1:5.000, nelle quali sono raffigurate le amplificazioni sismiche stimate, le zone di attenzione e quelle suscettibili di instabilità, presenti all'interno degli ambiti di studio.

L'amplificazione è stata calcolata in termini di rapporto di accelerazione massima orizzontale ($PGA/PGA0$) sia di rapporto di Intensità di *Housner* ($SI/SI0$) per prefissati intervalli di periodi.

In corrispondenza delle microzone **substrato fratturato e alterato, Zona 13 e Zona 17** individuate nelle *MOPS*, sulla base dei risultati ottenuti nel corso dell'esecuzione di indagini geognostiche, sismiche e di laboratorio, sono stati eseguiti approfondimenti di III° Livello che hanno permesso il calcolo dei suddetti fattori di amplificazione.

Allo stesso modo, alle zone suscettibili d'instabilità di versante identificate con le **Zone 18, 21, 22 e 23**, sono stati attribuiti i fattori di amplificazione desunti con l'analisi approfondita di terzo livello descritta nel paragrafo **5.1**, inserendo all'interno del database i vari spettri rappresentativi, in accelerazione e in velocità. Sempre all'interno di tali aree, oltre ai fattori di amplificazione è stato inoltre indicato lo spostamento massimo atteso (*FRT*) stimato come illustrato nel paragrafo **5.2**.

Nelle zone stabili suscettibili di amplificazioni locali in cui non sono stati effettuati gli approfondimenti di III° Livello, comprese le aree oggetto dei precedenti studi di I° e II° Livello, la stima dell'amplificazione stratigrafica è stata effettuata tramite procedure semplificate (utilizzo di abachi definiti dalla *DGR 2193/2015*).

Nel dettaglio, in relazione alle caratteristiche stratigrafiche riscontrate nel sottosuolo degli ambiti di studio, sono state impiegate unicamente le seguenti tabelle, contenute nell'*Allegato 2* degli indirizzi regionali:

- Tabelle riportate in **Tab. 14**, rappresentative di un profilo stratigrafico di tipo APPENNINO costituito da depositi di copertura, con spessori fino a 50 metri, sovrastanti il substrato marino non rigido (depositi marini caratterizzati da $V_s < 800\text{m/s}$).

	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	2.3	2.0	1.6	1.5	1.4	1.3	1.3	1.2	1.2	
10	2.3	2.2	2.0	1.8	1.6	1.4	1.3	1.3	1.2	
15	2.2	2.2	2.1	2.0	1.8	1.6	1.4	1.3	1.2	
20	2.1	2.1	2.1	2.0	1.9	1.7	1.5	1.4	1.2	
25	2.1	2.1	2.1	2.0	1.9	1.8	1.6	1.4	1.3	
30		2.1	2.1	2.0	1.9	1.8	1.6	1.4	1.3	
35		2.1	2.1	2.0	1.9	1.8	1.6	1.5	1.4	1.2
40		2.0	2.0	2.0	1.9	1.8	1.6	1.5	1.4	1.2
50		1.9	1.9	1.9	1.9	1.8	1.6	1.5	1.4	1.2

Tabella 4: Substrato marino caratterizzato da $V_s < 800\text{m/s}$. Fattori di Amplificazione **PGA**. Colonna 1 $H(m)$, riga 1 $V_{sH}(m/s)$

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Borgo Val di Taro (PR)

	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	2.1	1.7	1.5	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3	1.3	
10	2.6	2.3	1.9	1.6	1.5	1.4	1.3	1.3	1.3	
15	2.7	2.6	2.3	1.9	1.6	1.5	1.4	1.3	1.3	
20	2.6	2.6	2.4	2.1	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3	
25	2.6	2.6	2.5	2.3	2.0	1.7	1.6	1.4	1.3	
30		2.4	2.4	2.3	2.1	1.8	1.6	1.5	1.3	
35		2.4	2.4	2.3	2.2	1.9	1.7	1.5	1.4	1.2
40		2.2	2.2	2.2	2.2	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2
50		2.1	2.1	2.1	2.1	2.0	1.8	1.6	1.5	1.3

Tabella 5: Substrato marino caratterizzato da $V_s < 800m/s$. Fattori di Amplificazione **SI1** ($0.1s \leq T_0 \leq 0.5s$). Colonna 1 $H(m)$, riga 1 $V_{sH}(m/s)$

	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	
10	1.8	1.6	1.4	1.4	1.3	1.4	1.3	1.3	1.3	
15	2.3	1.9	1.6	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3	
20	2.9	2.6	1.9	1.6	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	
25	3.6	3.0	2.3	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	
30		3.3	2.7	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.3	
35		3.5	3.0	2.2	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3	1.1
40		3.5	3.2	2.6	2.0	1.8	1.6	1.5	1.4	1.2
50		3.3	3.3	3.0	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5	1.3

Tabella 6: Substrato marino caratterizzato da $V_s < 800m/s$. Fattori di Amplificazione **SI2** ($0.5s \leq T_0 \leq 1.0s$). Colonna 1 $H(m)$, riga 1 $V_{sH}(m/s)$

TAB. 14 – TABELLE UTILIZZATE PER LA STIMA DI F.A. PER APPENNINO CARATTERIZZATO DA DEPOSITI DI COPERTURA, CON SPESSORI FINO A 50 METRI, SOVRASTANTI IL SUBSTRATO MARINO NON RIGIDO (DEPOSITI MARINI CARATTERIZZATI DA $V_s < 800m/s$)

Nella determinazione dei fattori di amplificazione attraverso procedure semplificate, si sono considerati i valori delle Velocità V_{sH} contenute in **Tab. 6** e gli spessori H di copertura caratteristici di ciascuna MOPS. Nella tabella rappresentata di seguito vengono riportati sia i fattori di amplificazione desunti dagli abachi regionali, che quelli ottenuti con approfondimenti di III° Livello secondo le procedure descritte nel paragrafo **5.1**.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Borgo Val di Taro (PR)

Zona	Livello di approfondimento	F.A. P.G.A.	F.A. Is ($0.1s < T0 < 0.5s$)	F.A. Is ($0.5s < T0 < 1.0s$)
Zona con substrato fratturato o alterato	3	1.38	1.61	1.27
2001	2	1.6	1.6	1.4
2002	2	1.6	1.6	1.4
2003	2	1.6	1.5	1.4
2004	2	1.6	1.5	1.4
2005	2	1.6	1.5	1.4
2006	2	1.6	1.5	1.4
2007	2	2	2.1	1.6
2008	2	1.6	1.5	1.4
2009	2	2	1.7	1.4
2010	2	1.4	1.4	1.4
2011	2	1.9	1.8	1.4
2012	2	1.7	1.6	1.4
2013	3	1.45	1.58	1.25
2014	2	2.2	2.3	1.6
2015	2	2.2	2.3	1.6
2016	2	1.6	1.5	1.4
2017	3	1.33	1.56	1.35
2018	3	1.44	1.67	1.67
2019	2	2	1.7	1.4
2020	2	1.6	1.5	1.4
2021	3	1.46	1.66	1.31
2022	3	1.47	1.68	1.66
2023	3	1.63	1.95	1.66

TAB. 15 – VALORI DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA

I fattori di amplificazione calcolati, come sopra descritto sono stati rappresentati nelle relative carte, effettuando gli accorpamenti indicati dagli SRAI e riportati nella **Fig. 70**.

Nelle stesse carte sono state raffigurate anche le zone di attenzione, rappresentate da un retino con righe oblique di colore nero sovrapposto a un colore di fondo derivante dal fattore di amplificazione calcolato con gli abachi; inoltre nelle aree sulle quali sono stati effettuati approfondimenti di III° Livello (zone suscettibili di instabilità di versante) sono stati indicati il parametro che quantifica tali fenomeni: ovvero, il massimo movimento (FRT, in centimetri). Questo è stato assunto, cautelativamente, uguale al massimo tra i valori calcolati come descritto nel paragrafo **5.2.2**. Considerato lo spostamento massimo calcolato nelle diverse verifiche, di entità sempre minore ai 15, in legenda è stato indicato un retino trasparente con triangoli pieni posto al di sopra a un colore di fondo dato dal fattore di amplificazione determinato con Risposta Sismica Locale.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Borgo Val di Taro (PR)

Infine, nelle zone suscettibili d'instabilità non interessate nel presente studio da approfondimenti di II° e III° Livello, non è stato calcolato alcun fattore di amplificazione, mantenendo la rappresentazione grafica stabilita dagli *standard versione 2.0*.











Parametro di amplificazione ²⁹	Simbolo
1.1 - 1.2	
1.3 - 1.4	
1.5 - 1.6	
1.7 - 1.8	
1.9 - 2.0	
2.1 - 2.2	
2.3 - 2.4	
2.5 - 3.0	
3.1 - 3.5	
>3.5	

FIG. 70 – LEGENDA ADOTTATA PER L'ACCORPAMENTO DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE NELLE ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI

6. BIBLIOGRAFIA

- *PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO PROVINCIALE (PTCP) DELLA PROVINCIA DI PARMA - VARIANTE DI ADEGUAMENTO ALLA NORMATIVA SISMICA REGIONALE (L.R. n.19/2008 "Norme per la Riduzione dei Rischio Sismico"). Variante approvata dal Consiglio Provinciale con delibera n.23 del 17.04.2013.*
- *PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO PROVINCIALE (PTCP) DELLA PROVINCIA DI PARMA - VARIANTE SPECIFICA - AGGIORNAMENTO DELLA CARTA DEL DISSESTO (ai sensi dell'art.27bis della L.R. 20/2000 e s.m.i.). Variante approvata dal Consiglio Provinciale con delibera n. 41 del 25.07.2016*
- *MICROZONAZIONE SISMICA, UNO STRUMENTO CONSOLIDATO PER LA RIDUZIONE DEL RISCHIO. L'esperienza della Regione Emilia-Romagna (2012) – Regione Emilia-Romagna, Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli*
- *STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA (I° E II° LIVELLO DI APPROFONDIMENTO) DEL COMUNE DI BORGIO VAL DI TARO (Dott. Geol. Domenico Bianco, 2013).*
- *Ingegneria sismica - Anno XXVIII - n. 2 - 2011 "INDIRIZZI DI MICROZONAZIONE SISMICA"*
- *Locati M., Camassi, R. e Stucchi M. (2011) BDMI11, LA VERSIONE 2011 DEL DATABASE MICROSISMICO ITALIANO. Milano,Bologna, <http://Emidius.mi.ingv.it/DBMI11>*
- *Albarello D., Castellaro S. (2011) - TECNICHE SISMICHE PASSIVE: INDAGINI A STAZIONE SINGOLA, Ingegneria Sismica Anno XXVIII - n. 2 – 2011, Appendice I e II, pp 50-62*
- *Marcellini A., Martelli L, Tenta A., Daminelli R. - L'AMPLIFICAZIONE SISMICA NEGLI "INDIRIZZI PER GLI STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA IN EMILIA-ROMAGNA PER LA PIANIFICAZIONE TERRITORIALE E URBANISTICA" (2009)*
- *Gruppo di lavoro MS, 2008. "INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA". Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome - Dipartimento della Protezione Civile, Roma, 3 vol. e Dvd.*

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Borgo Val di Taro (PR)

- *Meletti C. e Valensise G., (2004). ZONAZIONE SISMOGENETICA ZS9-APP. 2 AL RAPPORTO CONCLUSIVO. In: "Gruppo di Lavoro MPS (2004).Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCm 3274 del 20 marzo 2003 ". Rapporto per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004*
- **CARTA GEOLOGICA DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA – PROGETTO CARG (Servizio Geologico Sismico e dei Suoli – Regione Emilia Romagna)**

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Studio di Microzonazione sismica (III° Livello di approfondimento)

Comune di Borgo Val di Taro (PR)

7. ALLEGATI

Nel corso dello studio sono stati redatti i seguenti elaborati grafici:

Elaborato 1	Carta delle indagini	scala 1:5.000
Elaborato 2	Carta geologico - tecnica per la microzonazione sismica	scala 1:5.000
Elaborato 3	Carta delle frequenze	scala 1:5.000
Elaborato 4	Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica	scala 1:5.000
Elaborato 5	Carta delle velocità delle onde di taglio S (Vs)	scala 1:5.000
Elaborato 6.a	Carta delle microzonazione sismica FA_{PGA}	scala 1:5.000
Elaborato 6.b	Carta delle microzonazione sismica $FA_{ s _{0,1s < T_0 < 0,5 s}}$	scala 1:5.000
Elaborato 6.c	Carta delle microzonazione sismica $FA_{ s _{0,5s < T_0 < 1,0 s}}$	scala 1:5.000
Elaborato 7	Sondaggi a carotaggio continuo	
Elaborato 8	Analisi di laboratorio	
Elaborato 9	Prove sismiche	

Borgo Val di Taro, 26/03/2019

Il tecnico incaricato

Dott. Geol. Domenico Bianco