



PROTEZIONE CIVILE  
Presidenza del Consiglio dei Ministri  
Dipartimento della Protezione Civile



CONFERENZA DELLE REGIONI E  
DELLE PROVINCE AUTONOME

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

# MICROZONAZIONE SISMICA

## Relazione illustrativa

### 3° Livello

Regione Emilia – Romagna  
Comune di Salsomaggiore Terme



Regione: Emilia Romagna	Soggetto realizzatore: Dott. Geol. Gabriele Oppo Dott. Geol. Sergio Lasagna	Data: Settembre 2022
----------------------------	---	-------------------------



**Microzonazione sismica di III° Livello**  
*Comune di Salsomaggiore Terme (PR)*

---

**INDICE**

<b>1. INTRODUZIONE.....</b>	<b>5</b>
<b>2. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>9</b>
2.1 Inquadramento sismogenetico	9
2.2 Storia sismica dell'area	13
2.5 Spettro di risposta rappresentativo	16
2.6 Inquadramento tettonico	17
<b>3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA .....</b>	<b>20</b>
3.1 Geologia	20
3.2 Domini Paleogeografici	21
3.3 Geologia dell'area di studio	24
<b>4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI .....</b>	<b>24</b>
<b>5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO .....</b>	<b>28</b>
4.1 Modello Geologico	28
5.1 Modello Geotecnico	36
<b>6. APPROFONDIMENTI DI TERZO LIVELLO .....</b>	<b>38</b>
6.1 Dati di input per l'analisi di Risposta Sismica Locale (RSL)	38
6.2 Modello stratigrafico e parametrizzazione sismica	41
6.3 Risultati ottenuti dalla modellizzazione	44
6.3.1 RSL1 - Salsomaggiore Terme - Via Fosse Ardeatine / Via Patrioti - Coltre di alterazione su FGH	45
6.3.2 RSL2 - Salsomaggiore Terme - Via Fosse Ardeatine / Via Patrioti - Alluvione su FGH	50
6.3.3 RSL3 - Salsomaggiore Terme - "Via Fosse Ardeatine / Via Patrioti → a3 su FGH"	55
6.3.4 RSL4 - Bagni di Tabiano - "Area Campo Sportivo → Alluvioni su FAA"	60
6.3.5 RSL5 - Bagni di Tabiano → "Coltre di alterazione su FAA"	65
<b>7. ELABORATI CARTOGRAFICI .....</b>	<b>71</b>
7.1 Carta delle indagini	71
7.2 Carta delle frequenze naturali dei terreni	73
7.3 Carta delle velocità delle onde di taglio S (Vs)	75
7.4 Carta Geologico Tecnica.	77

## Microzonazione sismica di III° Livello

*Comune di Salsomaggiore Terme (PR)*

---

7.5	Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS)	80
7.6	Carta dei Fattori di Amplificazione F.A.	84
<b>8.</b>	<b>CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DANNI E DEGLI EVENTI ATTESI.....</b>	<b>93</b>
<b>9.</b>	<b>CONSIDERAZIONE FINALI E FUTURE MIGLIORIE .....</b>	<b>95</b>
<b>10.</b>	<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>97</b>
<b>11.</b>	<b>ALLEGATI .....</b>	<b>98</b>

# Microzonazione sismica di III° Livello

Comune di Salsomaggiore Terme (PR)

---

## 1. INTRODUZIONE

---

Il presente lavoro, redatto su incarico del **Comune di Salsomaggiore Terme** (Provincia di Parma) con Determinazione Dirigenziale n° 701/2015 del 15 Dicembre 2015 (in seguito all'erogazione dei contributi, di cui all'*Ordinanza del Capo Dipartimento della Protezione Civile n° 171/2014* a favore degli enti locali), riguarda la definizione della "**Microzonazione Sismica di Livello 3**" di alcuni ambiti territoriali del suddetto comune, secondo quanto indicato preventivamente nel Bando di assegnazione dell'incarico.

Lo studio ha comportato l'acquisizione di dati pregressi, a cui è seguita una nuova campagna di indagini di varia natura, con lo scopo di definire con maggior dettaglio il modello geologico in sito.

Sempre a corredo dello studio è stata predisposta un'analisi della *Condizione Limite per l'Emergenza (CLE)*, come riferito dall'*art. 18* dell'*Ordinanza* suddetta, che costituisce uno strumento fondamentale a sostegno del *Piano di Protezione Civile (PPC)* comunale, per far fronte nel miglior modo possibile alle emergenze generate dagli eventi sismici più distruttivi.

I documenti tecnici sono stati redatti 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" ("ICMS") approvati in data 13 novembre 2008 dalla Conferenza delle Regioni e Province Autonome.*
- *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."*
- *Allegato C "Criteri per la realizzazione degli studi di microzonazione sismica, di cui all'Ordinanza del Capo Dipartimento della Protezione Civile n° 52/2013 e Decreto del Capo Dipartimento della Protezione Civile del 15 aprile 2013" della deliberazione di Giunta Regionale n° 1919 del 16/12/2013 "Approvazione dei criteri per gli studi di microzonazione sismica ed assegnazione dei contributi di cui all'Ordinanza del Capo Dipartimento della Protezione Civile n° 52/2013 a favore degli Enti Locali".*
- *Allegato D "Indicazioni per l'archiviazione informatica, rappresentazione e fornitura dei dati degli studi di microzonazione sismica e dell'analisi della condizione limite per l'emergenza, di cui all'ordinanza del Capo Dipartimento della Protezione Civile n° 52/2013 e decreto del 15 aprile 2013 del Capo del Dipartimento della Protezione Civile" della deliberazione di Giunta regionale n° 1919 del 16/12/2013*

## Microzonazione sismica di III° Livello

Comune di Salsomaggiore Terme (PR)

---

*“Approvazione dei criteri per gli studi di microzonazione sismica ed assegnazione dei contributi di cui all’Ordinanza del Capo Dipartimento della Protezione Civile n° 52/2013 a favore degli Enti Locali”.*

- *“Microzonazione sismica - Standard di rappresentazione e archiviazione informatica” (“SRAI”)- Versione 4.0, Roma, ottobre 2015 - Elaborato e approvato nell’ambito dei lavori della Commissione tecnica per la microzonazione sismica, nominata con DPCM 21 aprile 2011.*
- *Aggiornamento dell’atto di coordinamento tecnico denominato “Indirizzi per gli studi di Microzonazione Sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica”, secondo quanto approvato nella Delibera di Giunta Regionale n. 2193 del 21 dicembre 2015.*

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).*

Per *“Microzonazione Sismica”* si intende la valutazione della pericolosità sismica locale attraverso l’individuazione di zone del territorio caratterizzate da comportamento sismico omogeneo, ovvero nella localizzazione 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, in una fase successiva, per fornire indicazioni supplementari ai tecnici progettisti di nuove opere.

Il lavoro è stato condotto in accordo con il Dirigente del *“Servizio al territorio”* del Comune di Salsomaggiore Terme, l’Ing. Rossano Varazzani, coadiuvato dalla Responsabile del *“Servizio Urbanistica ed Edilizia Privata”* il Dott. Arch. Maria Grazia Chiusa.

Le aree di studio specifico sono state indicate preventivamente dall’Amministrazione Comunale e per ciascuna di esse si riportano le motivazioni che hanno indirizzato la scelta:

- **SALSOMAGGIORE TERME**

➤ **Via Fosse Ardeatine / Via Patrioti;**

---

Dott. Geol. Gabriele Oppo, Vicolo San Clemente ,1 - 43043 Borgo val di Taro (PR). email: gabrieleoppo.geo@libero.it  
Dott. Geol. Sergio Lasagna Via Carso 59/1, - 42021 Bibbiano (RE). email: sergiolasagna@alice.it

## Microzonazione sismica di III° Livello

Comune di Salsomaggiore Terme (PR)

---

Zona densamente abitata che, sulla base dei precedenti studi di Microzonazione Sismica di Livello 1 e 2, mostrava valori di amplificazione del moto sismico particolarmente elevati ( $\geq 2,5$ ). Le indagini sono state concentrate in corrispondenza della "Scuola Materna Marzaroli", Via Patrioti n°22, dal momento che rappresentava un edificio sensibile di proprietà comunale.

### - BAGNI DI TABIANO

- Area "Campo sportivo" / Viale Fidenza;
- "Centro turistico sportivo" / Via Tabiano.

Le due zone individuate a Bagni di Tabiano sono state scelte in virtù del fatto che vanno a localizzarsi in corrispondenza della principale infrastruttura viaria che permette il collegamento fra la rinomata località termale, dove si individuano numerose strutture alberghiere, e la città di Fidenza.

Anche in questo caso, sulla base dei precedenti studi di Microzonazione Sismica di Livello 1 e 2, si ipotizzavano valori di amplificazione del moto sismico particolarmente elevati ( $\geq 2,5$ ). Le indagini sono state effettuate su aree di proprietà comunale.

Nel corso dello studio sono stati redatti oltre alla presente relazione gli elaborati elencati in indice.

Essi sono stati predisposti in versione cartacea e su supporto digitale (formato *pdf*, con risoluzione 300 *dpi*).

I dati vettoriali sono forniti anche in formato vettoriale (*shapefile*). Per l'archiviazione dei dati e l'*editing* dei documenti sono stati seguiti gli standard di rappresentazione e archiviazione informatica dalla Commissione tecnica per la microzonazione sismica (*Versione 4.0, Roma, ottobre 2015*).

L'inserimento dei dati alfanumerici dei siti, delle indagini e dei parametri delle indagini è stato facilitato dall'utilizzo dell'apposito software: "SoftMS - versione 4.0.1".

Il Comune di Salsomaggiore Terme è attualmente dotato di P.S.C. e delle sue varie componenti, approvato con delibera C.C. n. 76 del 2.10.2003 e successive varianti. All'interno di tale strumento di pianificazione sono individuate e sviluppate scelte amministrative e urbanistiche, orientate al recupero e alla trasformazione di aree già urbanizzate, al completamento delle aree esistenti, cercando di limitare al minimo il consumo di suolo. La realizzazione del presente studio consentirà di raccogliere nuovi elementi necessari ad una maggior definizione del "quadro conoscitivo", andando a costituire un supporto efficace nella scelta degli ambiti di trasformazione previsti nelle parti progettuali del P.S.C..

Nel dettaglio, gli obiettivi del lavoro possono essere così riassunti:

- a) *Analisi dettagliata dei precedenti studi di Microzonazione Sismica effettuati sull'intero territorio comunale (Livello I e Livello II).*
- b) *Definizione del modello geologico di sottosuolo emerso della nuova campagna di indagini svolta nelle aree di interesse.*

## Microzonazione sismica di III° Livello

Comune di Salsomaggiore Terme (PR)

---

c) *Analisi della risposta sismica locale (RSL) sulla base del modello geologico in sito e suddivisione dettagliata del territorio in base all'amplificazione attesa, definendo aree a maggiore e minore pericolosità sismica (F.A. pga; F.A. FH 0,1-0,5; F.A. FH 0,5-1,0);*

In via preliminare, è stato condotto un esame bibliografico a scala comunale, seguito da un'attenta analisi dei dati raccolti relativamente alla pericolosità sismica di base, definibile come quella probabilità che, in un certo intervallo di tempo, si verificano in una determinata zona, terremoti di intensità tale da provocare danni. A integrazione delle ricerche, sono stati svolti degli approfondimenti denominati di "disaggregazione" volti a stabilire le coppie di magnitudo-distanza predominanti che caratterizzano gli eventi sismici dell'area.

I sopralluoghi e i rilievi eseguiti in campagna, hanno permesso di ricostruire in maniera sufficientemente dettagliata, l'assetto geologico-morfologico degli areali in esame, evidenziando tutti quegli aspetti che possono influire sul moto sismico di base, oppure che possono dar luogo ad effetti indotti quali, instabilità dei versanti, cedimenti differenziali e/o liquefazione, aree di faglia ecc..

L'incrocio tra i dati geologici e geotecnici, unitamente ai dati raccolti con le prove di laboratorio sui campioni prelevati e alle nuove indagini geofisiche, ha consentito la riproduzione del modello sismico e stratigrafico del sottosuolo per ogni area di indagine.

Il calcolo dei fattori di amplificazione è stato ottenuto dal rapporto tra il picco d'accelerazione, determinato a piano campagna a partire da segnali sismici di riferimento naturali e amplificati sulla base dell'assetto sismo-stratigrafico dei depositi, e il picco d'accelerazione su terreno rigido di riferimento.

Quale base cartografica, si sono utilizzati gli stralci della *Carta Topografica Regionale* alla scala 1:5.000 (Elementi 181093, 180164, 180161, 181134, 181131, 180152, 180163, 180162, 181133, 181132, 198031, 198044, 198041, 199014, 199011, 198043, 198040, 199013), georeferenziati con il sistema di riferimento **WGS84-UTM 33N**, secondo quanto raccomandato dagli "Standard di rappresentazione e archiviazione informatica (Versione 4.0.b)".

## Microzonazione sismica di III° Livello

Comune di Salsomaggiore Terme (PR)

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

#### 2.1 Inquadramento sismogenetico

L'Appennino settentrionale sta subendo un raccorciamento parallelo alla catena a seguito del regime compressivo longitudinale indotto dal contesto geodinamico esistente (Fig. 2.1) (Mantovani et alii, 2009a,b,c; Viti et alii, 2011). Si assiste quindi ad un intenso fenomeno deformativo, dato da un insieme di processi tettonici responsabili dell'estrusione, il sollevamento e la deformazione interna di cunei, prevalentemente costituiti dalla copertura sedimentaria.

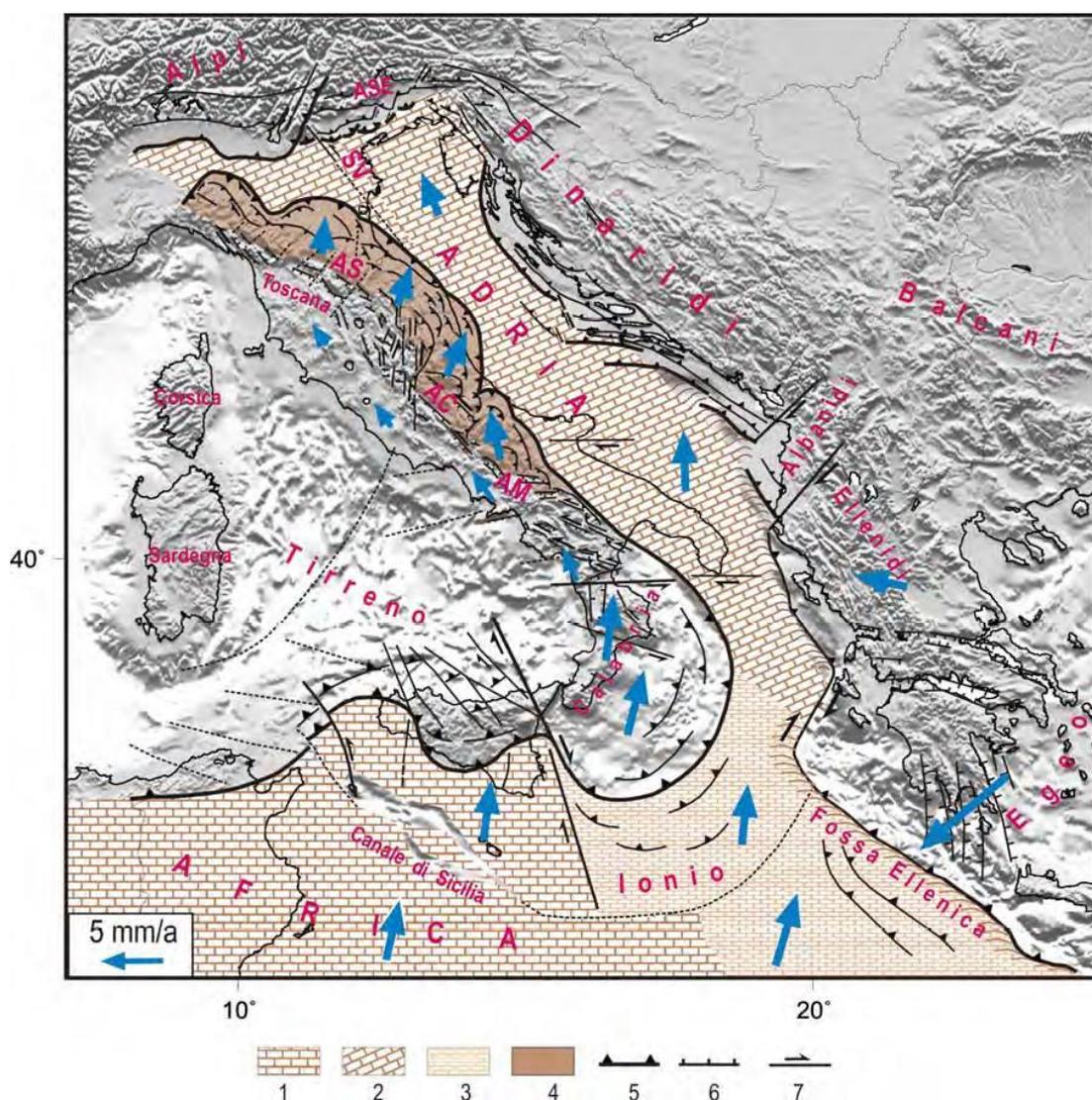


Fig. 2. 1 - Assetto tettonico e cinematica dei blocchi nel Mediterraneo centrale compatibili con il complesso delle deformazioni post-Pleistocene medio (Mantovani et alii, 2009a,b,c). 1-2) domini continentali africano e adriatico 3) dominio oceanico ionico 4) settore esterno della catena appenninica trasportato dalla placca adriatica 5,6,7) principali lineamenti tettonici compressionali, estensionali e trascorrenti. Le frecce blu indicano il quadro cinematica di lungo termine (post-Pleistocene medio) rispetto all'Eurasia. AM=Appennino Meridionale, AC=Appennino Centrale, AS=Appennino Settentrionale, ASE=Alpi Sudorientali, SV=Sistema di faglie Schio-Vicenza.

Dott. Geol. Gabriele Oppo, Vicolo San Clemente ,1 - 43043 Borgo val di Taro (PR). email: gabrieleoppo.geo@libero.it

Dott. Geol. Sergio Lasagna Via Carso 59/1, - 42021 Bibbiano (RE). email: sergiolasagna@alice.it

## Microzonazione sismica di III° Livello

*Comune di Salsomaggiore Terme (PR)*

---

Dal punto di vista tettonico, l'Appennino settentrionale può essere suddiviso in due parti: il cuneo Romagna-Marche-Umbria (RMU) e il cuneo Tosco-Emiliano (TE) (Fig. 2.2). In particolare, il cuneo Tosco-Emiliano, a seguito della spinta longitudinale del cuneo RMU, tende ad estrudere verso la Val Padana (Fig. 4.2). coinvolgendo prevalentemente la copertura sedimentaria disaccoppiatasi dal suo basamento crostale mediante una faglia a basso angolo (Liguride) immergente verso NE (Fig. 2.3) (e.g., Bernini e Papani, 2002, Argnani et alii, 2003).

Lo spostamento è però fortemente ostacolato dalla presenza nella zona frontale di strutture più profonde, fortemente radicate nel sistema crosta-mantello superiore (Monferrato-Langhe-Alpi Marittime, e.g., Costa, 2003; Mosca et alii, 2010) che si oppongono all'avanzamento del cuneo TE. Questo ha comportato la generazione di un sistema transpressivo in grado di trasferire lateralmente parte del raccorciamento imposto, a partire dalla zona di Compiano, dove sono evidenziate deformazioni transpressive (Bernini et alii, 1994), proseguendo molto probabilmente lungo la direttrice Bedonia-Varzi fino a raggiungere la zona sismotettonica Villalvernia-Varzi (Cattaneo et alii, 1986, Tomaselli et alii, 1992, Meisina e Piccio, 2003).

Deformazioni a carattere compressivo si registrano anche lungo il bordo esterno padano (e.g., Benedetti et alii, 2003; Boccaletti e Martelli, 2004; Pierdominici et alii, 2003; Bonini, 2007; Boncio e Bracone, 2009; Wilson et alii, 2009).

Al retro della catena appenninica si registra invece un processo estensionale, responsabile della formazione del sistema di fosse della Val Magra-Val di Vara e Garfagnana.

Il non allineamento fra le direzioni di spinta del cuneo RMU e la resistenza opposta dal sistema Monferrato-Langhe-Alpi Marittime può avere creato una deformazione interna al blocco Tosco-Emiliano in corrispondenza della zona di transizione tra pieghe ferraresi ed emiliane, con la generazione della discontinuità trasversale che si sviluppa nella zona dei fiumi Enza e Taro (Bernini e Papani, 1987; Vescovi, 1988; Boccaletti e Martelli, 2004).

L'Appennino nord occidentale (Fig. 2.4) è interessato da una sismicità moderata. Questa tende a localizzarsi in corrispondenza di zone di accavallamento al fronte del margine appenninico, seguendo una fascia ad andamento NW-SE che si estende con buona continuità dalla zona di Varzi sino a Borgo Val di Taro, per proseguire poi al retro della catena appenninica nella fossa tettonica della Lunigiana e nella Garfagnana.

Inoltre si evidenziano due settori posti trasversalmente alla catena, in corrispondenza della Val Taro e della Val Parma, in cui i sismi tendono a localizzarsi con direzione circa NE-SW, in corrispondenza della Val Taro e della Val Parma. Storicamente, l'attività sismica dell'area è già documentata a partire dall'XI secolo. Da citare il terremoto del 1438 fra Parma e Piacenza (intensità dell'VIII MCS, scala Mercalli-Cancani-Siedberg), di Stazzano (1541), di Borgo Val di Taro (1545), di Godiasco-Varzi (1828 e 1945), della area della Cisa (1834) e di Parma (1971).

Si ricorda inoltre il più recente terremoto di magnitudo ML 5.4, avvenuto alle ore 15:53:13 italiane del giorno 27 gennaio 2012, localizzato dalla Rete Sismica Nazionale dell'INGV nel distretto sismico: Frignano (PR).

## Microzonazione sismica di III° Livello

Comune di Salsomaggiore Terme (PR)

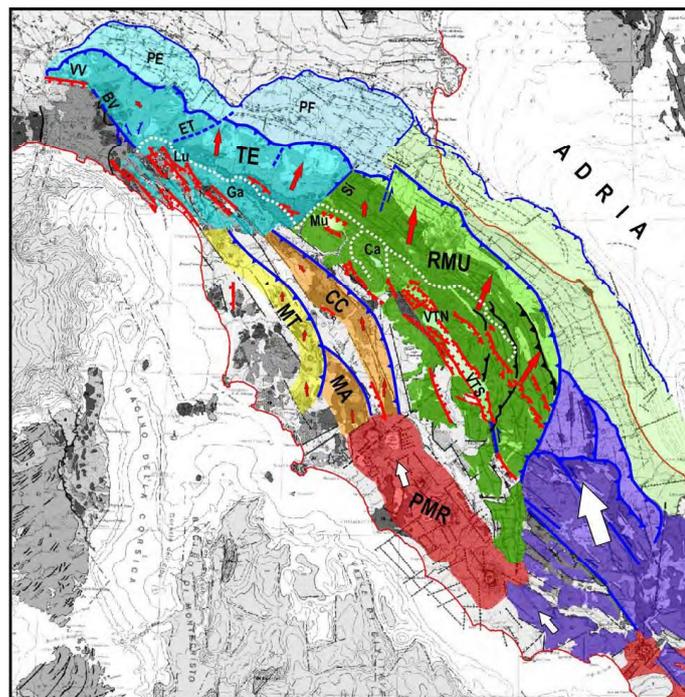


Fig. 2. 2 - Schema tettonico/cinematico dell'Appennino settentrionale. sono evidenziati in colore i due settori principali in cui l'Appennino settentrionale è suddiviso: cuneo Romagna-Marche -Umbria (RMU, verde) e cuneo Tosco-Emiliano (TE, azzurro). Il raccorciamento longitudinale di questo sistema strutturale orogenico è causato dalla spinta longitudinale (freccia grande bianca) della parte orientale della piattaforma Laziale-Abruzzese (viola), nell'ambito geodinamico a larga scala illustrato in figura 3.1. Chianti-Cetona=CC; Montalcino-Amiata=MA, Medio Toscana=MT, BV=zona sismica Bedonia-Varzi, Ca= Casentino, ET=sistema di faglie Enza-Taro, Ga=Garfagnana, Lu= Lunigiana, Mu=Fossa del Mugello, PE, PF =Complessi sepolti delle Pieghe Emiliane e Ferraresi, PMR=Provincia Magmatica Romana, Si=Linea del Sillaro, VTN, VTS= Val Tiberina Nord e Sud, VV= Zona sismica Villalvernia-Varzi.

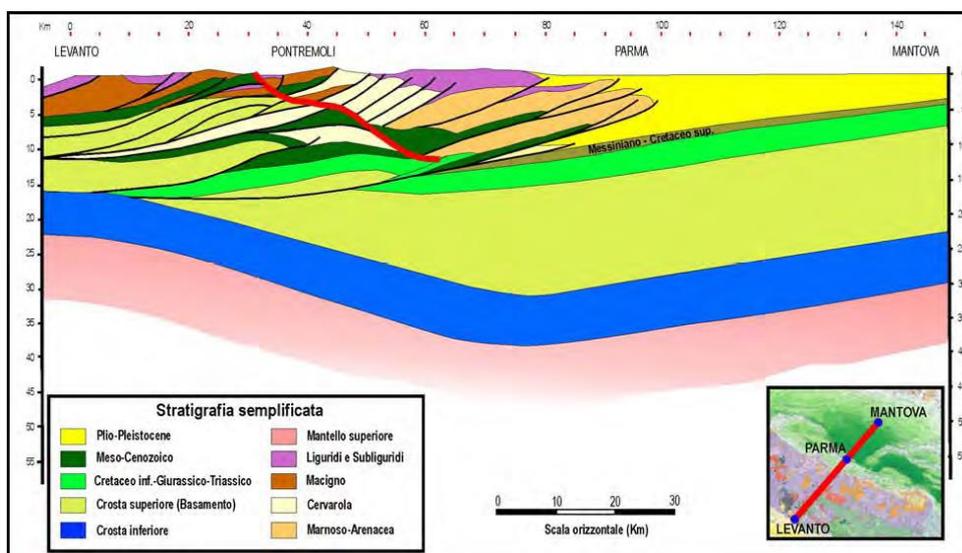


Fig. 2. 3 - Sezione sismogeologica attraverso l'Appennino tosco-emiliano lungo la direttrice Levanto-Parma- Mantova (da Finetti, Lectio Magistralis tenuta durante il convegno GNGTS 2010, Prato, semplificata). La linea rossa mette in evidenza la faglia a basso angolo (Liguride) che disaccoppia il cuneo TE dal suo basamento. La faglia si immerge verso NE in corrispondenza delle fosse Lunigiana-Garfagnana, tagliando tutte le strutture sedimentarie.

## Microzonazione sismica di III° Livello

Comune di Salsomaggiore Terme (PR)

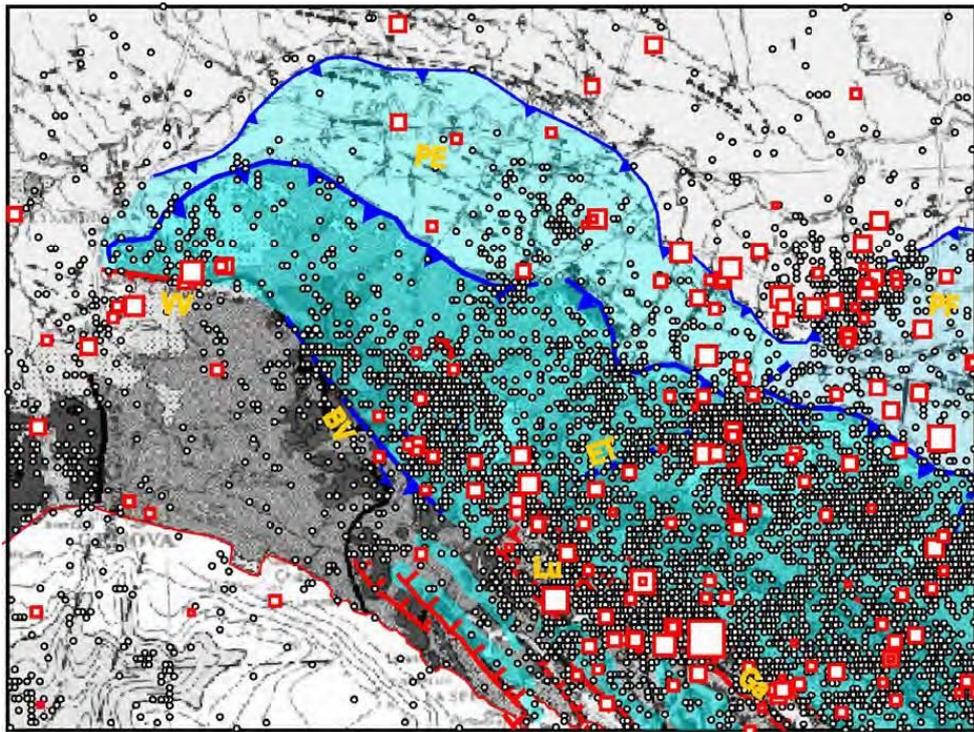


Fig. 2. 4 - Sismotettonica del bordo più occidentale del cuneo TE. La distribuzione dei terremoti (quadrati rossi per terremoti storici ( $M > 4$ ) e pallini bianchi per terremoti strumentali), indica una concentrazione di scosse nelle zone Bedonia-Varzi (BV) e Villalvernia-Varzi (VV). ET=sistema di faglie Enza-Taro, Ga=Garfagnana, Lu=Lunigiana, PE=Pieghe Emiliane, PF=Pieghe Ferraresi.

Allo scopo di associare la sismicità dell'area di studio con i meccanismi responsabili dell'innesco dei principali terremoti, si è fatto riferimento alla *Zonazione Sismogenetica ZS9* (a cura del gruppo di lavoro coordinato da C. Meletti e G. Valensise, 2004), che prevede la suddivisione del territorio nazionale in 36 zone, i cui limiti sono stati tracciati sulla base di informazioni tettoniche, geologico – strutturali e/o di differenti caratteristiche della sismicità (distribuzione spaziale, frequenza degli eventi, massima magnitudo rilasciata, ecc.).

Tale studio, che sostituisce la precedente zonazione *ZS4*, individua delle fasce contraddistinte da proprietà sismotettoniche omogenee (Cfr. **Fig.** ). Esso risulta importante nei confronti della pianificazione territoriale e, nello specifico, nelle valutazioni di pericolosità sismica. Come evidenziato in **Fig.** , all'interno di tale suddivisione il Comune di Salsomaggiore Terme ricade nel settore occidentale della “**Zona sismogenetica 913**”.

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

## Microzonazione sismica di III° Livello

Comune di Salsomaggiore Terme (PR)

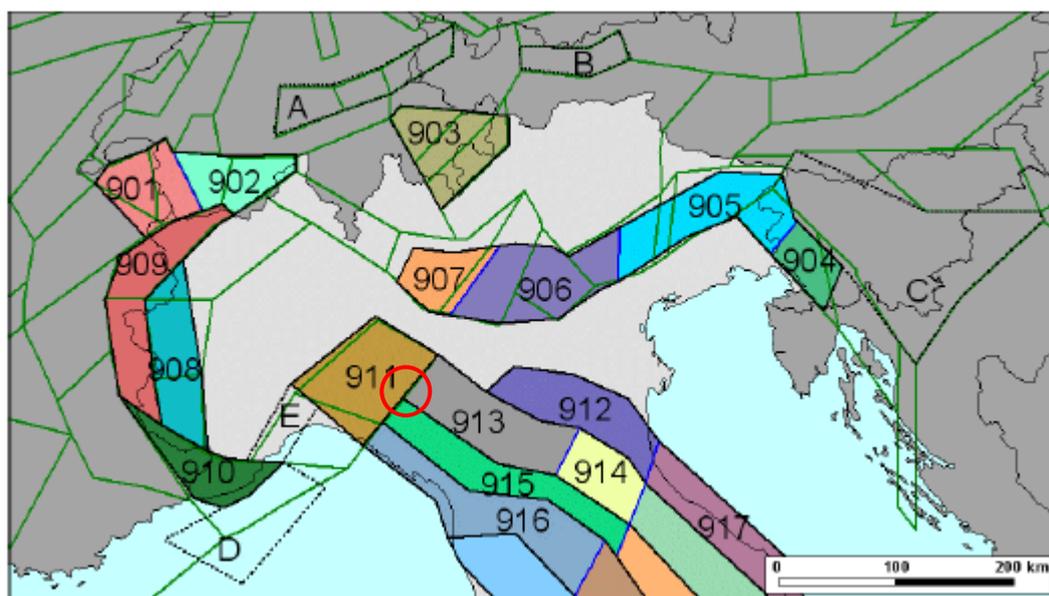


Fig. 2.5 – Zonazione sismogenetica ZS9 (2004)

La fascia sismogenetica di riferimento (913) delimitata a nord dal cosiddetto “Arco di Pavia” è interessata da faglie primarie e relative sorgenti sismogenetiche, che nel settore di interesse, immergono verso *NE*. Tali sorgenti hanno in genere espressioni superficiali che consentono la caratterizzazione e la quantificazione degli aspetti cinematici mediante tradizionali approcci geomorfologici e paleosismologici.

### 2.2 Storia sismica dell'area

La sismicità storica del Comune di **Salsomaggiore Terme** è stata estrapolata dal Database Macrosismico Italiano 2011 (DBMI11), redatto nell'ambito delle attività del *Tema Trasversale Coordinato INGV 5.1 "Banche dati e metodi macrosismici"*, in cui sono stati classificati e catalogati i dati d'intensità relativi a 1681 terremoti che fanno parte del “Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani” (CPTI11).

La sismicità del territorio comunale di Salsomaggiore Terme è riassunta graficamente nel diagramma di Fig. 2.8 a. Nella tabella a fianco sono elencate le osservazioni, aventi la 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 n.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 (corrispondente ad 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 (Fig. 2.6a). 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.

## Microzonazione sismica di III° Livello

Comune di Salsomaggiore Terme (PR)

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°.

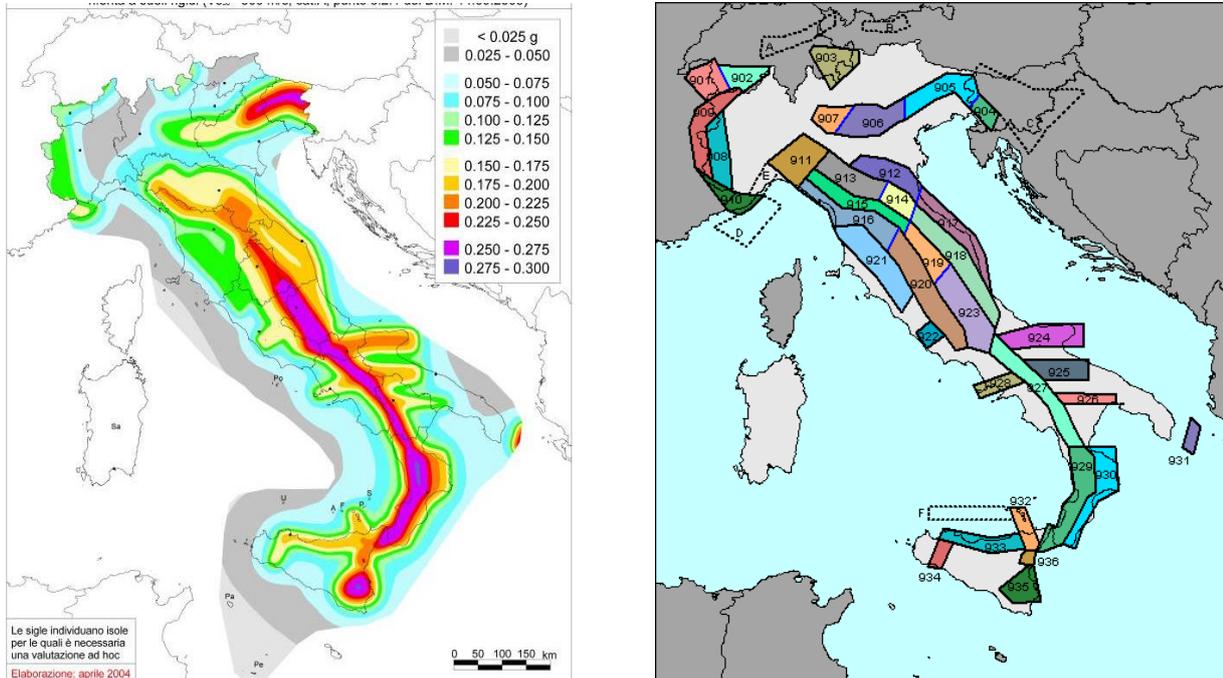


Fig. 2. 6 - a) Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale, espressa in termini di accelerazione massima del suolo ( $a_{max}$ ) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli molto rigidi ( $V_{s30} > 800$  m/s, Cat. A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005); b) Zonazione Sismogenetica ZS9 del territorio nazionale Fonte dati: INGV.

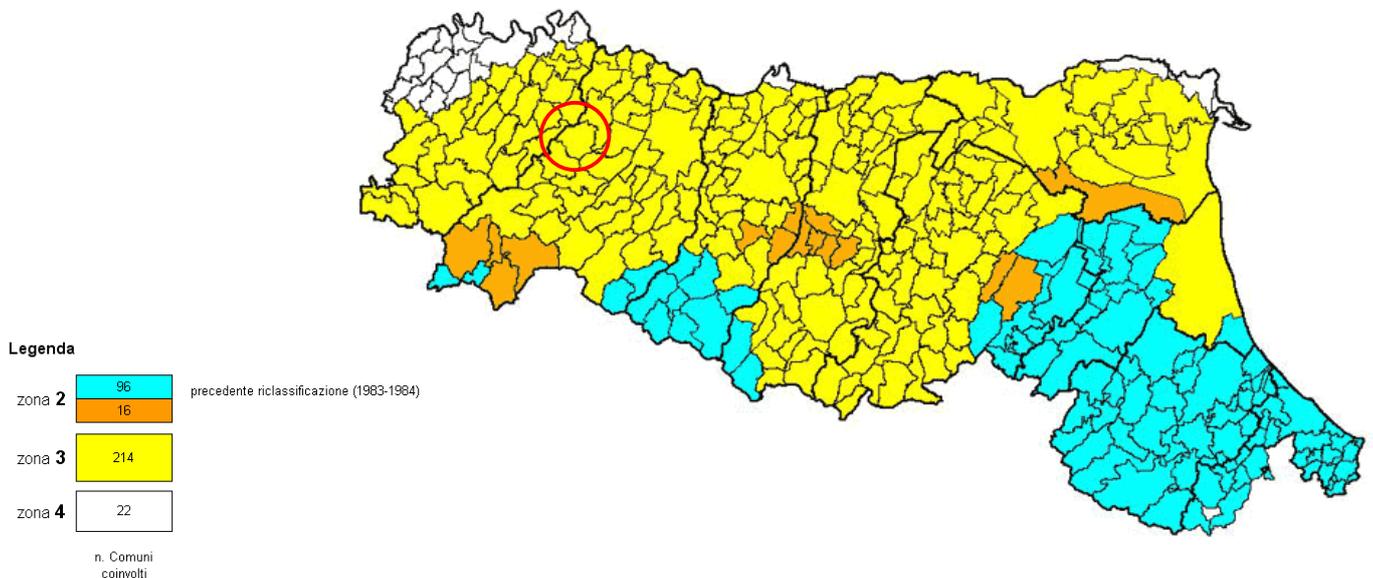


Fig. 2. 7 - Riclassificazione sismica dell'Emilia-Romagna a seguito dell'OPCM n° 3274/2003. Regione Emilia-Romagna – Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli. Il cerchio rosso individua il territorio comunale di Salsomaggiore Terme.

## Microzonazione sismica di III° Livello Comune di Salsomaggiore Terme (PR)

Storia sismica di Salsomaggiore Terme  
[44.816, 9.979]



Numero di eventi: 15

Effetti	In occasione del terremoto del:			
I [MCS]	Data	Ax	Mp	Io Mw
4	1909 01 13 00:45	BASSA PADANA	799	6-7 5.53 ±0.09
5	1914 10 27 09:22	Garfagnana	618	7 5.76 ±0.09
5-6	1920 09 07 05:55	Garfagnana	756	10 6.48 ±0.09
4	1929 04 19 04:15	Bolognese	82	
5	1929 04 20 01:09	Bolognese	109	7 5.34 ±0.13
4	1961 08 13 22:34	Parmense	22	5-6 4.47 ±0.35
5	1961 08 14 01:03	Parmense	14	
5	1971 07 15 01:33	Parmense	229	8 5.64 ±0.09
6	1983 11 09 16:29	Parmense	850	6-7 5.06 ±0.09
NF	1986 12 06 17:07	BONDENO	604	6 4.61 ±0.10
5-6	1991 10 31 09:31	Parmense	134	5 4.45 ±0.14
3	1995 10 10 06:54	LUNIGIANA	341	7 4.85 ±0.09
NF	2000 06 18 07:42	Parmense	300	5-6 4.43 ±0.09
NF	2002 11 13 10:48	Franciacorta	770	5-6 4.29 ±0.09
3	2005 04 18 10:59	Valle del Trebbia	286	5 3.98 ±0.09

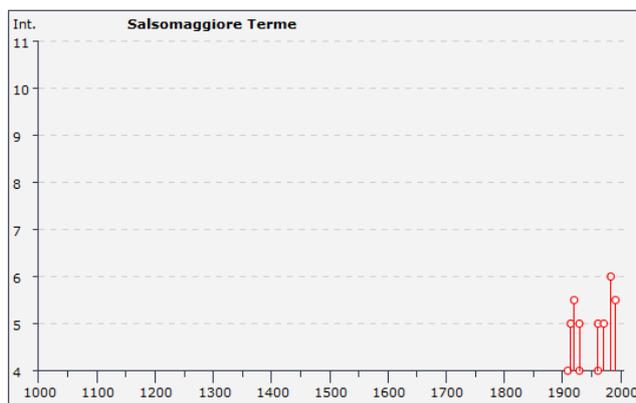


Fig. 2. 8 - a) Diagramma della storia sismica di Salsomaggiore Terme, limitatamente ai terremoti con intensità epicentrale uguale o superiore a 4-5; b) Elenco dei terremoti più forti risentiti nell'area di Parma tra il 1000 e il 2011. Fonte dati: INGV Database Macrosismico Italiano 2011 - <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11/>

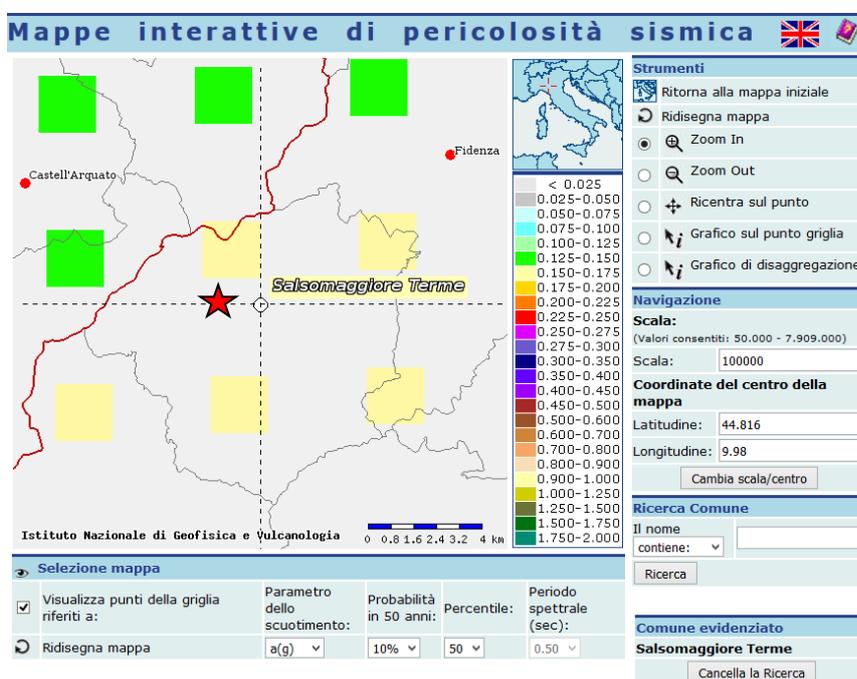


Fig. 2. 9 - Mappa di pericolosità sismica per il territorio del Comune di Salsomaggiore Terme espressa in termini di  $a(g)$  e probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni ( $TR = 475$  anni) (INGV); gli assi sono centrati sul sito di interesse.

Le mappe riportano due distinti parametri dello scuotimento:  $a(g)$  (accelerazione orizzontale massima del suolo) e  $Se(T)$  (Spettro di risposta Elastico in funzione del periodo  $T$ , in accelerazione). Si è quindi provveduto a visualizzare e consultare le mappe relative al Comune di Salsomaggiore Terme (Fig. 2.9).

Dalla carta si evince che il territorio del Comune di Salsomaggiore Terme ricade in un areale in cui si possono verificare terremoti caratterizzati da un'accelerazione massima del suolo ( $a_{max}$ ) pari a  $0.150 \div 0.175 g$ . Tali valori sono coerenti con quanto riportato nell'Allegato A4 della D.A.L. Regione Emilia-Romagna n° 112 del 2.5.2007, che

## Microzonazione sismica di III° Livello Comune di Salsomaggiore Terme (PR)

attribuisce al Comune di Salsomaggiore Terme 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) di **0.152 g**.

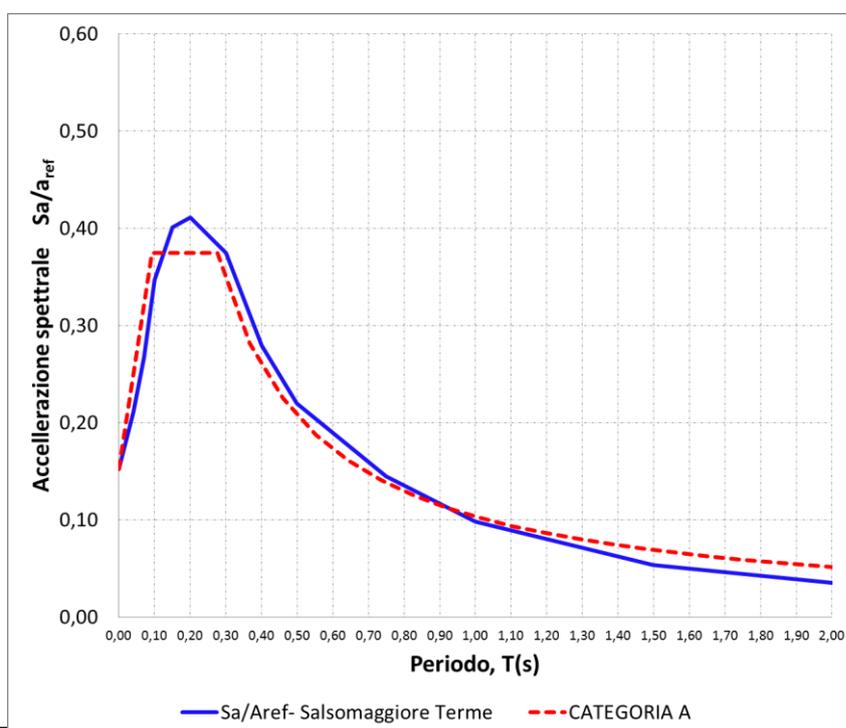
### 2.5 Spettro di risposta rappresentativo

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  $0,152 g$  nel caso del Comune di Salsomaggiore Terme.

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  $0,152 g$  per i valori  $S_e(g)/a_{ref}$  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. 2.10** 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  $0,30 s$ .



## Microzonazione sismica di III° Livello

Comune di Salsomaggiore Terme (PR)

---

Fig. 2.10 – 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 Salsomaggiore terme

### 2.6 Inquadramento tettonico

---

L'Appennino settentrionale è una catena a *thrusts* facente parte del sistema alpino, formatosi in gran parte a spese della placca Adriatica per l'interazione fra quelle Africana ed Euroasiatica. Si tratta di un edificio costituito da una pila di unità tettoniche riferibili a due principali domini: il *Dominio Ligure*, i cui sedimenti si sono depositi originariamente su crosta oceanica (*Liguridi s.l., Auctt.*) e il *Dominio Tosco-Umbro-Marchigiano*, rappresentato da successioni del margine continentale dell'Adria la cui evoluzione inizia a partire dal *Triassico*.

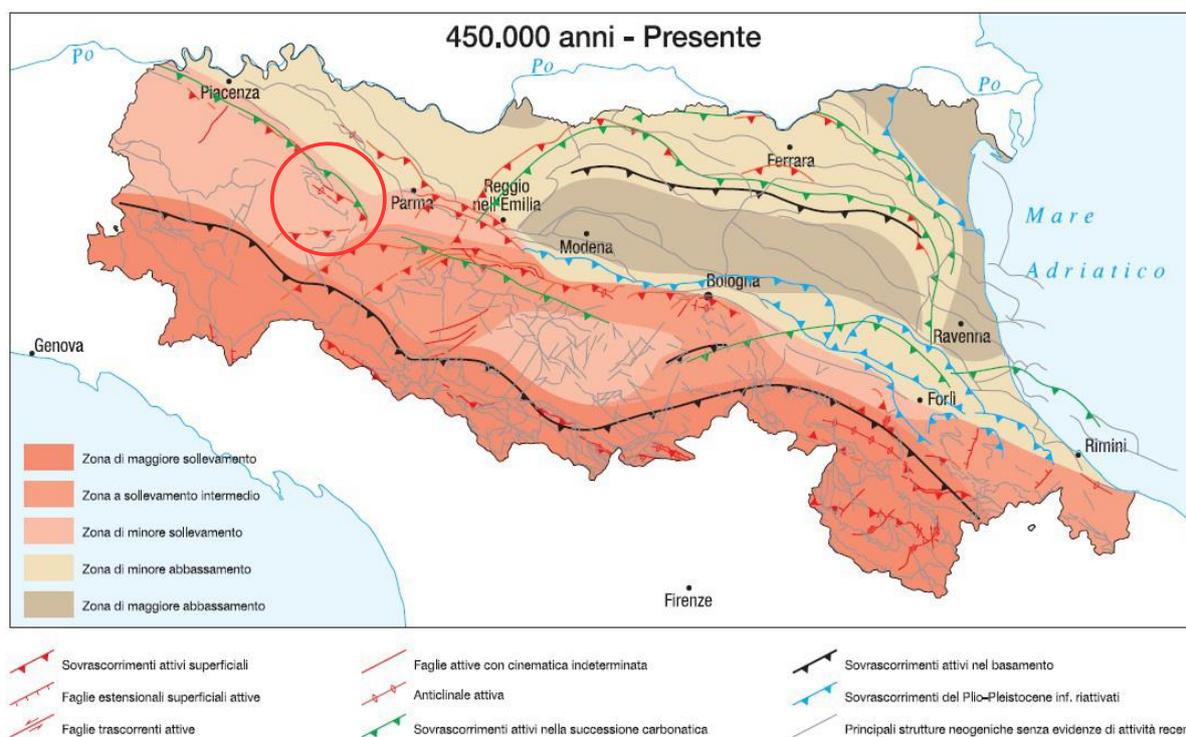
Le formazioni rocciose appartenenti al *Dominio Toscano*, sono localizzate essenzialmente lungo la zona di crinale, mentre le unità *Liguri* caratterizzano la fascia che si estende fino al di sotto dei depositi alluvionali della pianura. Il fronte appenninico è demarcato dalle strutture ad arco delle pieghe emiliane e ferraresi, posizionate quasi a ridosso del Fiume Po, dove si osserva il sovrascorrimento con direzione settentrionale sulla piattaforma padano-veneta. Oltre che al contatto tra unità tettoniche differenti, si possono rinvenire all'interno di ciascun dominio strutture attive, il cui studio risulta di vitale importanza per la definizione dei meccanismi di rottura che generano i terremoti.

Dall'analisi sull'attività neotettonica in Emilia-Romagna (Cfr. **Fig. 2.11**), emerge che le zone a maggiore sollevamento, con tassi  $>1$  mm/anno, sono individuabili nella parte alta della catena, nel settore a monte del principale raddoppio crostale, in ragione dell'elevato stato d'attività di questa struttura. L'area a sollevamento intermedio, con tassi mediamente  $\geq 1$  mm/anno, corrisponde al settore immediatamente retrostante la struttura superficiale del margine, che da Bologna si estende verso NW fino alla valle del Taro.

## Microzonazione sismica di III° Livello

### Comune di Salsomaggiore Terme (PR)

Le aree a minore sollevamento (<1 mm/anno) si collocano immediatamente a valle della struttura crostale. La sismicità legata alle strutture superficiali, con ipocentri mediamente ad una profondità inferiore a 15 km, risulta molto diffusa in catena e più localizzata in pianura, soprattutto in corrispondenza della dorsale ferrarese. I meccanismi focali calcolati risultano compressivi e trascorrenti indicando direzioni di compressione sia *NE-SW* che *NW-SE*. I meccanismi focali distensivi sono nettamente secondari. Risulta quindi che la cinematica delle principali strutture attive superficiali è di tipo transpressivo.



**Fig. 2.11 - Schema dell'attività neotettonica della Regione Emilia Romagna. Cerchiata in rosso l'area indicativamente coincidente con il Comune di Salsomaggiore Terme**

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

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

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

## Microzonazione sismica di III° Livello

Comune di Salsomaggiore Terme (PR)

In Fig.2.12 è riportata la distribuzione delle strutture attive rispettivamente della copertura, della crosta e del mantello con una zonazione delle aree che maggiormente risentono della loro attività. Per questa zonazione si è tenuto conto anche degli effetti superficiali quali le aree di maggiore sollevamento in catena e di minore abbassamento in pianura, come pure della distribuzione delle aree a maggiore frequenza di fenomeni franosi. Si osserva che il territorio del Comune di Salsomaggiore Terme, si trova in corrispondenza di un importante sistema di sovrascorrimenti, in un settore dove si individuano strutture neogeniche attive.

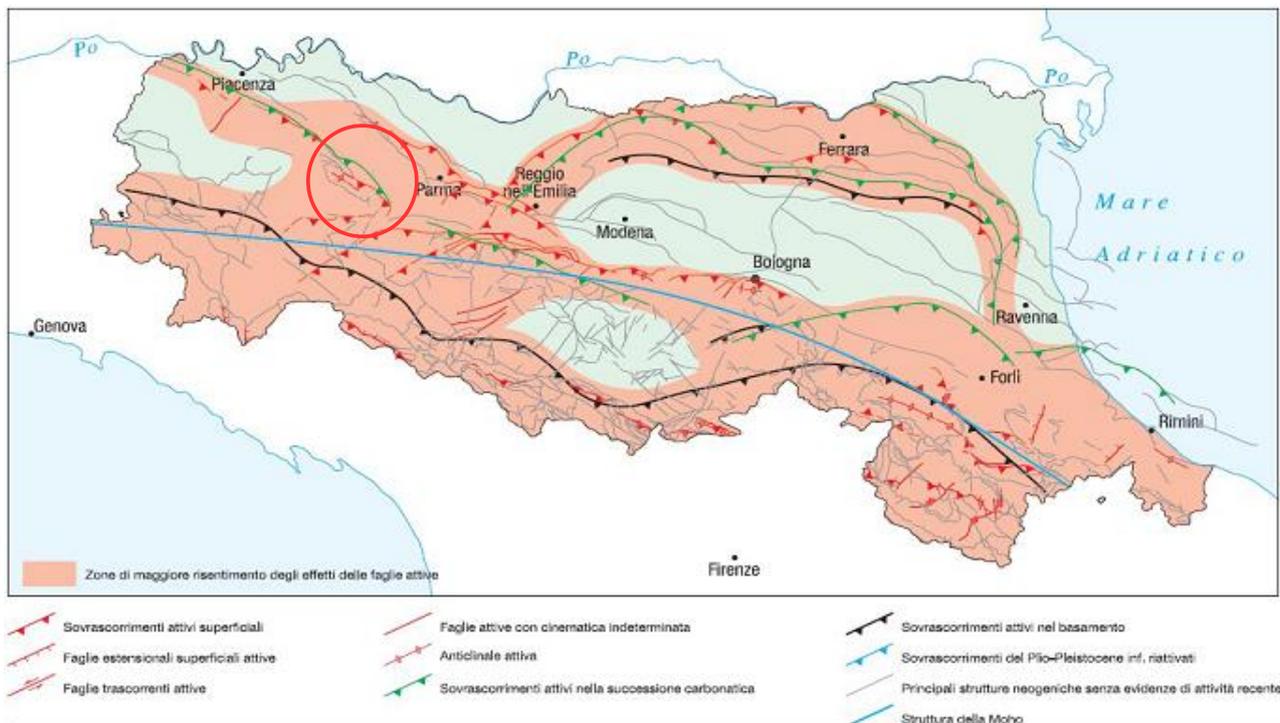


Fig. 2.12 – Carta della zonizzazione di maggiore risentimento degli effetti delle faglie attive della Regione Emilia Romagna. Cerchiata in rosso l'area indicativamente coincidente con il Comune di Salsomaggiore Terme

## Microzonazione sismica di III° Livello Comune di Salsomaggiore Terme (PR)

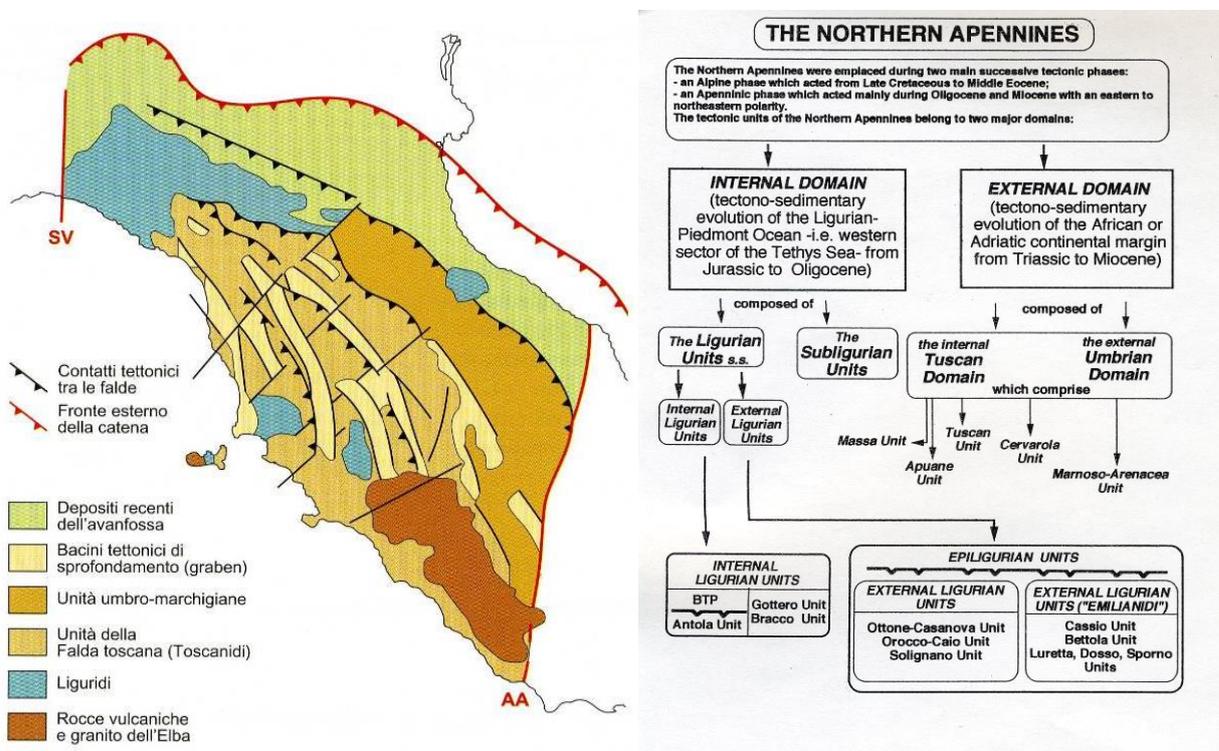
### 3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

#### 3.1 Geologia

La catena appenninica si estende per una lunghezza di circa 1000 km lungo tutta la penisola italiana, a partire dalla zona di raccordo con le Alpi Marittime fino all'Arco Calabro-Peloritano dove poi sembra proseguire dal punto di vista orografico nelle Maghrebidi.

L'Appennino settentrionale (Fig. 3.1) è quella che viene definita una catena a falde di ricoprimento, formatasi a partire dal Cretaceo per la convergenza fra la Zolla Europea e quella Africana (Bortolotti, 1992).

Essa è il risultato del sovrascorrimento tettonico di un Insieme Paleogeografico Interno (Fig. 3.1) (Dominio Ligure) ad affinità oceanica rappresentato da una serie di unità tettoniche completamente scollate dal loro originario basamento oceanico (definite per questo alloctone), al disopra di un Insieme Esterno (Dominio Tosco-Umbro-Marchigiano), costituito essenzialmente da un basamento continentale appartenente alla microplacca Adria, su cui poggia, anche se in parte scollata e deformata, l'originaria copertura sedimentaria (definita per questo autoctona) (Fig. 3.2) (Elter, 1973).



**Fig. 3.1 – a) Schema tettonico dell'Appennino settentrionale. SV Linea Sestri-Voltaggio, AA Linea Ancona Anzio (da: Bosellini, 2005); b) Assetto strutturale dell'Appennino Settentrionale (da: Bernini et alii,1994).**

L'Appennino Settentrionale è delimitato a nord e a sud da due grandi lineamenti tettonici trasversali interpretabili come strutture con forte componente trascorrente (Fig. 3.1):

-la linea Sestri-Voltaggio a nord (Elter,1973),

## Microzonazione sismica di III° Livello Comune di Salsomaggiore Terme (PR)

rappresenta un insieme di dislocazioni subverticali che separano unità con grado di metamorfismo molto diverso. Essa costituisce un limite di demarcazione tettonica fra le unità con vergenza alpina ad alto grado metamorfico da unità con metamorfismo di grado inferiore o del tutto assente che presentano una ben sviluppata vergenza appenninica a partire dalla linea Villavernia-Varzi-Levanto;

-la linea Olevanto-Antronoco-M. Sibillini, già nota come linea Ancona-Anzio,

(Elter, 1973) rappresenta una zona di accavallamento di depositi bacinali profondi umbro-marchigiani al di sopra dei depositi laziali-abruzzesi di piattaforma.

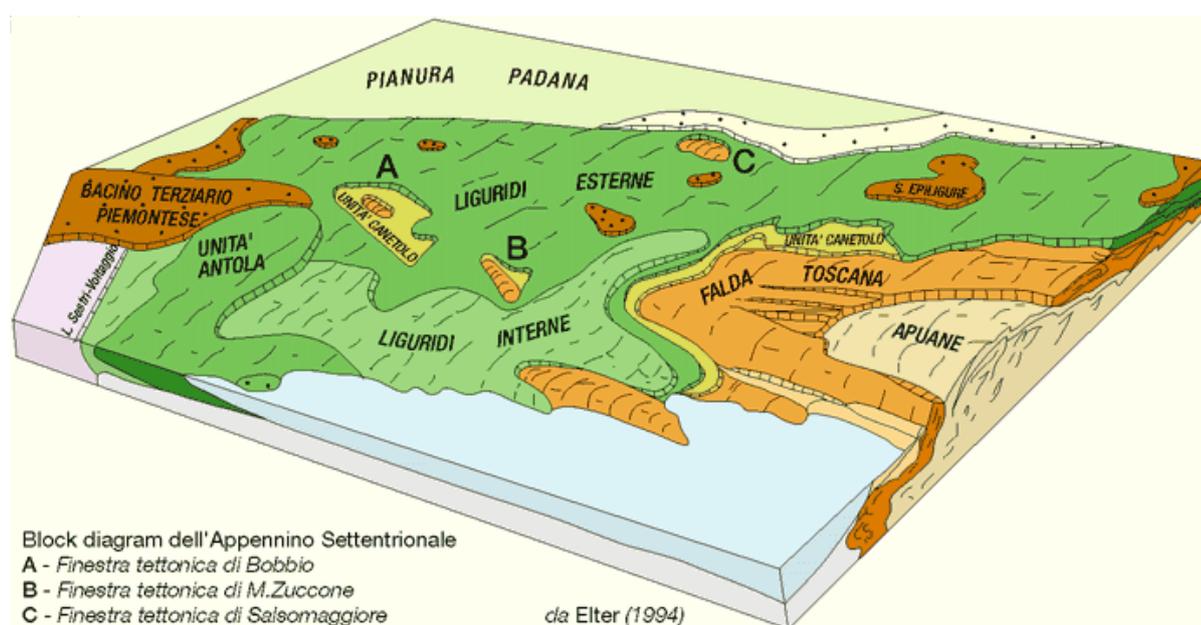


Fig. 3. 2 - Block diagram - Schema della sovrapposizione tettonica delle principali unità del settore nord-occidentale dell'Appennino Settentrionale (da: Elter, 1994).

### 3.2 Domini Paleogeografici

#### INSIEME ESTERNO

Questo insieme è caratterizzato da una successione carbonatica mesozoica e terziaria sormontata da unità torbiditiche di avanfossa che nel Dominio Umbro sono rappresentate dalla Formazione della Marnoso-arenacea (Miocene medio), scollata e avanscorsa, mentre nel Dominio Toscano sono rappresentate dalla Formazione del Macigno (Oligocene sup.-Miocene inf.).

La successione del Dominio Toscano è suddivisibile a sua volta in due Unità Tettoniche:

- Un'unità inferiore che affiora principalmente nella finestra tettonica delle Alpi Apuane, costituita da una successione metamorfica che comprende il basamento paleozoico e le relative coperture dal Trias fino al Macigno metamorfico (Pseudomacigno);

## Microzonazione sismica di III° Livello

Comune di Salsomaggiore Terme (PR)

---

- Un'unità superiore, priva di un evidente metamorfismo, costituita solo dalla successione di copertura a partire dalle evaporiti triassiche fino ai depositi torbiditici oligo-miocenici del Macigno, che si accavalla sulla prima.

Bisogna inoltre precisare che fra la zona del fronte di accavallamento toscano e il dominio umbro vero e proprio, si colloca la Formazione di Mt. Cervarola (Miocene inf.-medio) che rappresenta i depositi di avanfossa intermedi fra il Macigno e la Marnoso-arenacea.

Si delinea così un'avanfossa con depocentro che migra progressivamente verso l'esterno, posta davanti al prisma alloctono, costituito dalle successioni liguri e la soprastante Successione Epiligure di *wedge-top*, che sovrascorre i depositi di avanfossa andando a chiudere la sedimentazione del bacino.

### DOMINIO SUBLIGURE

Le Unità Subliguridi sono tettonicamente interposte fra il Macigno del Dominio Toscano alla base e le Unità del Dominio Liguride al tetto. Esse sono rappresentate da una successione di spessore più limitato rispetto alle Liguridi ma con caratteristiche litologiche simili, anche se si registra la totale assenza di detritismo ofiolitico.

Tali unità si deposero originariamente in una posizione paleogeografica intermedia tra il Dominio Ligure e il margine continentale di Adria.

### INSIEME INTERNO

E' anch'esso suddivisibile in domini, entrambi caratterizzati dalla presenza di ofioliti:

- Dominio Ligure Interno (Liguridi Interne)
- Dominio Ligure Esterno (Liguridi Esterne)

### Liguridi Interne

Presentano caratteristiche più spiccatamente oceaniche in quanto le rilevanti masse ofiolitiche presenti si trovano ancora in un originario contatto stratigrafico con la copertura sedimentaria giurassica. Infatti, le peridotiti delle Liguridi Interne, insieme ai gabbri giurassici che le intrudono, rappresentano il basamento oceanico su cui si effusero i basalti e su cui, a seguire, si deposero le prime successione pelagiche quali i Diaspri e le Radiolariti. Le peridotiti delle Liguridi Interne, al contrario di quelle delle Liguridi Esterne, risultano impoverite in componenti fusibili e hanno un contenuto in clinopirosseno inferiore al 10% (Piccardo, 1994). Altro importante fattore di distinzione fra le peridotiti delle Liguridi Interne e quelle delle Liguridi Esterne è dato dal fatto che nelle prime si registra una maggiore deformazione, segnata anche dalla presenza di anchimetamorfismo.

### Liguridi Esterne

---

## Microzonazione sismica di III° Livello

*Comune di Salsomaggiore Terme (PR)*

---

Comprendono esclusivamente unità cretaciche, completamente scollate dal loro originario substrato, di cui non è possibile definire quindi con esattezza la natura.

Sono caratterizzate dalla presenza di blocchi di masse ofiolitiche, talvolta di dimensioni anche plurichilometriche, generalmente inglobate all'interno di sedimenti altamente caotici, indizio di un'attività tettonica cretacica che ha accompagnato la loro messa in posto.

Le peridotiti delle Liguridi Esterne risultano poco impoverite in componenti fusibili e sono relativamente ricche in clinopirosseno (circa 15%) (Piccardo, 1994).

### **DOMINIO EPILIGURE**

Sul versante padano dell'Appennino settentrionale, in generale discordanza stratigrafica o in paraconcordanza su una parte delle Liguridi Esterne, è presente una successione paleogenico-neogenica che prende il nome di Successione Epiligure (Papani & Vernia, 1994).

Essa è caratterizzata da depositi marini rappresentanti il prodotto della sedimentazione in bacini satelliti presenti al di sopra del prisma di accrezione ligure durante la fase post-collisionale, per questo definiti bacini di *wedge-top*.

Questa successione, trovandosi alla sommità dell'edificio appenninico, è andata soggetta ad un intenso fenomeno di erosione subaerea plio-quadernaria che ne ha ridotto fortemente lo spessore e la continuità laterale.

### **DOMINIO PADANO ADRIATICO**

Il Dominio Padano-Adriatico è rappresentato da successioni stratigrafiche di età plio-quadernaria, sedimentatesi posteriormente alle principali fasi orogenetiche che hanno strutturato l'Appennino Settentrionale. Queste successioni hanno contribuito a colmare il bacino padano; mostrano tipicamente un carattere regressivo, con sabbie e peliti plio-pleistoceniche di ambiente marino alla base, sigillate al tetto dai depositi fluvio-deltizi progradanti e dai più recenti depositi continentali quadernari.

Dal punto di vista gerarchico si distinguono due Sequenze Principali (Supersintemi, secondo la terminologia delle U.B.S.U.) denominate come segue:

- Supersintema del Quaternario Marino, costituito da depositi di ambiente marino;
- Supersintema Emiliano-Romagnolo, costituita da depositi di ambiente continentale

## Microzonazione sismica di III° Livello

Comune di Salsomaggiore Terme (PR)

---

### 3.3 Geologia dell'area di studio

---

Per quanto riguarda la stratigrafia dettagliata dell'area oggetto di studio, si rimanda a quanto già ampiamente descritto nella microzonazione sismica di secondo livello.

## 4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

---

Come già precedentemente indicato, sono stati individuati tre "Ambiti di studio", sulla base delle scelte urbanistiche dettate dall'Amministrazione Comunale:

- **Salsomaggiore Terme: Via Fosse Ardeatine / Via Patrioti;**
- **Bagni di Tabiano: Area "Campo sportivo" / Viale Fidenza;**
- **Bagni di Tabiano: Area "Centro turistico sportivo" / Via Tabiano.**

In via del tutto preliminare, si è quindi cercato di definire con un sopralluogo, quali fossero in ciascun ambito le aree più idonee alla realizzazione della campagna geognostica. In accordo con i responsabili comunali, si è preferito realizzare le indagini su aree di proprietà comunale, evitando interventi su aree private e cercando di limitare il più possibile eventuali situazioni che potessero arrecare disagio alla cittadinanza.

Tutte le prove realizzate nello studio di "Livello 3", sono state opportunamente inserite e georeferenziate in Ambiente GIS, utilizzando il sistema di riferimento "WGS84 - Fuso 33 N", quindi sono state opportunamente codificate e inserite nel *data-base* allegato, nel rispetto degli Standard per l'archiviazione informatica.

I dati e le elaborazioni relativi ad ogni nuova prova eseguita, sono presentati in **Allegato 1**.

Sono state eseguite le seguenti prove, di seguito elencate sinteticamente in **Tabella 4.1**, mantenendo il rispettivo codice attribuito durante l'inserimento nel database:

### Indagini Geotecniche in sito

- n°3 sondaggi a carotaggio continuo (S) con prelievo di n°2 campioni per ogni verticale indagata (**Tabella 4.2**);
- n° 6 prove penetrometriche statiche con punta meccanica (CPT) / dinamiche (DPSH).

### Prove di laboratorio

Sui campioni prelevati sono state effettuate le seguenti prove di laboratorio:

- n° 1 prova di colonna risonante (CR) su ciascun campione prelevato, per un totale di n.6 analisi;

## Microzonazione sismica di III° Livello

*Comune di Salsomaggiore Terme (PR)*

---

- n° 1 prova consolidata non drenata (CU) su ciascun campione prelevato, per un totale di n.6 analisi.

### Indagini Geofisiche

- n°4 profili sismici con tecnica “*Multichannel Analysis of Surface Waves*” (MASW);
- n°4 stendimenti sismici in sismica a riflessione (SR);
- n°4 stendimenti sismici in tecnica passiva “*REfraction Microtremors*” (REMI);
- n°4 prove di microtremore sismico “*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*” (HVSr).

**Microzonazione sismica di III° Livello**  
**Comune di Salsomaggiore Terme (PR)**

**TABELLA. 4.1 - ELENCO DELLE PROVE REALIZZATE NELLO STUDIO DI MICROZONAZIONE DI TERZO LIVELLO, SUDDIVISE PER AMBITO.**

AMBITO	Tipologia di prova		IDENTIFICATIVO	Metodologia	Data
<b>Bagni di Tabiano:</b> <i>Area " Centro turistico sportivo" / Via Tabiano</i>	PUNTUALI	Geotecnica	034032P44SS81	Campioni	08/03/2016
		Geotecnica	034032P44SS82	Sondaggio	08/03/2016
		Laboratorio	034032P44CR83	Colonna risonante	11/03/2016
		Laboratorio	034032P44CR84	Colonna risonante	11/03/2016
		Laboratorio	034032P44CU85	Triassiale CU	11/03/2016
		Laboratorio	034032P44CU86	Triassiale CU	11/03/2016
		Geotecnica	034032P45CPT87	CPT/DPSH	13/04/2016
		Geotecnica	034032P46CPT88	CPT	13/04/2016
		Geofisica	034032P47HVSR89	HVSR	17/02/2016
	LINEARI	Geofisica	034032L16MASW16	MASW	17/02/2016
	Geofisica	034032L17SR18	Sismica a Rifrazione	22/03/2016	
	Geofisica	034032L17REMI17	REMI	22/03/2016	
<b>BAGNI DI TABIANO</b> <i>Area " Campo sportivo" / Viale Fidenza</i>	PUNTUALI	Geotecnica	034032P48SC90	Campioni	08/03/2016
		Geotecnica	034032P48SS91	Sondaggio	08/03/2016
		Laboratorio	034032P48CR92	Colonna risonante	11/03/2016
		Laboratorio	034032P48CR93	Colonna risonante	11/03/2016
		Laboratorio	034032P48CU94	Triassiale CU	11/03/2016
		Laboratorio	034032P48CU95	Triassiale CU	11/03/2016
		Geotecnica	034032P49CPT96	CPT/DPSH	01/04/2016
		Geotecnica	034032P50CPT97	CPT	01/04/2016
		Geofisica	034032P51HVSR98	HVSR	17/02/2016
	LINEARI	Geofisica	034032L18MASW19	MASW	17/02/2016
	Geofisica	034032L19SR21	Sismica a Rifrazione	22/03/2016	
	Geofisica	034032L19REMI20	REMI	22/03/2016	
<b>SALSO MAGGIORE TERME</b> <i>Via Fosse Ardeatine/ Via Patrioti</i>	PUNTUALI	Geotecnica	034032P52SC99	Campioni	08/03/2016
		Geotecnica	034032P52S100	Sondaggio	08/03/2016
		Laboratorio	034032P52CR101	Colonna risonante	11/03/2016
		Laboratorio	034032P52CR102	Colonna risonante	11/03/2016
		Laboratorio	034032P52CU103	Triassiale CU	11/03/2016
		Laboratorio	034032P52CU104	Triassiale CU	11/03/2016
		Geotecnica	034032P53CPT105	CPT	25/03/2016
		Geotecnica	034032P54CPT106	CPT	25/03/2016
		Geofisica	034032P55HVSR107	HVSR	21/03/2016
		Geofisica	034032P56HVSR108	HVSR	21/03/2016
	LINEARI	Geofisica	034032L20MASW22	MASW	21/03/2016
		Geofisica	034032L21SR24	Sismica a Rifrazione	23/03/2016
		Geofisica	034032L21REMI23	REMI	23/03/2016
		Geofisica	034032L22MASW25	MASW	21/03/2016
	Geofisica	034032L23SR27	Sismica a Rifrazione	23/03/2016	
	Geofisica	034032L23REMI26	REMI	23/03/2016	

**Microzonazione sismica di III° Livello**  
**Comune di Salsomaggiore Terme (PR)**

**TABELLA. 4.2 - ELENCO DELLE PROVE REALIZZATE NELLO STUDIO DI MICROZONAZIONE DI TERZO LIVELLO, SUDDIVISE PER AMBITO.**

Sondaggio a carotaggio continuo con prelievo di campioni		Campioni prelevati	Indicativo della prova di laboratorio eseguita sul campione
<b>S1</b>	<b>034032P44S82</b>	Da -5,30 a -5,80m da p.c.	034032P44CR83
			034032P44CR84
		Da -15,20 a -15,60m da p.c.	034032P44CU85
			034032P44CU86
<b>S2</b>	<b>034032P48SS91</b>	Da -10,00 a -10,60m da p.c.	034032P48CR92
			034032P48CR93
		Da -20,40 a -21,00m da p.c.	034032P48CU94
			034032P48CU95
<b>S3</b>	<b>034032P52SS100</b>	Da -2,00 a -2,50m da p.c.	034032P52CR101
			034032P52CR102
		Da -4,00 a -4,50m da p.c.	034032P52CU103
			034032P52CU104

# Microzonazione sismica di III° Livello

Comune di Salsomaggiore Terme (PR)

## 5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO

### 4.1 Modello Geologico

Per ottenere una definizione attendibile della Risposta Sismica Locale, occorre ricostruire un modello geologico che sia il più possibile aderente alle condizioni reali, impiegando a tal fine, tutti i dati sismo-stratigrafici forniti dalle indagini in sito, oltre alle molteplici cartografie tematiche reperite in bibliografia.

In via preliminare, è opportuno riportare alcuni cenni sull'assetto geologico di massima delle aree di studio, mettendo in luce tutti quegli aspetti che possono influire sull'entità degli effetti locali quali, i mutui rapporti tra substrato e copertura, le caratteristiche litologiche, la presenza o meno di stratificazione e il grado di fratturazione delle formazioni rocciose.

A tal proposito, gli ambiti si sviluppano all'interno di piccoli bacini intravallivi dove si sono depositi ridotti spessori di sedimenti alluvionali (vedi le sezioni geologiche di seguito riportate):

→ Torrente Ghiara - Ambito Salsomaggiore Terme, Via Fosse Ardeatine/ Via Patrioti);

→ Torrente Ronzone - entrambi gli ambiti di Bagni di Tabiano.

L'inquadramento geologico e sismotettonico dell'area è ampiamente trattato nello studio di MZS di II livello del Comune di Salsomaggiore a cui si rimanda.

Per le aree degli ambiti di interesse, indagate sia con rilievo geologico di campagna sia con i sondaggi (S1034032P1S1), S2 (034032P9S9), S3 (034032P17S17), a cui sono state affiancate le prospezioni geofisiche, sono state riconosciute, analizzate e correlate le seguenti Unità geologiche (elencate in ordine di età secondo la classificazione della Regione Emilia Romagna):

**a3 (Depositi di versante):** clasti eterometrici generalmente di piccole dimensioni immersi e sostenuti da una matrice prevalentemente limoso argillosa;

**AES8a (Unità di Modena, terrazzo fluviale intravallivo):** intervallo basale grossolano con ghiaie alterate eterometriche arrotondate in matrice sabbioso limosa ed intervallo superiore fine massivo costituito da limi argillosi / argille limose di colore giallastro per alterazione;

**FAA (Formazione delle Argille Azzurre):** peliti argilloso marnose massive di colore azzurrognolo con possibili intercalazioni siltose;

**FCOb (Formazione a Colombacci, litofacies conglomeratica):** paraconglomerati poligenici grossolani gradati, a matrice sabbiosa e/o limosa, localmente cementati, in corpi canalizzati;

**CTG + ANT (Formazioni di Contignaco e Antognola):** peliti marnose / siltose localmente marne selciose con possibili intercalazioni di arenarie vulcanoclastiche;

**FGH (Formazione del Torrente Ghiara):** peliti marnose / siltiti in strati molto sottili.

Sulla base delle indagini e degli studi eseguiti e sulla base della cartografia geologica della Regione Emilia Romagna (Carta geologica scala 1:10.000, Sezione n. 180160 "Salsomaggiore Terme" e Sezione n. 181130 "Bagni di Tabiano")

Dott. Geol. Gabriele Oppo, Vicolo San Clemente ,1 - 43043 Borgo val di Taro (PR). email: gabrieleoppo.geo@libero.it

Dott. Geol. Sergio Lasagna Via Carso 59/1, - 42021 Bibbiano (RE). email: sergiolasagna@alice.it

## **Microzonazione sismica di III° Livello**

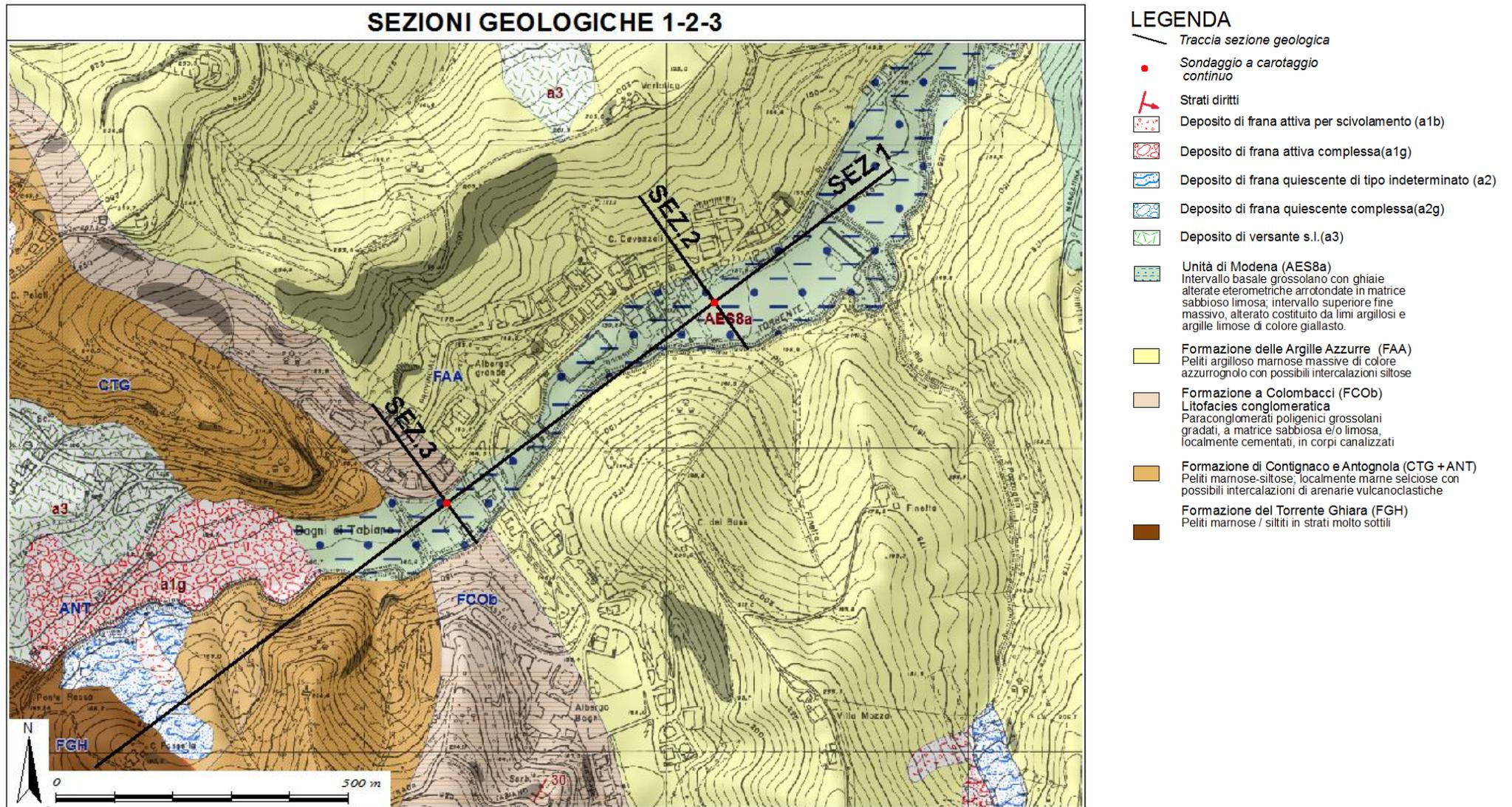
*Comune di Salsomaggiore Terme (PR)*

---

è stato possibile ricostruire con sufficiente attendibilità e dettaglio l'assetto litostratigrafico dell'area di studio, rappresentato in via schematica nelle sezioni geologiche n. 1, 2, 3, 4 di seguito riportate.

## Microzonazione sismica di III° Livello

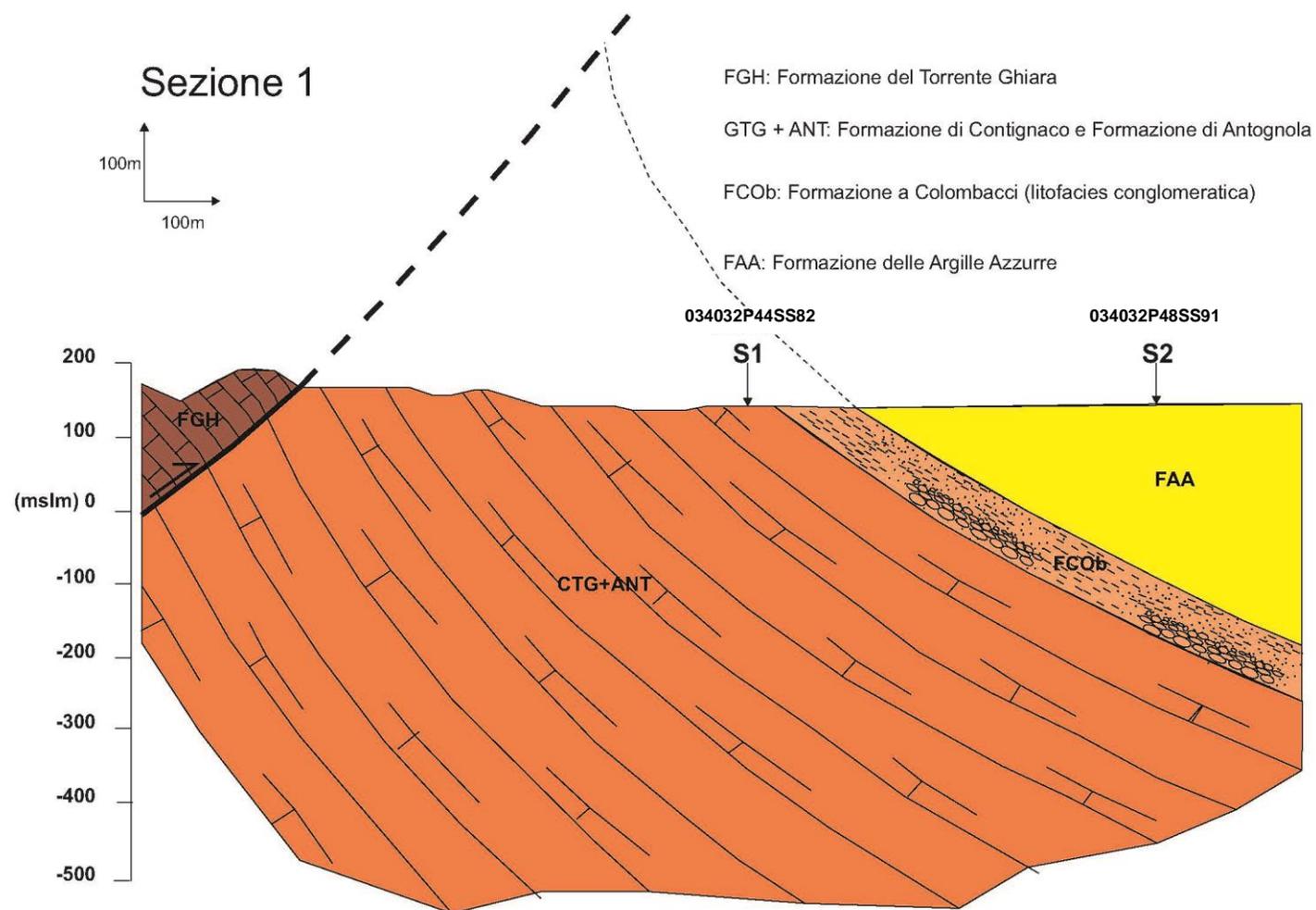
### Comune di Salsomaggiore Terme (PR)



Dott. Geol. Gabriele Oppo, *Vicolo San Clemente, 1 - 43043 Borgo val di Taro (PR)*. email: [gabrieleoppo.geo@libero.it](mailto:gabrieleoppo.geo@libero.it)  
 Dott. Geol. Sergio Lasagna *Via Carso 59/1, - 42021 Bibbiano (RE)*. email: [sergiolasagna@alice.it](mailto:sergiolasagna@alice.it)

## Microzonazione sismica di III° Livello

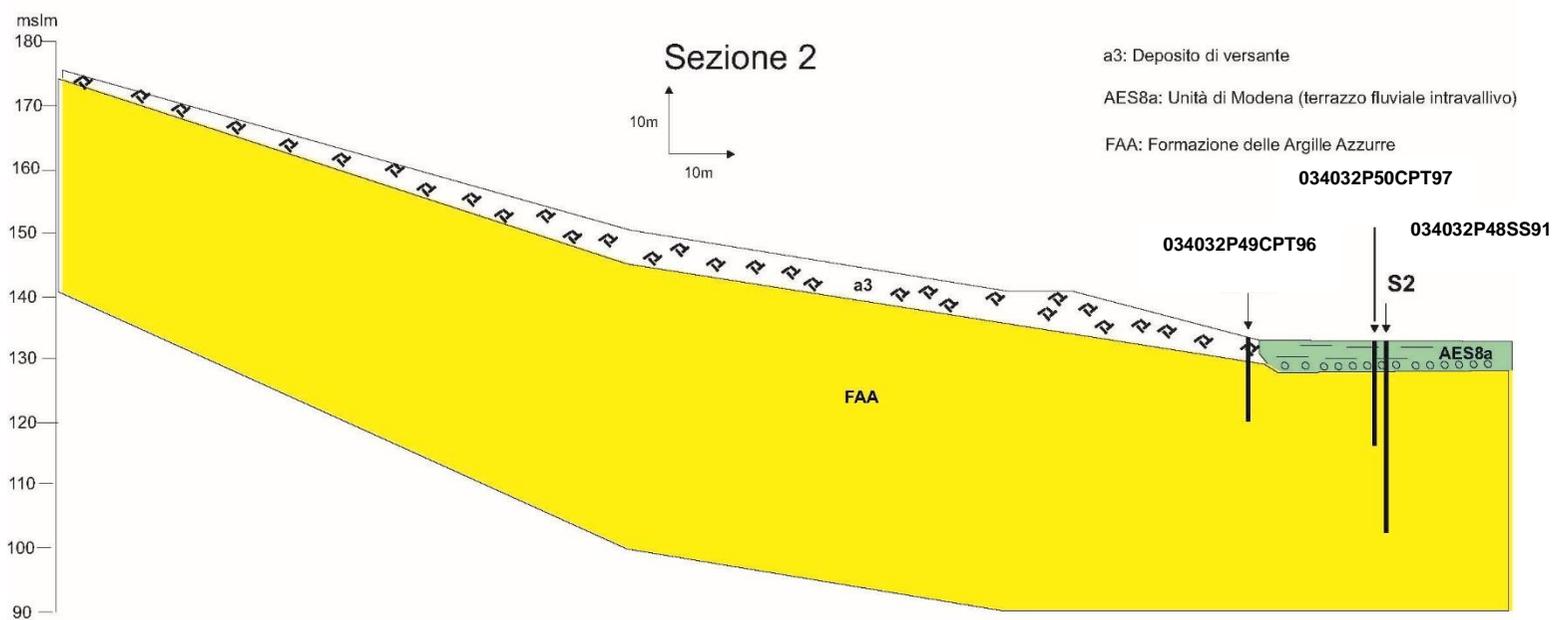
Comune di Salsomaggiore Terme (PR)



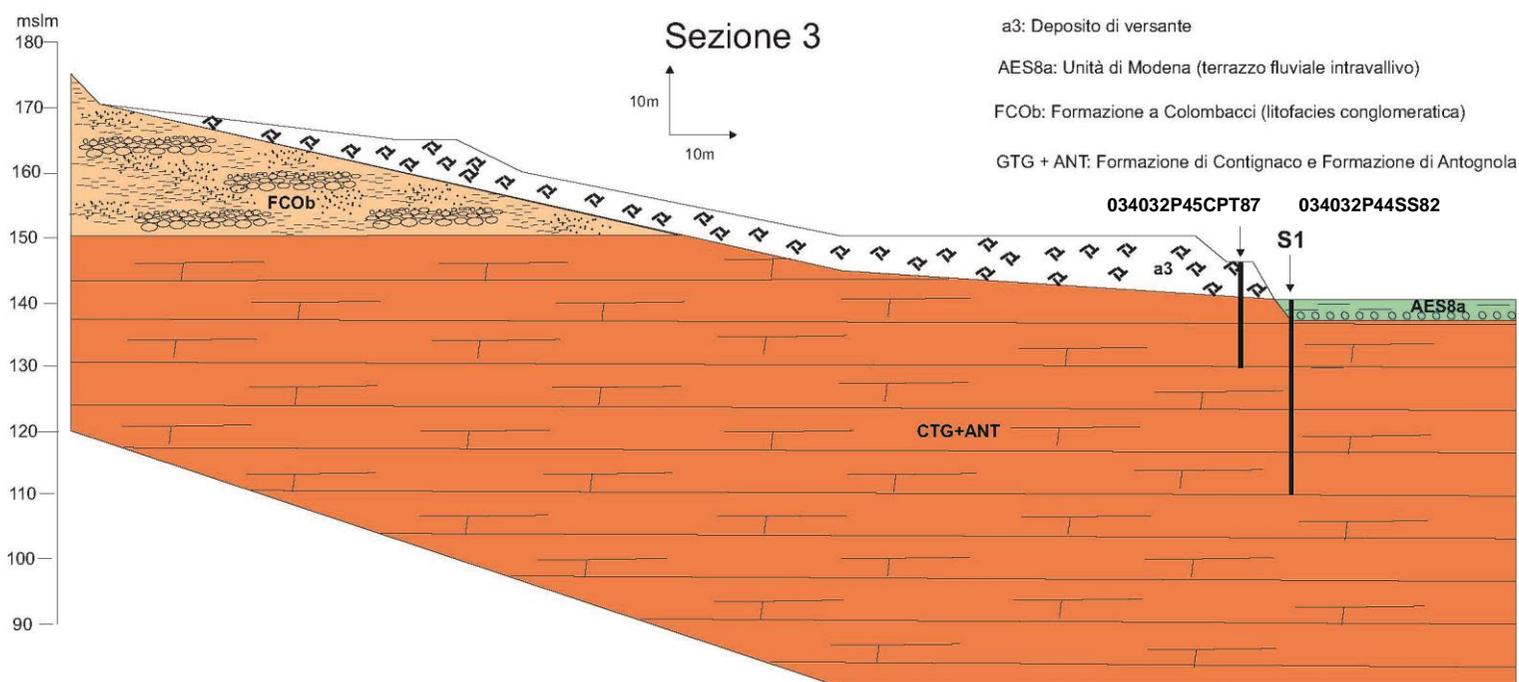
Dott. Geol. Gabriele Oppo, Vicolo San Clemente, 1 - 43043 Borgo val di Taro (PR). email: gabrieleoppo.geo@libero.it

Dott. Geol. Sergio Lasagna Via Carso 59/1, - 42021 Bibbiano (RE). email: sergiolasagna@alice.it

## Microzonazione sismica di III° Livello Comune di Salsomaggiore Terme (PR)



## Microzonazione sismica di III° Livello Comune di Salsomaggiore Terme (PR)

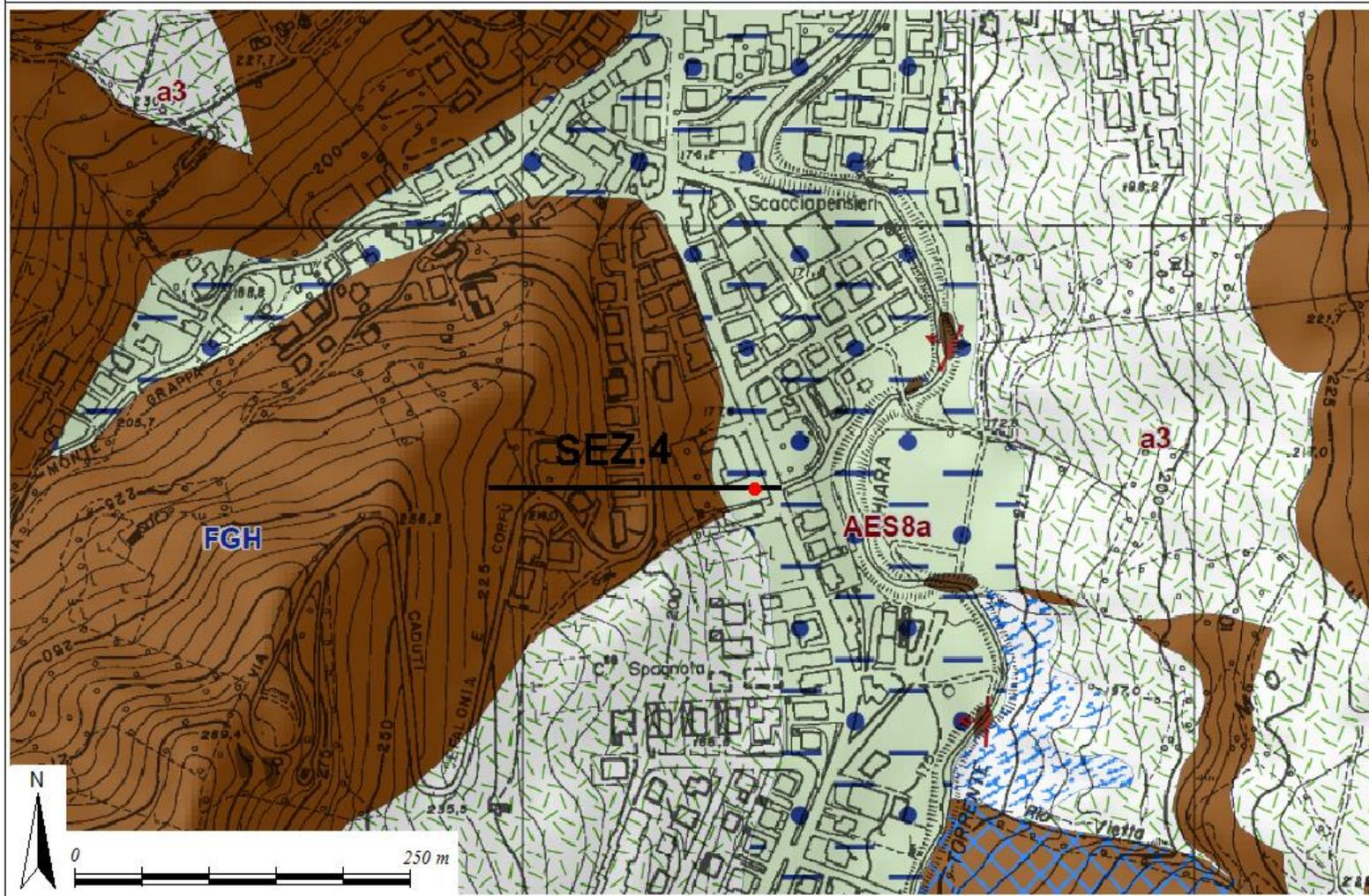


Dott. Geol. Gabriele Oppo, Vicolo San Clemente, 1 - 43043 Borgo val di Taro (PR). email: gabrieleoppo.geo@libero.it  
Dott. Geol. Sergio Lasagna Via Carso 59/1, - 42021 Bibbiano (RE). email: sergiolasagna@alice.it

## Microzonazione sismica di III° Livello

Comune di Salsomaggiore Terme (PR)

### SEZIONE GEOLOGICA 4



### LEGENDA

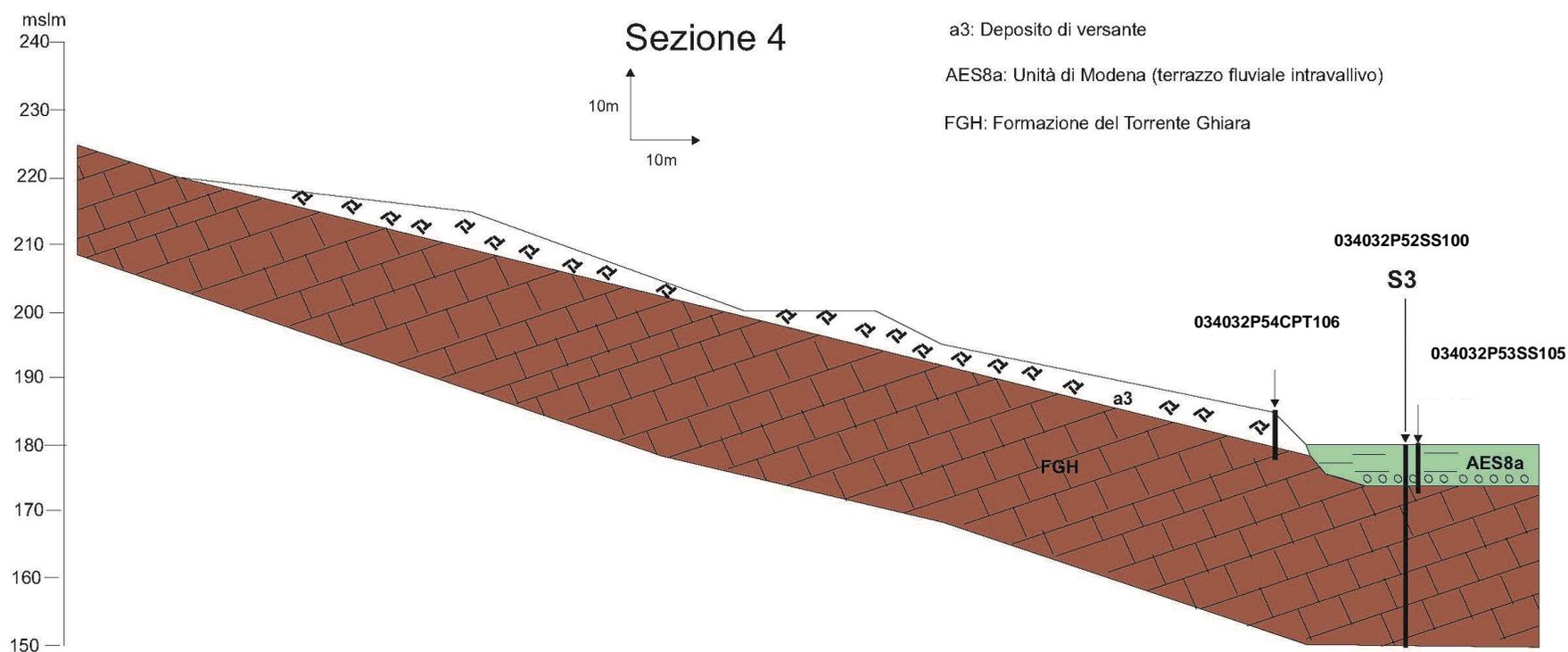
- Traccia sezione geologica
- Sondaggio a carotaggio continuo
- Strati diritti
- Deposito di frana quiescente di tipo indeterminato (a2)
- Deposito di frana quiescente per scivolamento in blocco o DGPV (a2h)
- Deposito di versante s.l.(a3)
- Unità di Modena (AES8a)  
Intervallo basale grossolano con ghiaie alterate eterometriche arrotondate in matrice sabbioso limosa; intervallo superiore fine massivo, alterato costituito da limi argillosi e argille limose di colore giallastro.
- Formazione del Torrente Ghiara (FGH)  
Peliti marnose / siltiti in strati molto sottili

Dott. Geol. Gabriele Oppo, Vicolo San Clemente , 1 - 43043 Borgo val di Taro (PR). email: gabrieleoppo.geo@libero.it

Dott. Geol. Sergio Lasagna Via Carso 59/1, - 42021 Bibbiano (RE). email: sergiolasagna@alice.it

# Microzonazione sismica di III° Livello

Comune di Salsomaggiore Terme (PR)



Dott. Geol. Gabriele Oppo, Vicolo San Clemente, 1 - 43043 Borgo val di Taro (PR). email: gabrieleoppo.geo@libero.it  
Dott. Geol. Sergio Lasagna Via Carso 59/1, - 42021 Bibbiano (RE). email: sergiolasagna@alice.it

## Microzonazione sismica di III° Livello

### Comune di Salsomaggiore Terme (PR)

---

#### 5.1 Modello Geotecnico

---

Il modello geotecnico deve associare alla caratterizzazione litostratigrafica di ciascuna unità individuata nel modello geologico la sua corrispondente caratterizzazione geomeccanica, attraverso la stima dei parametri geotecnici fondamentali dell'unità in esame.

Per tali finalità sono stati eseguiti n. 3 sondaggi a rotazione con prelievo di n. 6 campioni indisturbati di terreno (n. 2 per ciascun sondaggio) sui quali sono state condotte le seguenti analisi di laboratorio:

- Determinazione delle grandezze fisiche principali (peso di volume, umidità, densità, indice dei vuoti);
- Limiti di Atterberg;
- Prove triassiali consolidate non drenate;
- Prove di colonna risonante.

Oltre alle analisi di laboratorio sono state eseguite n. 6 prove penetrometriche statiche con punta meccanica (in alcuni tratti tali prove sono state alternate con prove dinamiche DPSH a causa della presenza di terreni granulari) soprattutto per la caratterizzazione dei depositi di versante difficilmente raggiungibili dalle sonde carotatrici.

I risultati ottenuti dalle indagini eseguite sono riportati in **Allegato 1** (Prove penetrometriche statiche: Letture di campagna, Diagrammi di resistenza).

Sempre in **Allegato 1** (Prove penetrometriche statiche: Parametri geotecnici) sono tabulate anche le caratteristiche litostratigrafiche ed i parametri geotecnici puntuali (ogni 20 cm) dei terreni indagati, ricavati tramite le seguenti correlazioni:

- Begemann (1965) e Schmertmann (1978) per la classificazione dei terreni in base ai valori della resistenza alla punta ( $q_c$ ) e della resistenza d'attrito laterale locale ( $f_s$ );
- Terzaghi e Peck (1967), Bowles (1982) per la stima del peso dell'unità di volume ( $\gamma$ ) in base ai valori della resistenza alla punta ( $q_c$ ) e alla natura litologica dei terreni;
- Schmertmann (1978), Durgunoglu e Mitchell (1975), Meyerhof (1976) per la stima dell'angolo d'attrito interno ( $\phi'$ ) dei terreni incoerenti;
- Raccomandazioni A.G.I. (1977) per la stima della coesione non drenata ( $C_u$ ) dei terreni coesivi;
- Schmertmann (1970 / 1978), Jamilkowski et al. (1983) per la stima del modulo di deformabilità drenato ( $E'_{25-50}$ );
- Sanglerat (1972), Mitchell e Gardner (1975) per la stima del modulo di deformabilità ( $M_o$ ).

Il valore dei parametri geotecnici caratteristici di ciascun strato di terreno individuato con la prova CPT, si ricava, come richiesto dalle NTC 2008, tramite elaborazione statistica dei dati tabulati in **Allegato 1**:

5° percentile del valore medio del parametro in esame.

---

Dott. Geol. Gabriele Oppo, Vicolo San Clemente, 1 - 43043 Borgo val di Taro (PR). email: gabrieleooppo.geo@libero.it

Dott. Geol. Sergio Lasagna Via Carso 59/1, - 42021 Bibbiano (RE). email: sergiolasagna@alice.it

**Microzonazione sismica di III° Livello**  
**Comune di Salsomaggiore Terme (PR)**

Per tale operazione si utilizza opportuno foglio di calcolo fornito al: "Corso di aggiornamento professionale per geologi" - Università degli Studi di Parma, settembre 2008 (Relatore Dr. Geol. Luca Nori).

Sulla base di tutte le analisi eseguite si perviene alla parametrizzazione geotecnica del sottosuolo riportata nella seguente Tabella:

Unità geologica	prof. (m)	Y (kN/m <sup>3</sup> )	e (%)	C <sub>u</sub> (kPa)	C' (kPa)	Φ' (°)	M (MPa)
a3: Depositi di versante loc. Bagni	0.0 – 3.0	18.0		50	15	22	4.5
	3.0 – 6.0	19.0		70	20	22	6.0
a3: Depositi di versante loc. Salso	0.0 – 2.0	18.0		45	12	25	4.0
	2.0 – 7.0	19.0		70	20	25	6.0
AES8a: Unità di Modena (terrazzo)	1.0 – 2.5	18.6	0.91	34.4	20.3	26.7	
	4.0 – 4.6	19	0.85	30.9	22.0	28.4	
FAA: Form. Argille Azzurre	10.0 – 10.6	19.7	0.69	41.4	28.5	26.8	
	20.4 – 21.0	19.2	0.73	53.2	67.9	25.5	
CTG + ANT: Form. di Contignaco e Antognola	5.3 – 5.8	19.6	0.70	55.9	38.6	29.2	
	15.2 – 15.8	18.0	0.92	42.4	46.8	29.0	

Y: peso di volume;

e: indice dei vuoti;

C<sub>u</sub>: coesione non drenata;

C': coesione drenata (valore indicativo se dedotto da prova CPT in terreni coesivi);

Φ': angolo di attrito efficace (valore indicativo se dedotto da prova CPT in terreni coesivi);

M: modulo edometrico;

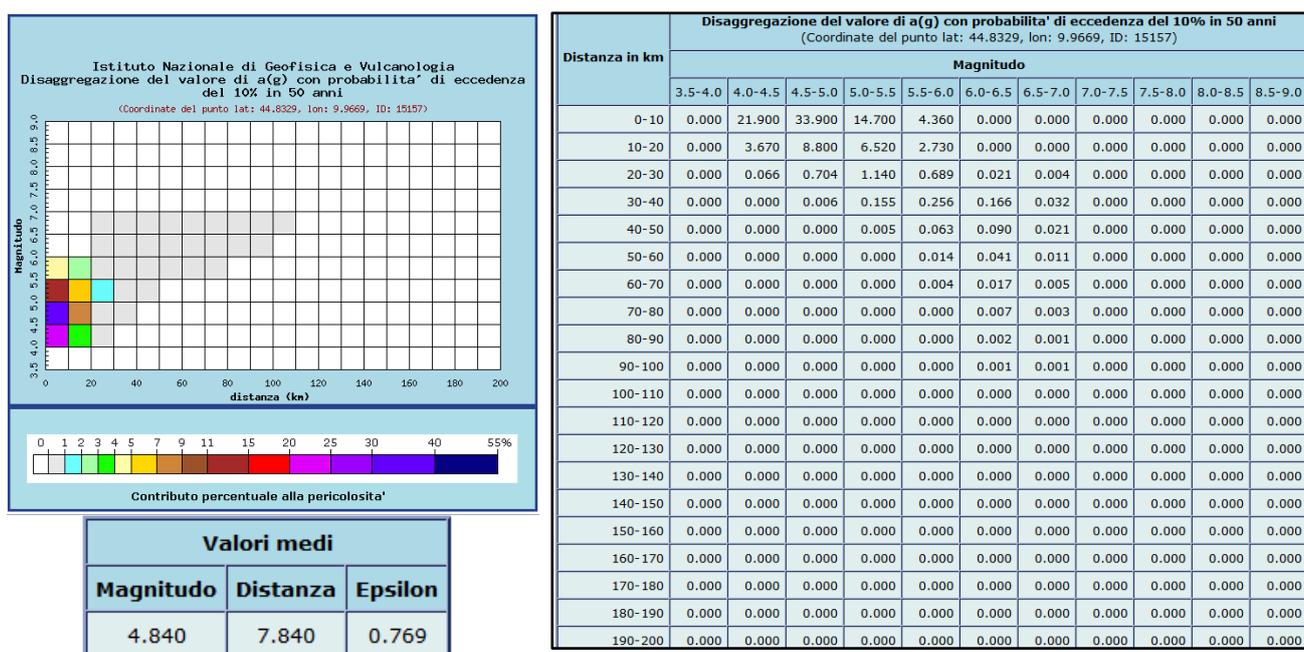
**Microzonazione sismica di III° Livello**  
**Comune di Salsomaggiore Terme (PR)**

## 6. APPROFONDIMENTI DI TERZO LIVELLO

### 6.1 Dati di input per l'analisi di Risposta Sismica Locale (RSL)

Gli accelerogrammi utilizzati per uno studio di RSL dovrebbero essere rappresentativi della sismicità del sito, prendendo in considerazione alcuni parametri fondamentali quali:

- Caratteristiche sismogenetiche della sorgente (meccanismo focale) ;
- Magnitudo;
- Distanza epicentrale;
- Sito di registrazione (categoria di sottosuolo sismico di appartenenza, preferibilmente cat. A);
- Massima accelerazione orizzontale attesa al sito.



**Tabella 6.1: Contributi alla pericolosità per intervalli di magnitudo e distanza epicentrale (INGV) - valori della disaggregazione per il Comune di Salsomaggiore Terme.**

In uno studio di RSL possono essere utilizzati accelerogrammi sintetici e/o accelerogrammi naturali; questi ultimi sono dotati di un più realistico contenuto in frequenze e numero di cicli, conservando le caratteristiche specifiche del sisma in termini di "Intensità I" nel sito di registrazione, "Magnitudo M" dell'evento, e "Distanza d" dal sito all'epicentro tramite la legge di attenuazione, pertanto vengono generalmente preferiti ai primi. L'operazione che consente di stabilire quali sono i "range" caratteristici dei parametri sismici che concorrono alla definizione della pericolosità sismica (con metodo probabilistico) di un determinato sito, prende il nome di "Disaggregazione".

## Microzonazione sismica di III° Livello

### Comune di Salsomaggiore Terme (PR)

---

Dal sito dell'INGV (<http://esse1-gis.mi.ingv.it>), oltre alla “Mappa di pericolosità sismica” per il territorio del Comune di Salsomaggiore Terme, è possibile estrapolare il relativo grafico della “Disaggregazione” (Tabella 6.1), Nel caso in esempio si può notare come la massima percentuale, pari al **33,9%** sia definita per terremoti di magnitudo compresa fra 4.5 e 5, nel range di distanza tra 0 e 10 km.

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](http://www.isesd.hi.is/ESD_Local/frameset.htm), anche indicata come IESD) attraverso una procedura che valuta la similarità tra una forma spettrale di riferimento (nel nostro caso 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 IESD.

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”.

Si tratta di tre files:

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

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

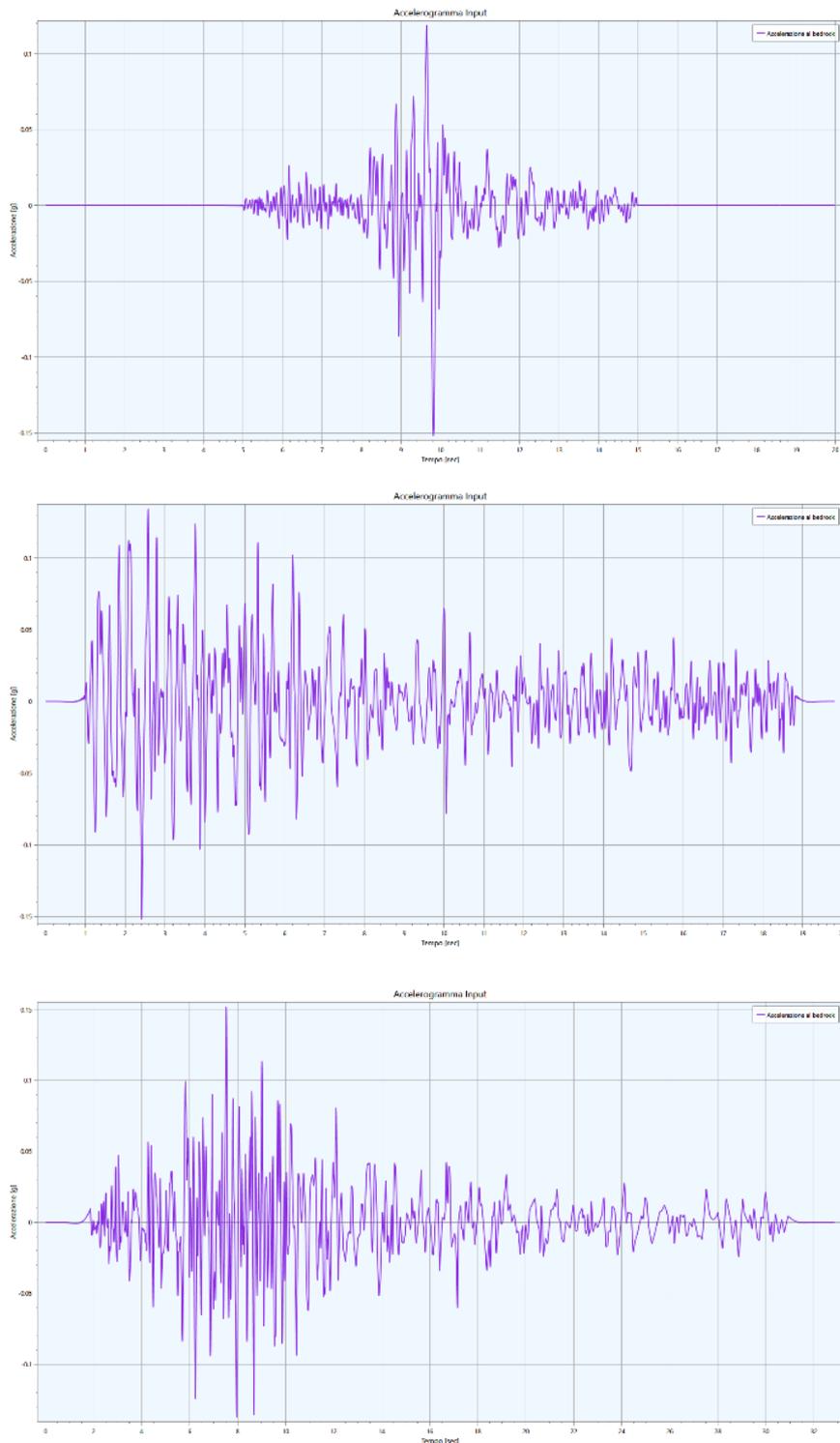
Ciascun file contiene due colonne: la prima corrisponde al tempo, espresso in secondi, la seconda il valore di accelerazione normalizzata.

Gli accelerogrammi *000046xa.xy*, *000126xa.xy* e *000354xa.xy* sono stati inseriti nel software di elaborazione per il calcolo della Risposta Sismica Locale “**LSR 2D**” (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) (Fig.6.1).

**Microzonazione sismica di III° Livello**  
**Comune di Salsomaggiore Terme (PR)**

**ACCELEROGRAMMI DI INPUT**

**SCALATI  $ag/g = 0,153$**



**Figura 6.1 - Serie temporali acquisite e riscalate in funzione della P.G.A0 attesa al bedrock sismico (sottosuolo di Cat. A).**

## **Microzonazione sismica di III° Livello**

*Comune di Salsomaggiore Terme (PR)*

---

### **6.2 Modello stratigrafico e parametrizzazione sismica**

---

Attraverso un'attenta analisi delle indagini geotecniche e sismiche di nuova realizzazione eseguite in sito (vedi Allegato1) per questo studio, a cui si aggiungono le indagini pregresse consultabili nel data-base a corredo del precedente studio di Microzonazione Sismica di livello 2, si è cercato di ricostruire un modello sismico-stratigrafico semplificato rappresentativo di ciascuna MOPS di interesse.

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 Vs e del Coefficiente di Poisson Ni. 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 rigidezza al taglio G alle basse deformazioni espresso come rapporto  $G/G_0$  (Fig. 6.2a);
- la curva di variazione dello smorzamento D (Fig. 6.2b).

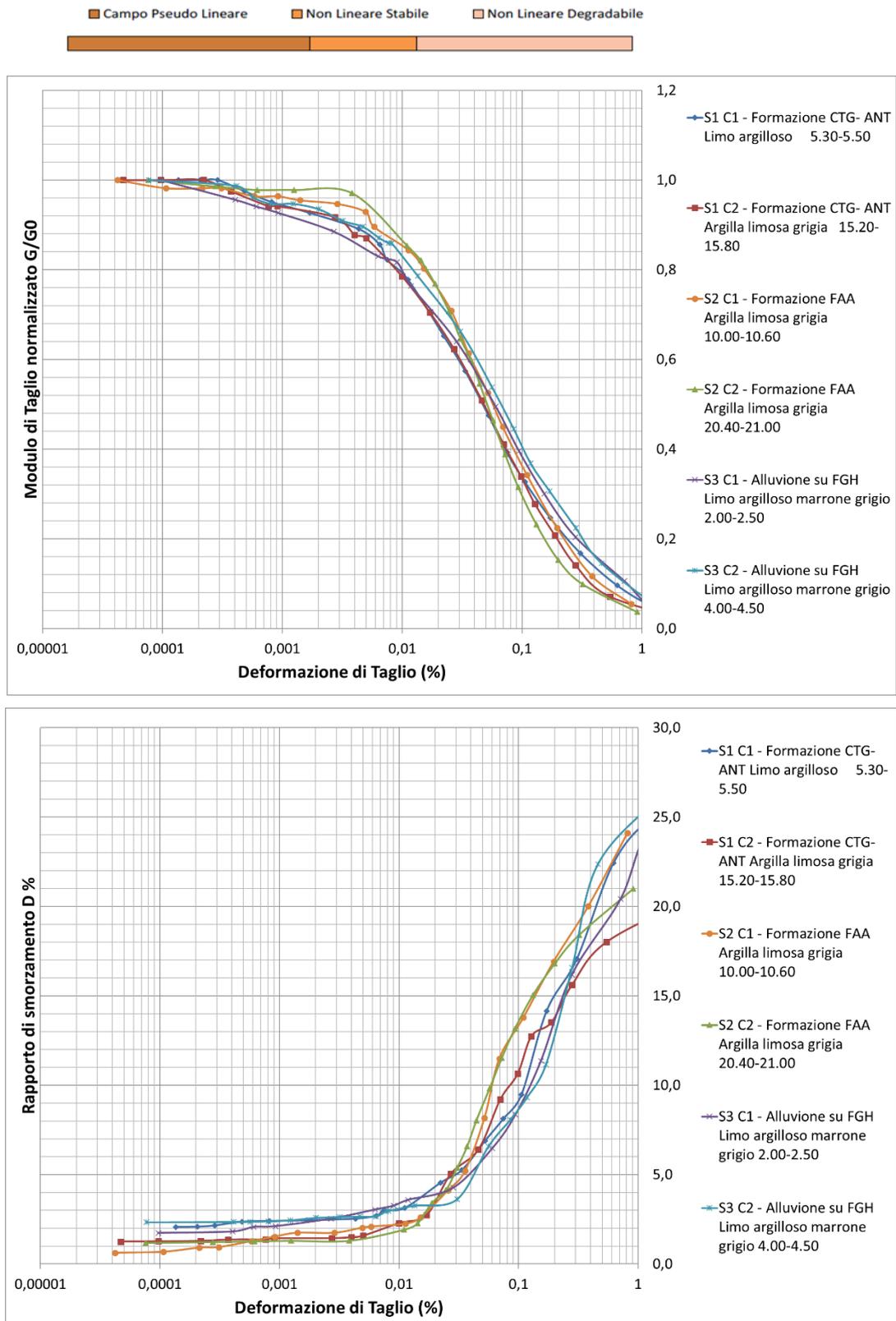
Per i casi in esame sono stati utilizzati i risultati delle prove di laboratorio (vedi Tabella. 4.2), ottenuti dall'analisi secondo la metodologia della "Colonna Risonante" su:

- n°2 campioni prelevati durante l'esecuzione del sondaggio S1;
- n°2 campioni prelevati durante l'esecuzione del sondaggio S2;
- n°2 campioni prelevati durante l'esecuzione del sondaggio S3;

Grazie all'utilizzo di queste prove si è stati in grado di valutare in maniera più accurata il comportamento deformativo dei terreni superficiali analizzati.

# Microzonazione sismica di III° Livello

## Comune di Salsomaggiore Terme (PR)



## Microzonazione sismica di III° Livello Comune di Salsomaggiore Terme (PR)

---

**Figura 6.2a; 6.2b - Curve di decadimento espresse come rapporto  $G/G_0$  e curve dello smorzamento  $D(\%)$  entrambe in funzione dello sforzo di taglio applicato, associate ad ogni singolo strato che definisce il modello sismico-stratigrafico di input.**

### Grafici di output della RSL

A seguito della modellazione numerica e dell'ottenimento dei grafici di *output* dalla simulazione in **LSR 2D**, 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 2D*" 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,  $T_0$  è il periodo proprio e  $\xi$  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**

## **Microzonazione sismica di III° Livello**

### **Comune di Salsomaggiore Terme (PR)**

---

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.0* 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.

### **6.3 Risultati ottenuti dalla modellizzazione**

---

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

- A. RSL 1 - Salsomaggiore Terme - “Via Fosse Ardeatine / Via Patrioti → Coltre di alterazione su FGH” ;**
- B. RSL 2 - Salsomaggiore Terme - “Via Fosse Ardeatine / Via Patrioti → Alluvione su FGH”;**
- C. RSL 3 - Salsomaggiore Terme - “Via Fosse Ardeatine / Via Patrioti → a3 su FGH”;**
- D. RSL4 - Bagni di Tabiano - “Area Campo Sportivo → Alluvioni su FAA”;**
- E. RSL5 - Bagni di Tabiano → “Coltre di alterazione su FAA”;**

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

## Microzonazione sismica di III° Livello Comune di Salsomaggiore Terme (PR)

### 6.3.1 RSL1 - Salsomaggiore Terme - Via Fosse Ardeatine / Via Patrioti - Coltre di alterazione su FGH

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:

- Prove Lineari: 034032L22MASW25; 034032L23REMI26; 034032L23SR27
- Prove puntuali: 034032P52SC99; 034032P52SS100; 034032P52CR101; 034032P52CR102; 034032P52CU103; 034032P52CU104; 034032P54CPT106; 034032P56HVSUR108.

Nella **Fig. 6.3.1.1** sono rappresentati i dati di ingresso al software “*LSR 2D*” impiegato per le elaborazioni di III° Livello, mentre in **Fig. 6.3.1.2** vengono raffigurati gli spettri di *input* adottati.

Strato	Spessore [m]	$\rho$ [Kg/m <sup>3</sup> ]	Vs [m/s]	Ni	Modello geotecnico	Colore
1	3.00	1720.00	120.00	0.35	Salsomaggiore Terme - Loc. Tabiano	
2	3.00	1840.00	200.00	0.35	Salsomaggiore Terme - Loc. Tabiano	
3	6.00	2010.00	400.00	0.35	Salsomaggiore Terme - Loc. Tabiano	
4	8.00	2070.00	560.00	0.30	Salsomaggiore Terme - Loc. Tabiano	
5	8.00	2110.00	660.00	0.30	Salsomaggiore Terme - Loc. Tabiano	

**Fig. 6.3.1.1 - Schermata di Input tratte dal software “LSR 2D”, dove viene definito il modello sismo-stratigrafico del sito di interesse: Salsomaggiore Terme - “Via Fosse Ardeatine / Via Patrioti → Coltre di alterazione su FGH”**

## Microzonazione sismica di III° Livello Comune di Salsomaggiore Terme (PR)

### SPETTRI DI INPUT

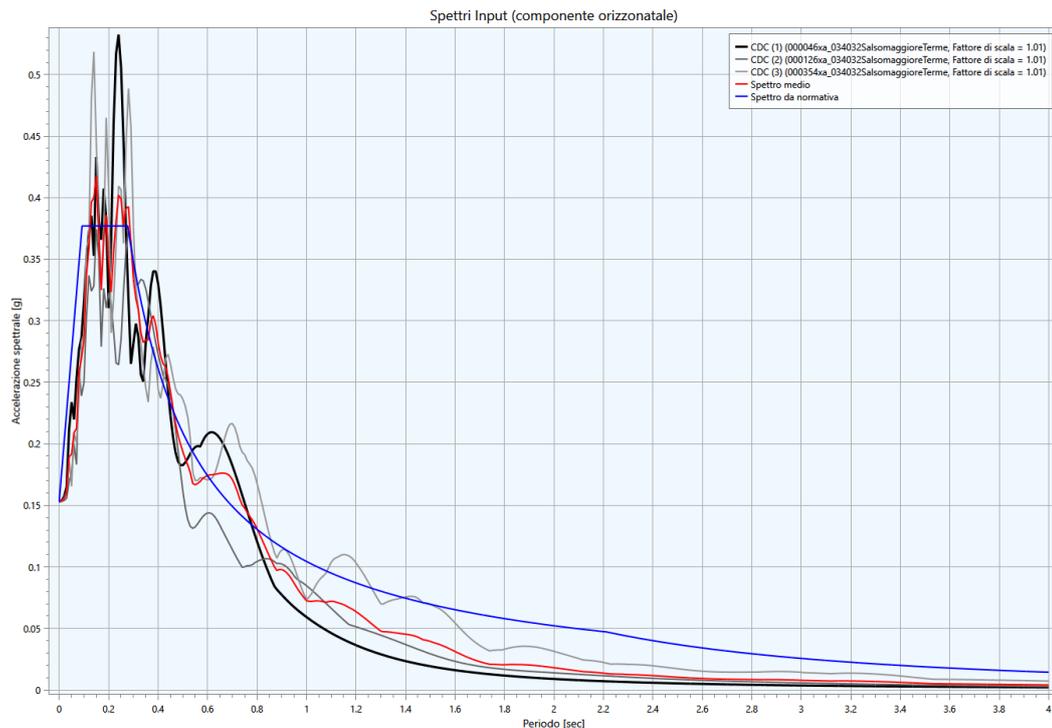


Fig. 6.3.1.2 - Spettri di risposta elastica al bedrock, calcolati per SLV con smorzamento del 5%.

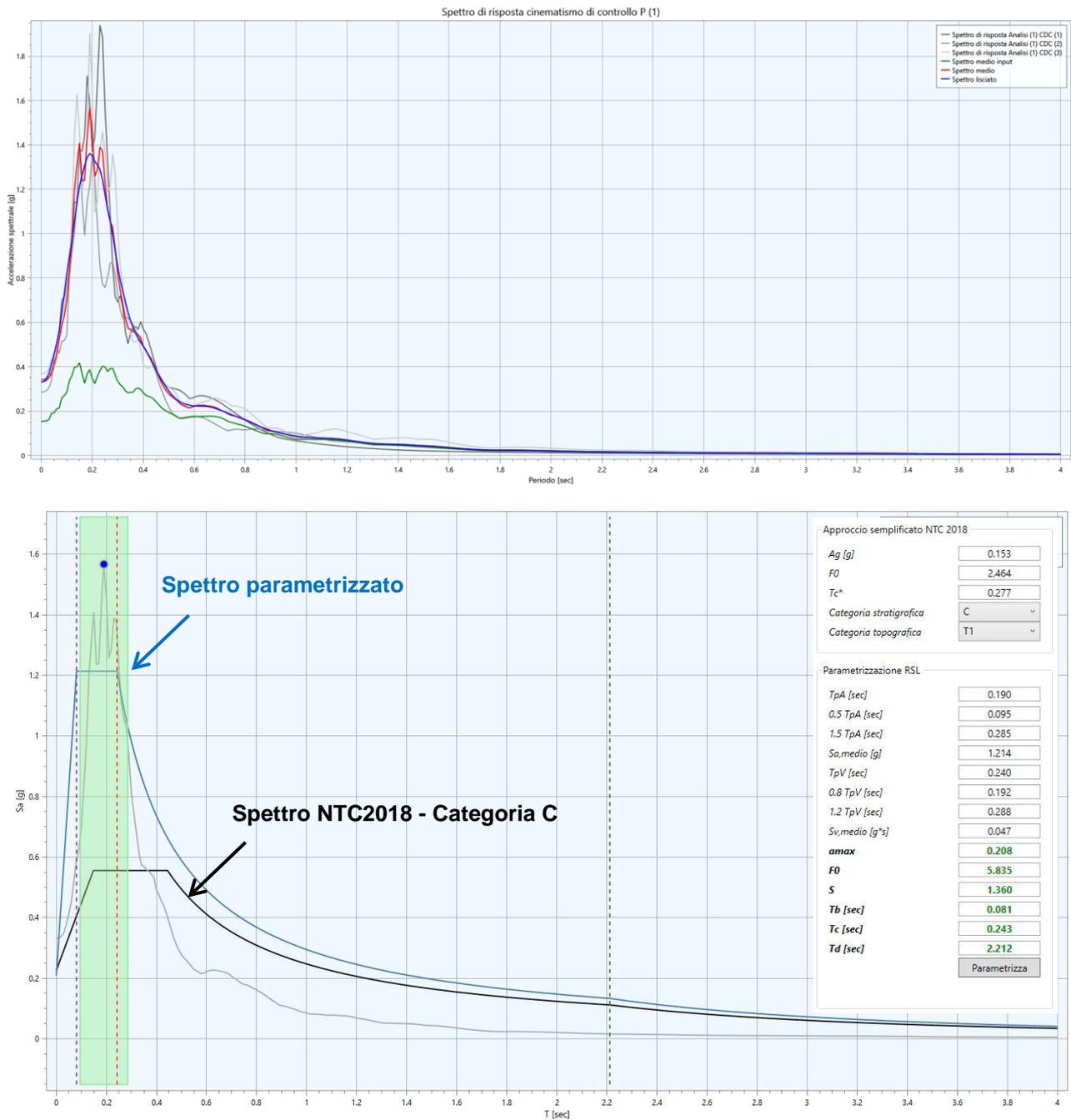
Di seguito vengono rappresentati tutti gli spettri ottenuti per ciascun fattore amplificazione analizzato.

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

Sulla base delle indagini geofisiche effettuate, si è calcolato un valore di  $V_{s30}$  pari **352 m/s**, caratteristico di un terreno di “**Categoria C**”. Osservando in dettaglio il grafico di **Fig. 6.3.1.3** si può notare come il valore dello spettro medio si vada a collocare bene al di sopra di quello semplificato di **Categoria C**; 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 **0.153 g**.

## Microzonazione sismica di III° Livello Comune di Salsomaggiore Terme (PR)



**Fig. 6.3.1.3 - 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.**

# Microzonazione sismica di III° Livello

## Comune di Salsomaggiore Terme (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  $0,5 < SI < 1,0$ .

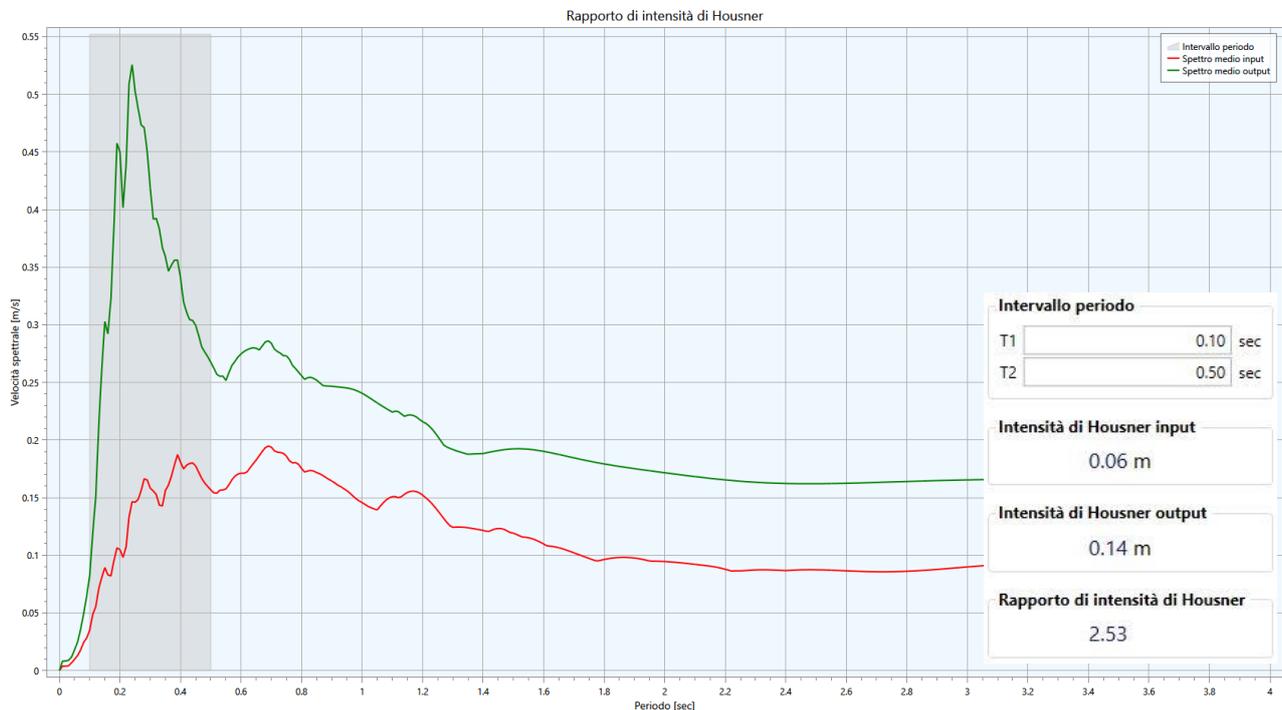


Fig. 6.3.1.4 - Intensità di *Housner* nell'intervallo  $0,1 < SI < 0,5$ .

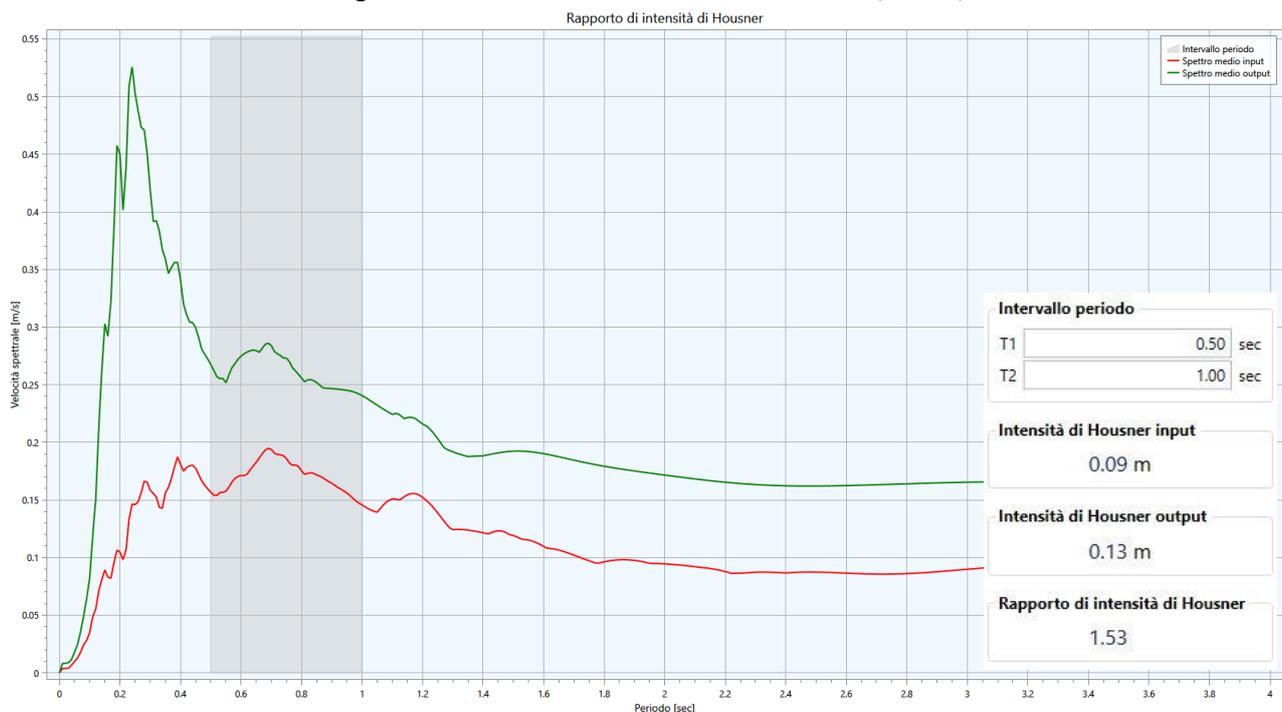
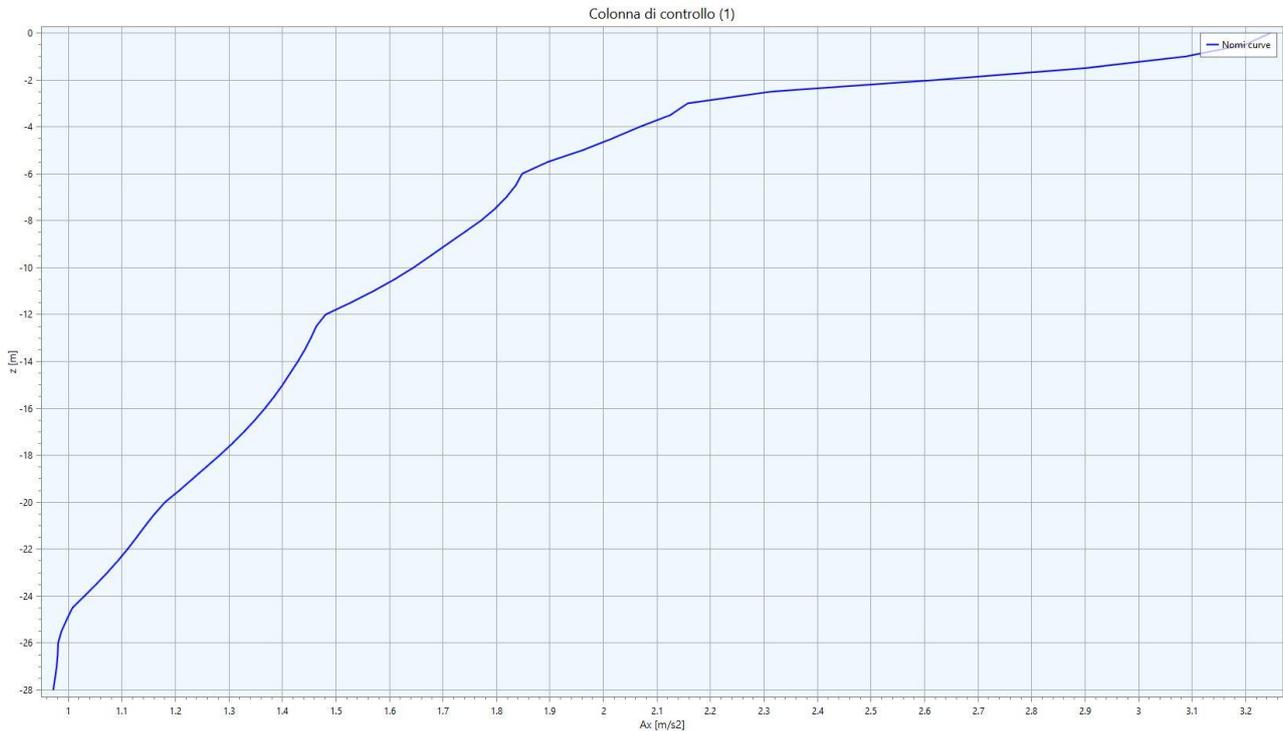


Fig. 6.3.1.5 - Intensità di *Housner* nell'intervallo  $0,5 < SI < 1,0$ .

**Microzonazione sismica di III° Livello**  
**Comune di Salsomaggiore Terme (PR)**

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

Nella **Fig. 6.3.1.6** 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.<sub>0</sub> al bedrock).



**Fig. 6.3.1.6 - 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 6m da p.c.).

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

Substrato alterato o fratturato	
Fattori di amplificazione	RSL
<b>F.A. P.G.A.</b>	<b>2,16</b>
<b>F.A. FH</b> <i>(0.1s &lt; T<sub>0</sub> &lt; 0.5s)</i>	<b>2,53</b>
<b>F.A. FH</b> <i>(0.5s &lt; T<sub>0</sub> &lt; 1.0s)</i>	<b>1,53</b>

**Tab. 6.3.1.1 - Tabella riassuntiva dei Fattori di Amplificazione della zona: Salsomaggiore Terme - "Via Fosse Ardeatine / Via Patrioti → Coltre di alterazione su FGH"**

## Microzonazione sismica di III° Livello Comune di Salsomaggiore Terme (PR)

### 6.3.2 RSL2 - Salsomaggiore Terme - Via Fosse Ardeatine / Via Patrioti - Alluvione su FGH

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:

- Prove Lineari: 034032L20MASW22.
- Prove puntuali: 034032P52SC99; 034032P52SS100; 034032P52CR101; 034032P52CR102; 034032P52CU103; 034032P52CU104; 034032P53CPT105; 034032P55HVSR107.

Nella **Fig. 6.3.2.1** sono rappresentati i dati di ingresso al software “**LSR 2D**” impiegato per le elaborazioni di III° Livello, mentre in **Fig. 6.3.2.2** vengono raffigurati gli spettri di *input* adottati.

Creazione guidata modello 1D

Generale

Varie

Larghezza base [m] 1.00

Caratteristiche bedrock

$\rho$	[Kg/m <sup>3</sup> ]	2200.00
Vs	[m/s]	800.00
Vp	[m/s]	1500.00

Strati

Strato	Spessore [m]	$\rho$ [Kg/m <sup>3</sup> ]	Vs [m/s]	Ni	Modello geotecnico	Colore
Strato (1)	1.00	1710.00	100.00	0.40	Salsomaggiore Terme - Loc. Salso - S	
Strato (2)	2.00	1800.00	170.00	0.35	Salsomaggiore Terme - Loc. Salso - S	
Strato (3)	3.00	1870.00	220.00	0.35	Salsomaggiore Terme - Loc. Salso - S	
Strato (4)	6.00	2040.00	460.00	0.35	Salsomaggiore Terme - Loc. Tabiano	
Strato (5)	2.00	2070.00	560.00	0.30	Salsomaggiore Terme - Loc. Tabiano	
Strato (6)	8.00	2110.00	660.00	0.30	Salsomaggiore Terme - Loc. Tabiano	

OK Annulla

**Fig. 6.3.2.1 - Schermata di Input tratte dal software “LSR 2D”, dove viene definito il modello sismo-stratigrafico del sito di interesse: Salsomaggiore Terme - “Via Fosse Ardeatine / Via Patrioti →Alluvione su FGH”**

# Microzonazione sismica di III° Livello

## Comune di Salsomaggiore Terme (PR)

### SPETTRI DI INPUT

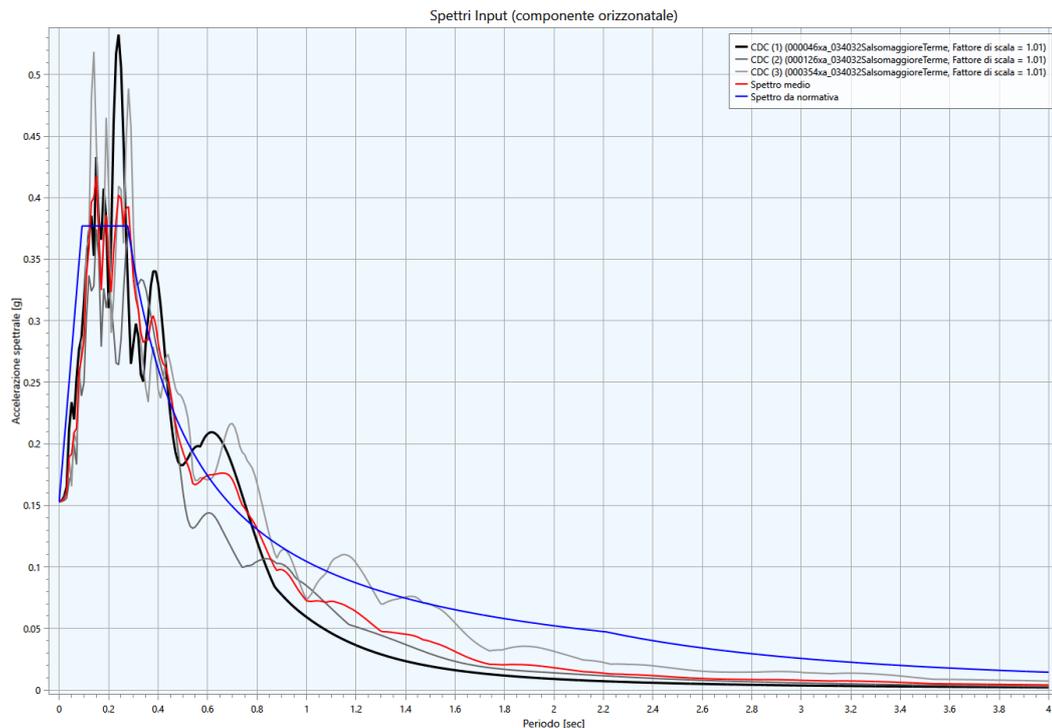


Fig. 6.3.2.2 - Spettri di risposta elastica al bedrock, calcolati per SLV con smorzamento del 5%.

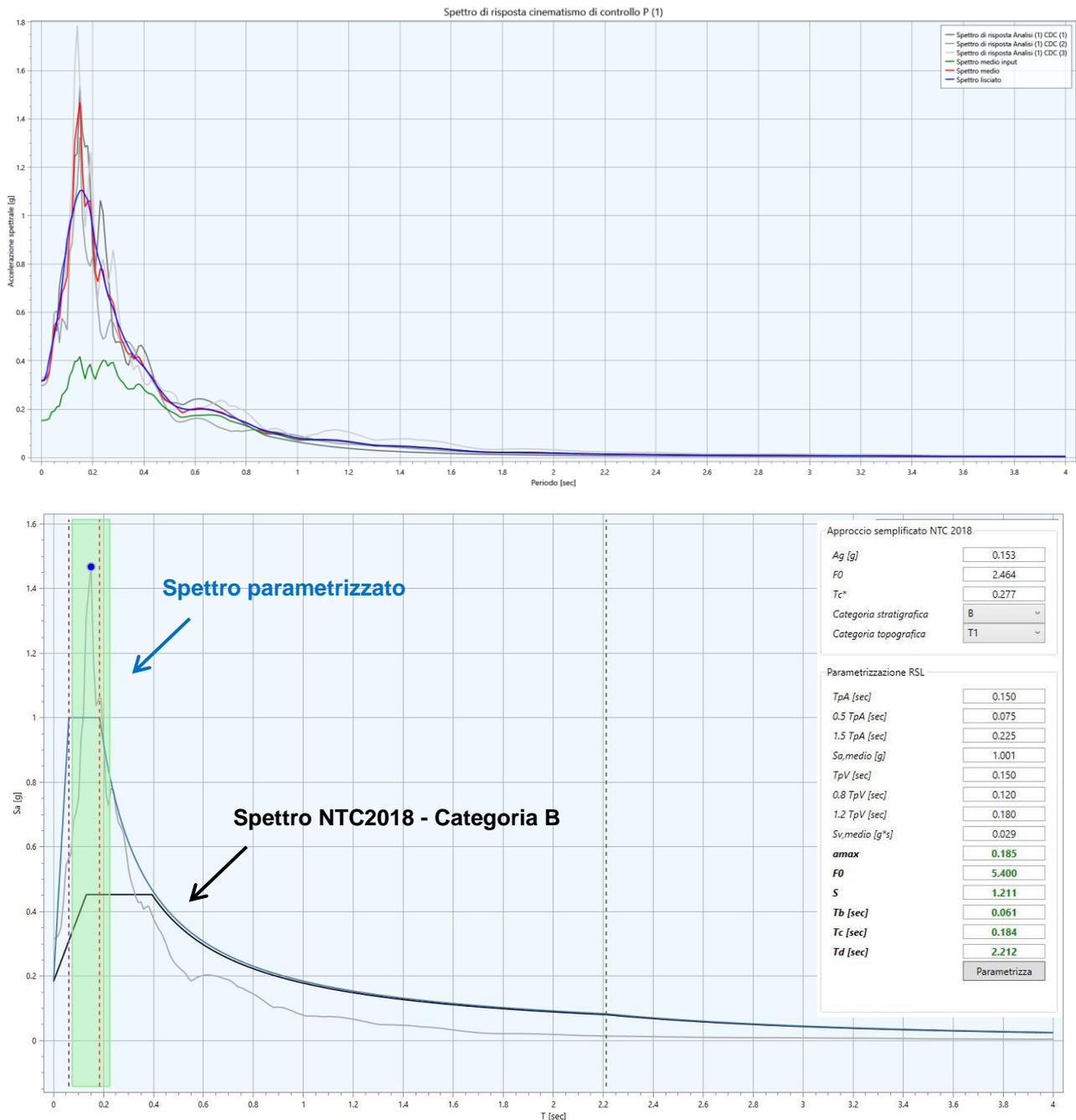
Di seguito vengono rappresentati tutti gli spettri ottenuti per ciascun fattore amplificazione analizzato.

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

Sulla base delle indagini geofisiche effettuate, si è calcolato un valore di  $V_{s30}$  pari **405 m/s**, caratteristico di un terreno di “**Categoria B**”. Osservando in dettaglio il grafico di **Fig. 6.3.2.3** si può notare come il valore dello spettro medio si vada a collocare bene 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 **0.153 g**.

## Microzonazione sismica di III° Livello Comune di Salsomaggiore Terme (PR)



**Fig. 6.3.2.3 - 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.**

# Microzonazione sismica di III° Livello

## Comune di Salsomaggiore Terme (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  $0,5 < SI < 1,0$ .

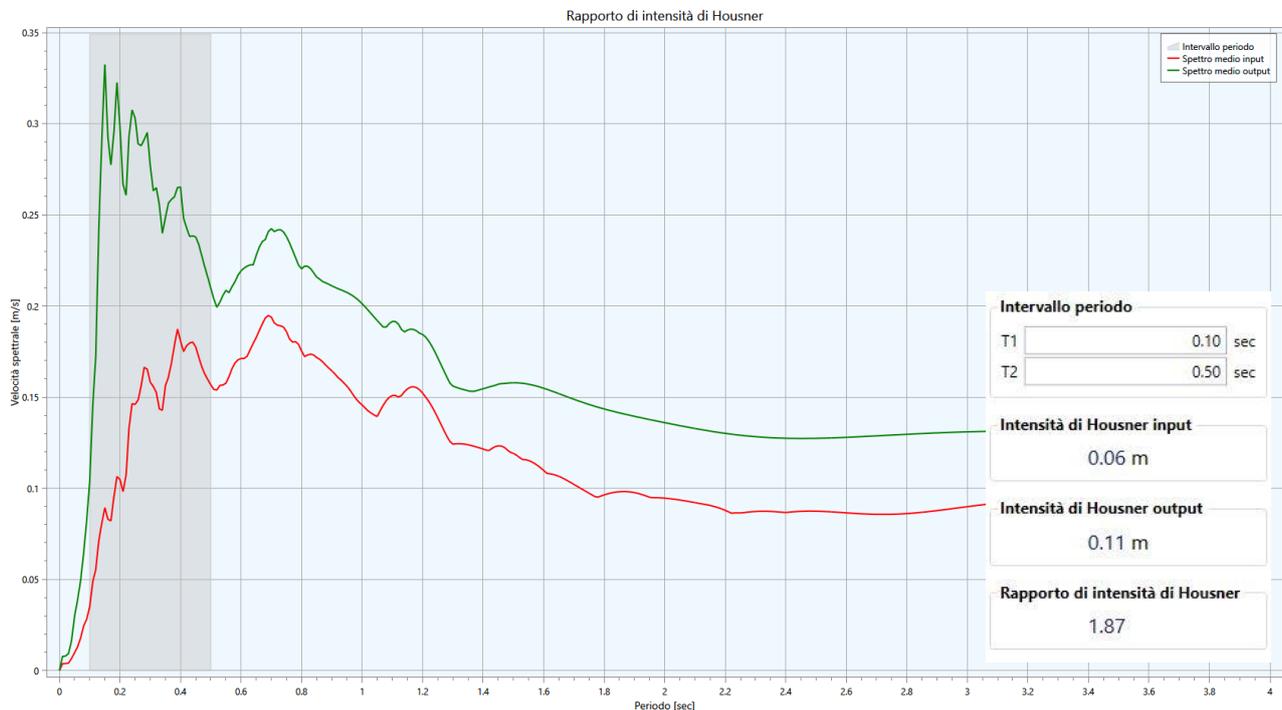


Fig. 6.3.2.4 - Intensità di *Housner* nell'intervallo  $0,1 < SI < 0,5$ .

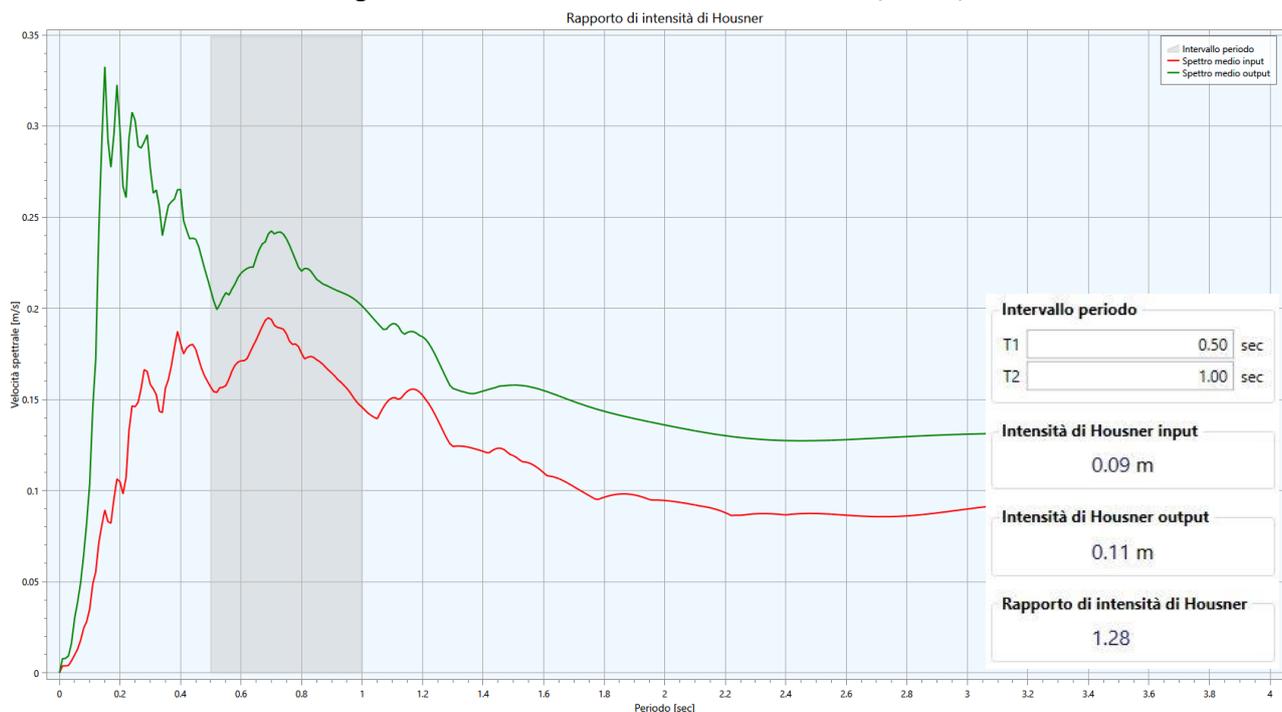
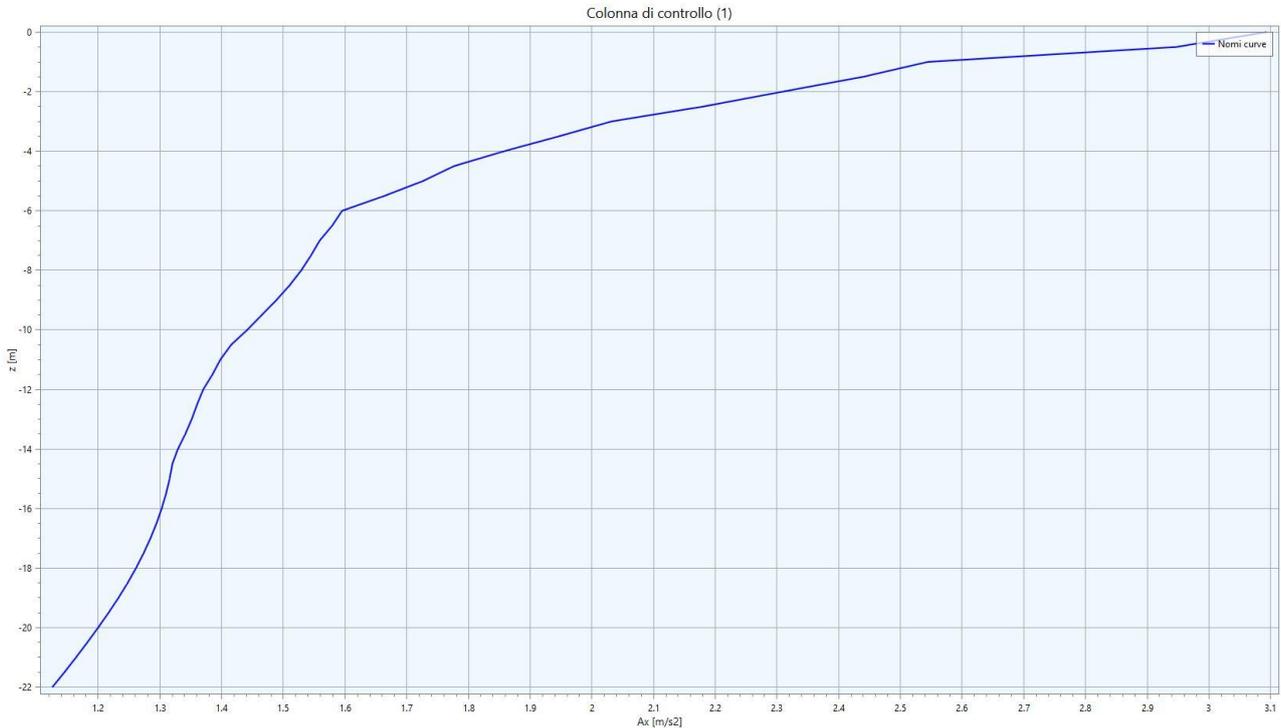


Fig. 6.3.2.5 - Intensità di *Housner* nell'intervallo  $0,5 < SI < 1,0$ .

**Microzonazione sismica di III° Livello**  
**Comune di Salsomaggiore Terme (PR)**

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

Nella **Fig. 6.3.2.6** 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.<sub>0</sub> al bedrock).



**Fig. 6.3.2.6 - 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 6m da p.c.).

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

Substrato alterato o fratturato	
<b>Fattori di amplificazione</b>	<b>RSL</b>
<b>F.A. P.G.A.</b>	<b>2,05</b>
<b>F.A. FH</b> <i>(0.1s &lt; T<sub>0</sub> &lt; 0.5s)</i>	<b>1,87</b>
<b>F.A. FH</b> <i>(0.5s &lt; T<sub>0</sub> &lt; 1.0s)</i>	<b>1,28</b>

**Tab. 6.3.2.1 - Tabella riassuntiva dei Fattori di Amplificazione della zona: Salsomaggiore Terme - "Via Fosse Ardeatine / Via Patrioti → Alluvione su FGH"**

## Microzonazione sismica di III° Livello Comune di Salsomaggiore Terme (PR)

### 6.3.3 RSL3 - Salsomaggiore Terme - “Via Fosse Ardeatine / Via Patrioti → a3 su FGH”

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:

- Prove Lineari: 034032L2MASW2.
- Prove puntuali: 034032P42S42; 034032P52SC99; 034032P52SS100; 034032P52CR101; 034032P52CR102; 034032P52CU103; 034032P52CU104.

Nella **Fig. 6.3.3.1** sono rappresentati i dati di ingresso al software “*LSR 2D*” impiegato per le elaborazioni di III° Livello, mentre in **Fig. 6.3.3.2** vengono raffigurati gli spettri di *input* adottati.

Strato	Spessore [m]	$\rho$ [Kg/m <sup>3</sup> ]	Vs [m/s]	Ni	Modello geotecnico	Colore
1 Strato (1)	1.00	1710.00	100.00	0.40	Salsomaggiore Terme - Loc. Salso	[Yellow]
2 Strato (2)	2.00	1800.00	170.00	0.35	Salsomaggiore Terme - Loc. Salso	[Orange]
3 Strato (3)	3.00	1870.00	220.00	0.35	Salsomaggiore Terme - Loc. Salso	[Light Orange]
4 Strato (4)	6.00	2040.00	460.00	0.35	Salsomaggiore Terme - Loc. Tabiano	[Dark Grey]
5 Strato (5)	2.00	2070.00	560.00	0.30	Salsomaggiore Terme - Loc. Tabiano	[Dark Grey]
6 Strato (6)	8.00	2110.00	660.00	0.30	Salsomaggiore Terme - Loc. Tabiano	[Dark Grey]

**Fig. 6.3.3.1** - Schermata di Input tratte dal software “*LSR 2D*”, dove viene definito il modello sismo-stratigrafico del sito di interesse: Salsomaggiore Terme - “Via Fosse Ardeatine / Via Patrioti → a3 su FGH”

## Microzonazione sismica di III° Livello Comune di Salsomaggiore Terme (PR)

### SPETTRI DI INPUT

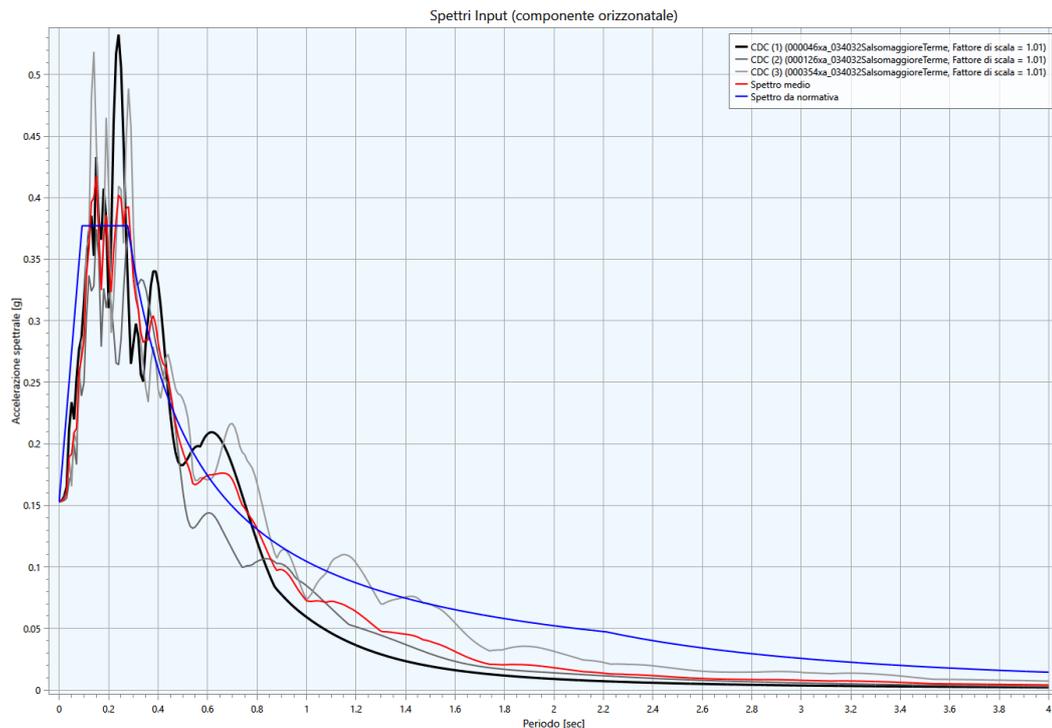


Fig. 6.3.3.2 - Spettri di risposta elastica al bedrock, calcolati per SLV con smorzamento del 5%.

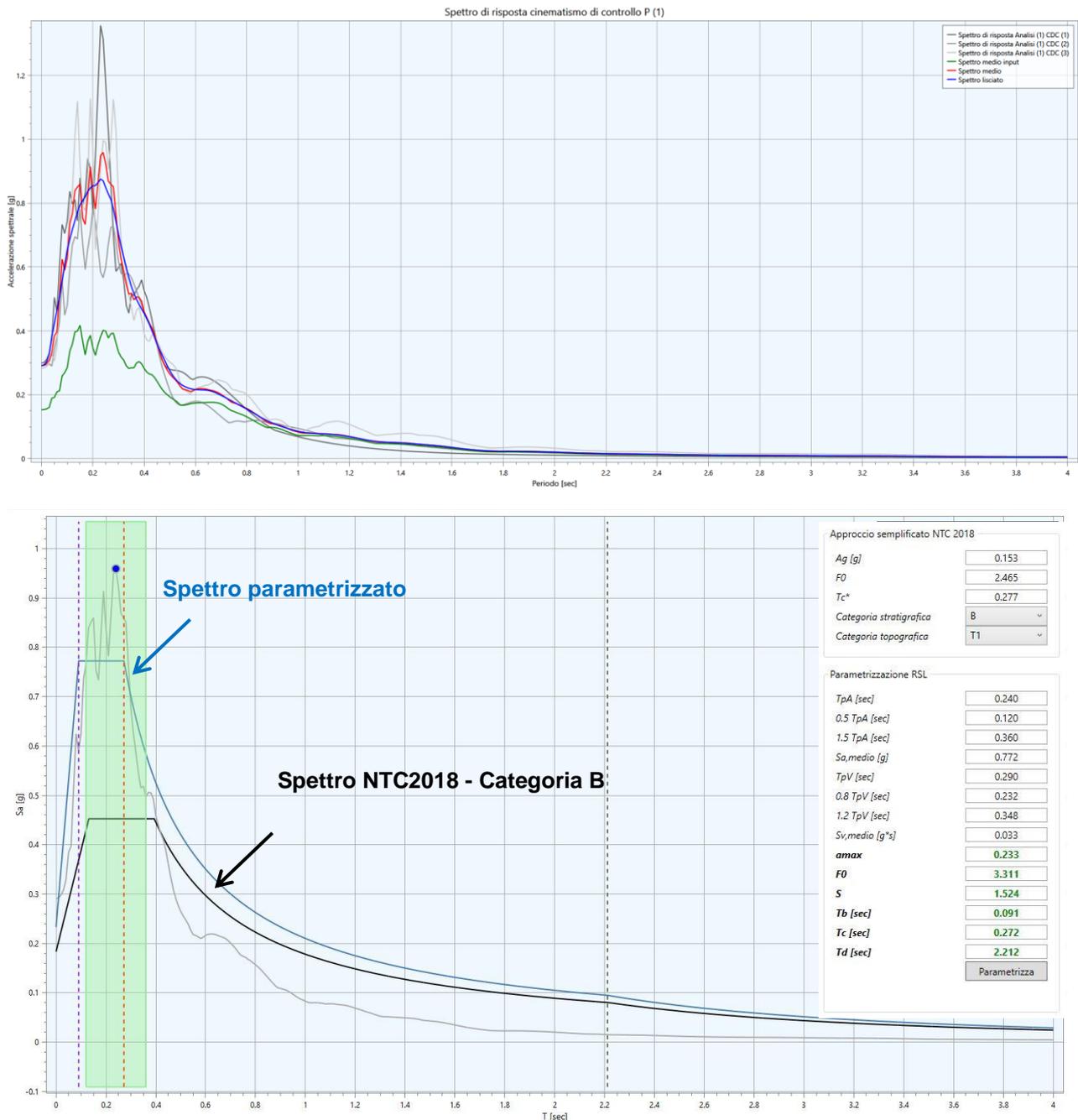
Di seguito vengono rappresentati tutti gli spettri ottenuti per ciascun fattore amplificazione analizzato.

#### 1C) Acceleration Response Spectrum - Spettri di risposta in accelerazione

Sulla base delle indagini geofisiche effettuate, si è calcolato un valore di  $V_{s30}$  pari **380 m/s**, caratteristico di un terreno di “**Categoria B**”. Osservando in dettaglio il grafico di **Fig. 6.3.3.3** si può notare come il valore dello spettro medio si vada a collocare bene 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 **0.153 g**.

## Microzonazione sismica di III° Livello Comune di Salsomaggiore Terme (PR)



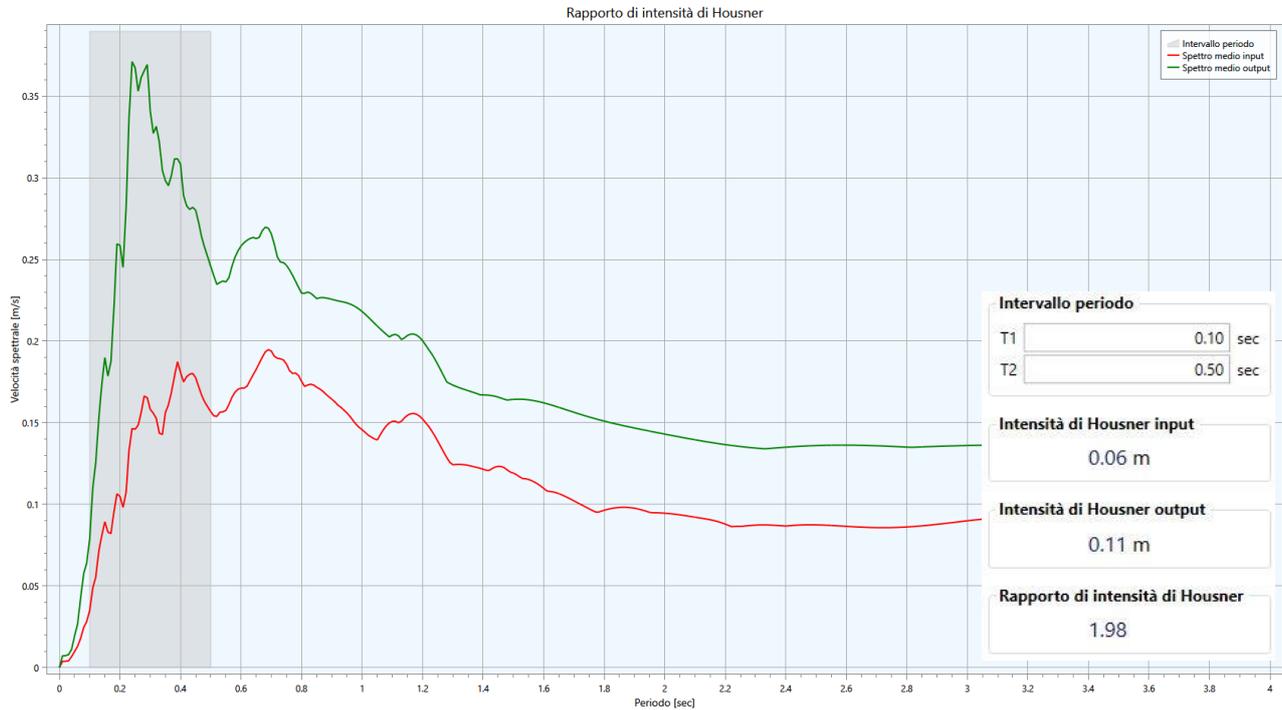
**Fig. 6.3.3.3 - Spettri di risposta elastica in superficie, calcolati per SLV con smorzamento del 5%. Sulla destra sono indicati i valori rappresentativi dello spettro medio parametrizzato secondo normativa (linea blu), considerando uno smorzamento del 5%; lo spettro ricavato con approccio semplificato, 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.**

# Microzonazione sismica di III° Livello

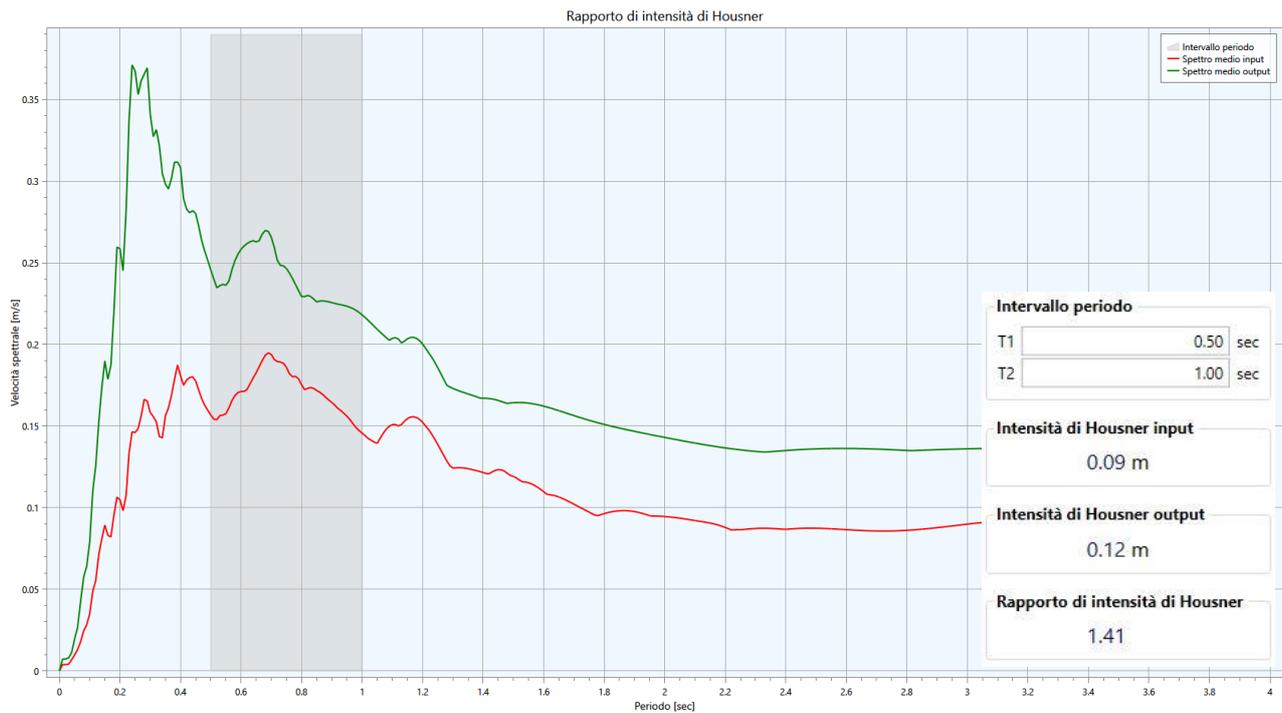
## Comune di Salsomaggiore Terme (PR)

### 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. 6.3.3.4 - Intensità di *Housner* nell'intervallo  $0,1 < SI < 0,5$ .**

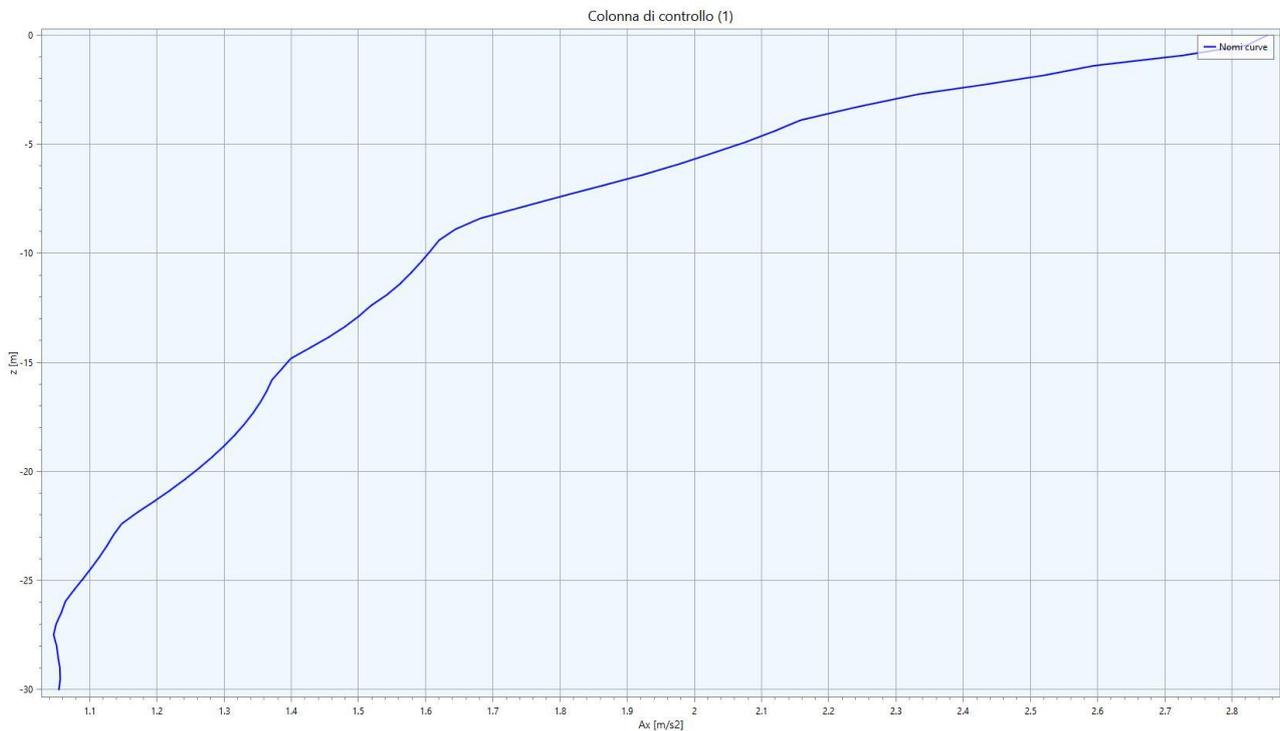


**Fig. 6.3.3.5 - Intensità di *Housner* nell'intervallo  $0,5 < SI < 1,0$ .**

## Microzonazione sismica di III° Livello Comune di Salsomaggiore Terme (PR)

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

Nella **Fig. 6.3.3.6** 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.<sub>0</sub> al bedrock).



**Fig. 6.3.3.6 - 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 6m da p.c.).

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

Substrato alterato o fratturato	
Fattori di amplificazione	RSL
<b>F.A. P.G.A.</b>	<b>1,90</b>
<b>F.A. FH</b> (0.1s < T <sub>0</sub> < 0.5s)	<b>1,98</b>
<b>F.A. FH</b> (0.5s < T <sub>0</sub> < 1.0s)	<b>1,41</b>

**Tab. 6.3.3.1 - Tabella riassuntiva dei Fattori di Amplificazione della zona: Salsomaggiore Terme - "Via Fosse Ardeatine / Via Patrioti → a3 su FGH"**

## Microzonazione sismica di III° Livello Comune di Salsomaggiore Terme (PR)

### 6.3.4 RSL4 - Bagni di Tabiano - “Area Campo Sportivo → Alluvioni su FAA”

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:

- Prove Lineari: 034032L18MASW19; 034032L19REMI20; 034032L19SR21.
- Prove puntuali: 034032P48SC90; 034032P48SS91; 034032P48CR92; 034032P48CR93; 034032P48CU94; 034032P48CU95; 034032P49CPT96; 034032P50CPT97; 034032P51HVS98.

Nella **Fig. 6.3.4.1** sono rappresentati i dati di ingresso al software “**LSR 2D**” impiegato per le elaborazioni di III° Livello, mentre in **Fig. 6.3.4.2** vengono raffigurati gli spettri di *input* adottati.

Strato	Spessore [m]	$\rho$ [Kg/m <sup>3</sup> ]	Vs [m/s]	Ni	Modello geotecnico	Colore
1	4.00	1820.00	190.00	0.35	Salsomaggiore Terme - Loc. Salso	
2	2.00	1890.00	240.00	0.35	Salsomaggiore Terme - Loc. Tabiano	
3	10.00	1940.00	300.00	0.35	Salsomaggiore Terme - Loc. Tabiano	
4	6.00	2000.00	380.00	0.35	Salsomaggiore Terme - Loc. Tabiano	
5	20.00	2050.00	520.00	0.30	Salsomaggiore Terme - Loc. Tabiano	

**Fig. 6.3.4.1** - Schermata di Input tratte dal software “**LSR 2D**”, dove viene definito il modello sismo-stratigrafico del sito di interesse: Bagni di Tabiano - “Area Campo Sportivo → Alluvioni su FAA”.

## Microzonazione sismica di III° Livello Comune di Salsomaggiore Terme (PR)

### SPETTRI DI INPUT

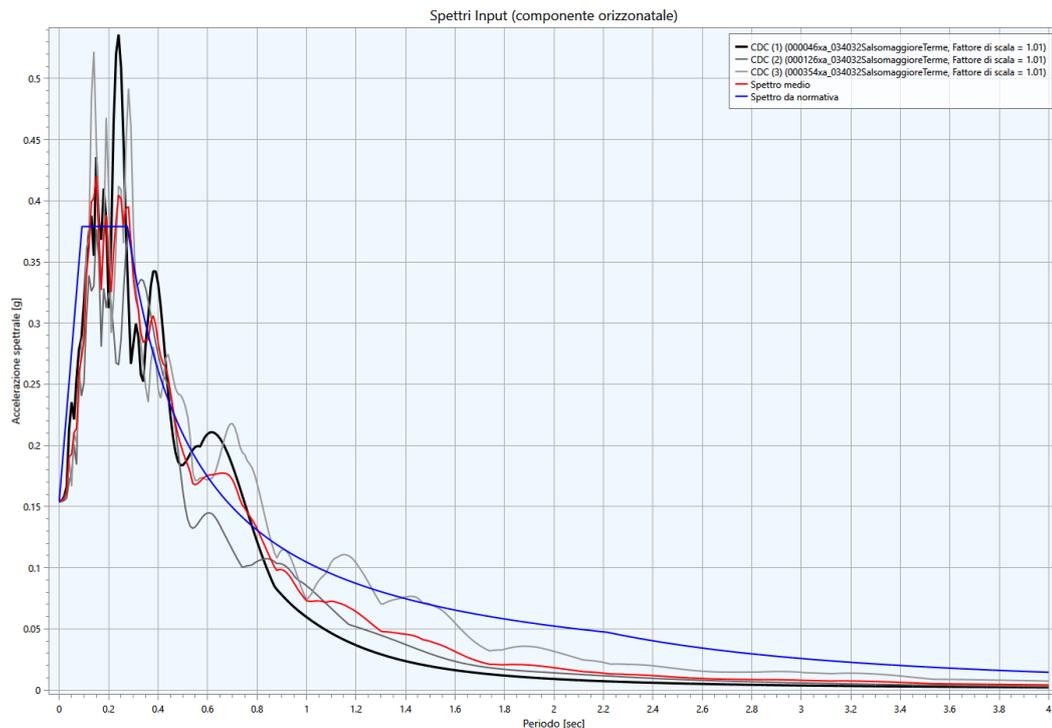


Fig. 6.3.4.2 - Spettri di risposta elastica al bedrock, calcolati per SLV con smorzamento del 5%.

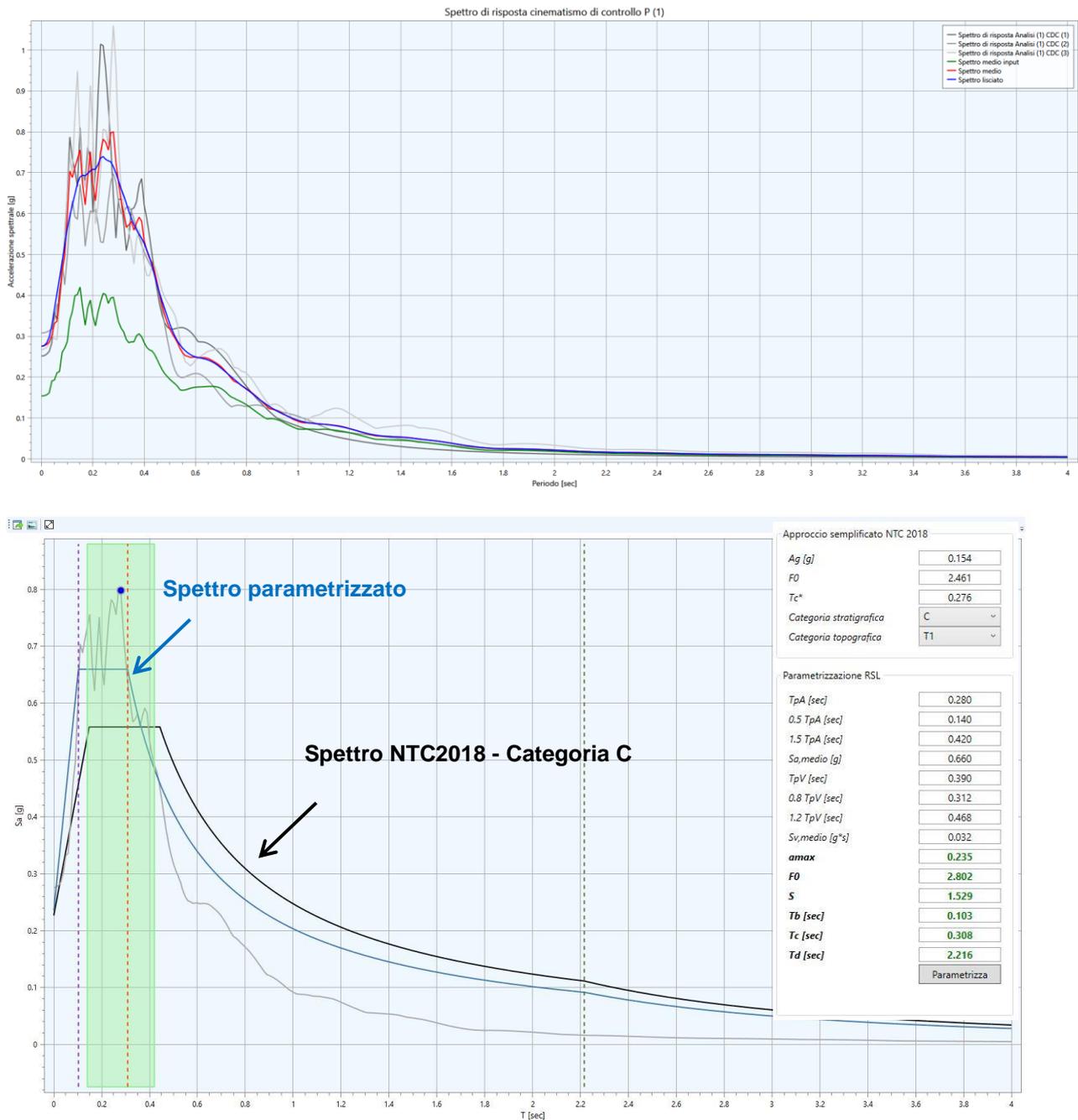
Di seguito vengono rappresentati tutti gli spettri ottenuti per ciascun fattore amplificazione analizzato.

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

Sulla base delle indagini geofisiche effettuate, si è calcolato un valore di  $V_{s30}$  pari **312 m/s**, caratteristico di un terreno di “**Categoria C**”. Osservando in dettaglio il grafico di **Fig. 6.3.4.3** si può notare come il valore dello spettro medio si vada a collocare bene al di sopra di quello semplificato di **Categoria C**; 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 **0.154 g**.

## Microzonazione sismica di III° Livello Comune di Salsomaggiore Terme (PR)



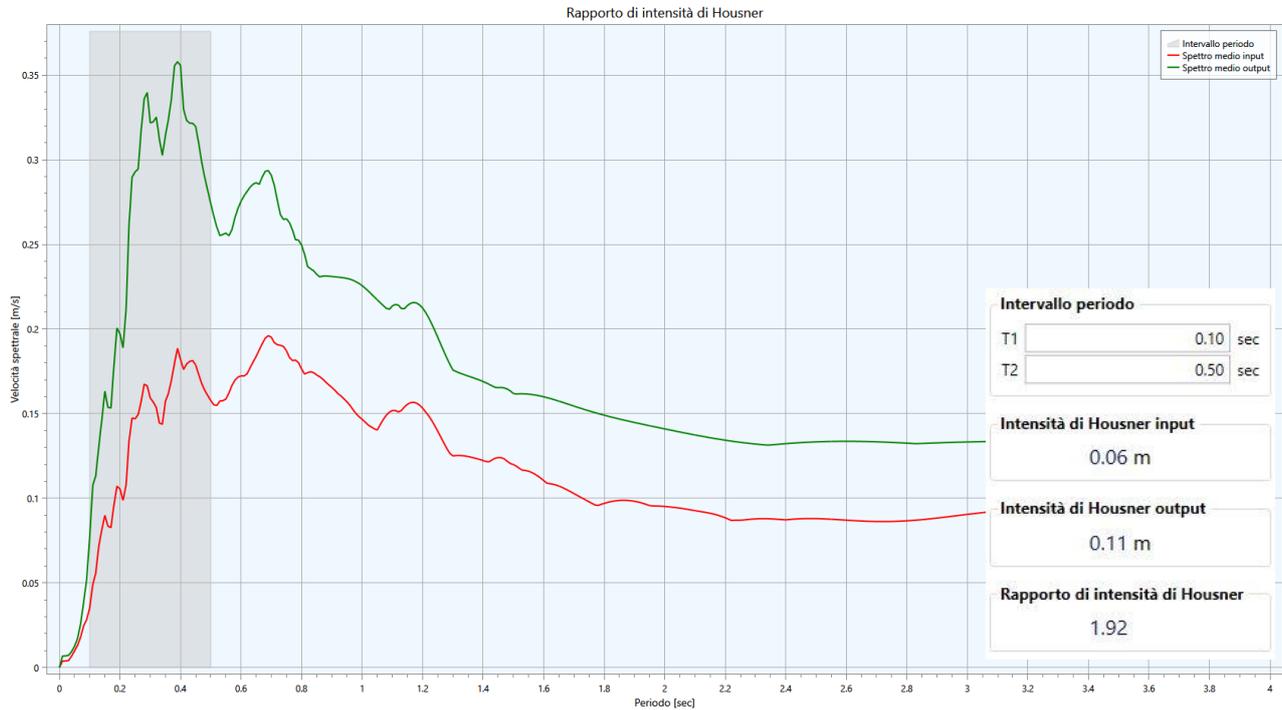
**Fig. 6.3.4.3 - Spettri di risposta elastica in superficie, calcolati per SLV con smorzamento del 5%. Sulla destra sono indicati i valori rappresentativi dello spettro medio parametrizzato secondo normativa (linea blu), considerando uno smorzamento del 5%; lo spettro ricavato con approccio semplificato, 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.**

# Microzonazione sismica di III° Livello

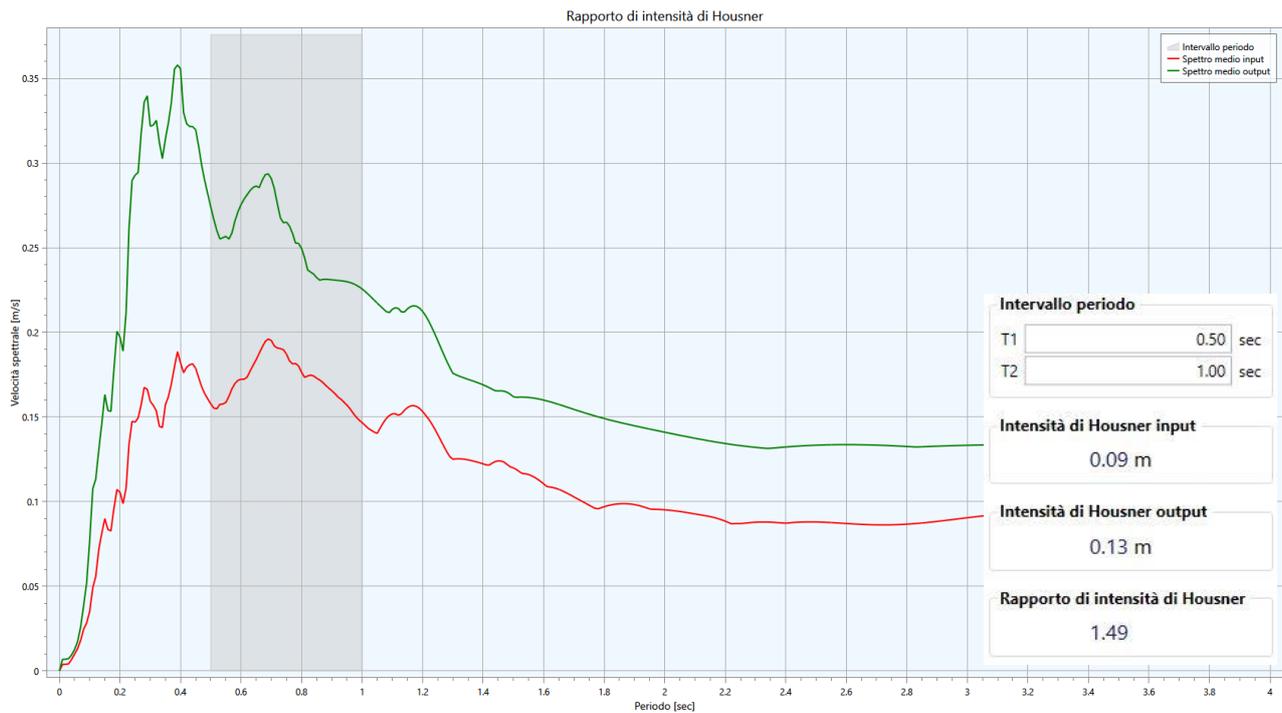
## Comune di Salsomaggiore Terme (PR)

### 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. 6.3.4.4 - Intensità di *Housner* nell'intervallo  $0,1 < SI < 0,5$ .**

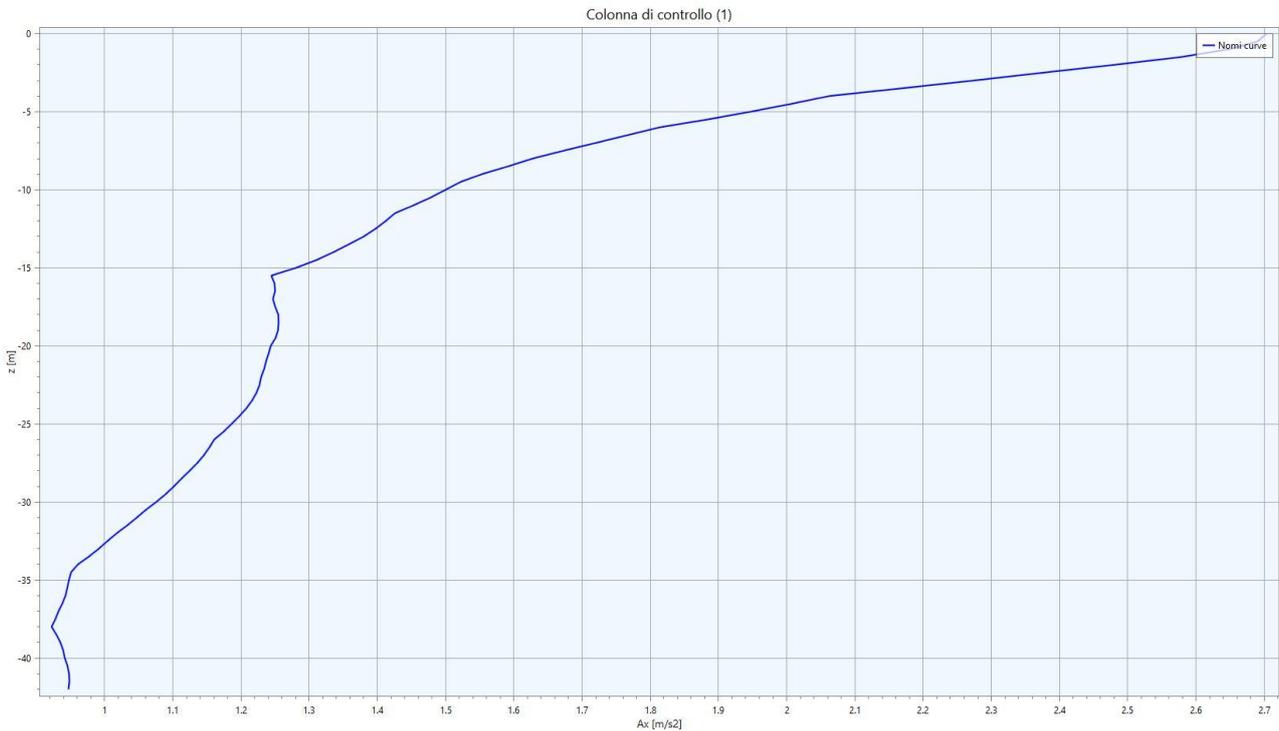


**Fig. 6.3.4.5 - Intensità di *Housner* nell'intervallo  $0,5 < SI < 1,0$ .**

**Microzonazione sismica di III° Livello**  
**Comune di Salsomaggiore Terme (PR)**

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

Nella **Fig. 6.3.4.6** 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.<sub>0</sub> al bedrock).



**Fig. 6.3.4.6 - 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 6m da p.c.).

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

Substrato alterato o fratturato	
Fattori di amplificazione	RSL
<b>F.A. P.G.A.</b>	<b>1,78</b>
<b>F.A. FH</b> (0.1s < T <sub>0</sub> < 0.5s)	<b>1,92</b>
<b>F.A. FH</b> (0.5s < T <sub>0</sub> < 1.0s)	<b>1,99</b>

**Tab. 6.3.4.1 - Tabella riassuntiva dei Fattori di Amplificazione della zona: *Bagni di Tabiano - "Area Campo Sportivo → Alluvioni su FAA"***

## Microzonazione sismica di III° Livello Comune di Salsomaggiore Terme (PR)

### 6.3.5 RSL5 - Bagni di Tabiano → “Coltre di alterazione su FAA”

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:

- Prove Lineari: 034032L4MASW4.
- Prove puntuali: 034032P44SC81; 034032P44SS82; 034032P44CR83; 034032P44CR84; 034032P44CU85; 034032P44CU86; 034032P45CPT87; 034032P46CPT88; 034032P47HVSR89.

Nella **Fig. 6.3.5.1** sono rappresentati i dati di ingresso al software “**LSR 2D**” impiegato per le elaborazioni di III° Livello, mentre in **Fig. 6.3.5.2** vengono raffigurati gli spettri di *input* adottati.

Strato	Spessore [m]	$\rho$ [Kg/m <sup>3</sup> ]	Vs [m/s]	Ni	Modello geotecnico	Colore
1	0.70	1820.00	130.00	0.40	Salsomaggiore Terme - Loc. Tabi	
2	2.30	1770.00	150.00	0.35	Salsomaggiore Terme - Loc. Tabian	
3	1.30	1770.00	165.00	0.35	Salsomaggiore Terme - Loc. Tabian	
4	3.70	1800.00	285.00	0.35	Salsomaggiore Terme - Loc. Tabian	
5	4.00	1930.00	360.00	0.35	Salsomaggiore Terme - Loc. Tabian	
6	12.00	1980.00	450.00	0.30	Salsomaggiore Terme - Loc. Tabian	
7	20.00	2040.00	535.00	0.20	Salsomaggiore Terme - Loc. Tabian	

**Fig. 6.3.5.1** - Schermata di Input tratte dal software “**LSR 2D**”, dove viene definito il modello sismo-stratigrafico del sito di interesse: Bagni di Tabiano → “Coltre di alterazione su FAA”.

## Microzonazione sismica di III° Livello Comune di Salsomaggiore Terme (PR)

### SPETTRI DI INPUT

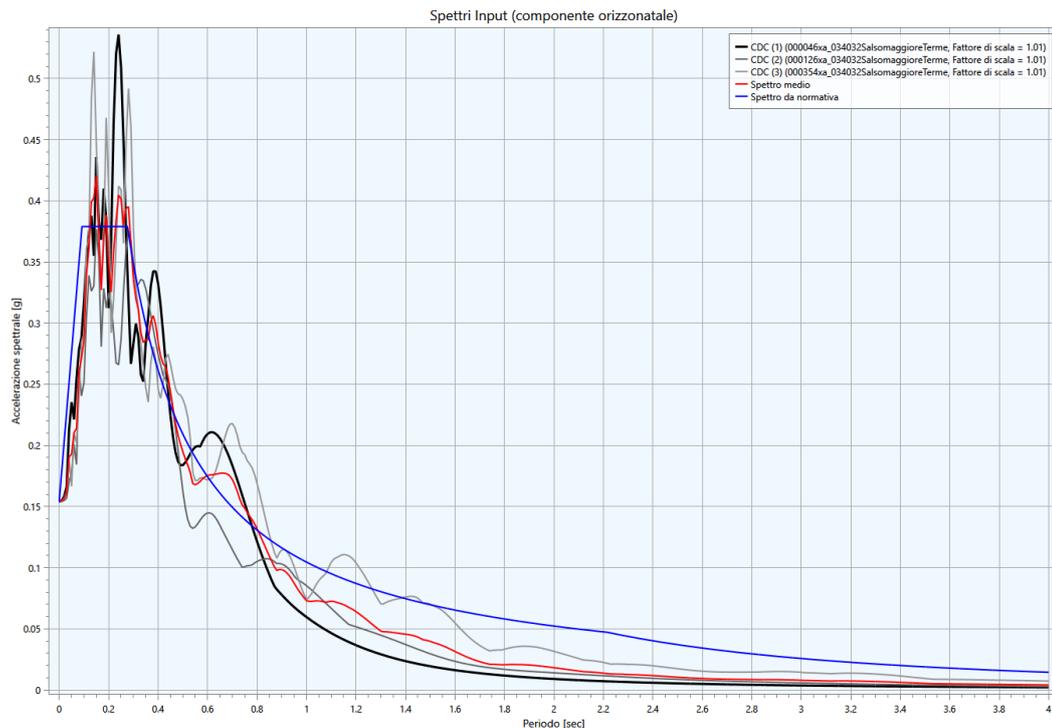


Fig. 6.3.5.2 - Spettri di risposta elastica al bedrock, calcolati per SLV con smorzamento del 5%.

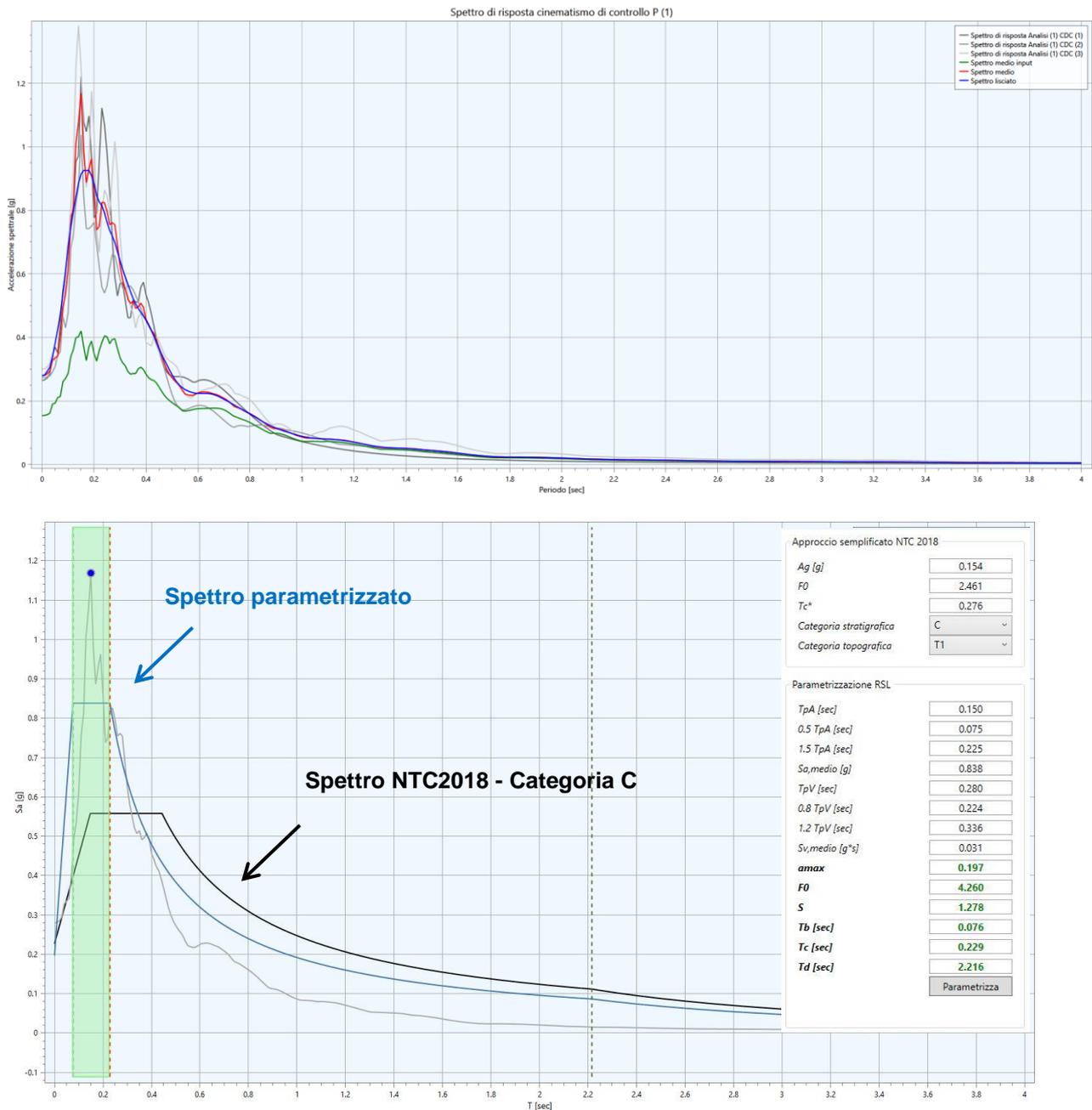
Di seguito vengono rappresentati tutti gli spettri ottenuti per ciascun fattore amplificazione analizzato.

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

Sulla base delle indagini geofisiche effettuate, si è calcolato un valore di  $V_{s30}$  pari **330 m/s**, caratteristico di un terreno di “**Categoria C**”. Osservando in dettaglio il grafico di **Fig. 6.3.5.3** si può notare come il valore dello spettro medio si vada a collocare bene al di sopra di quello semplificato di **Categoria C**; 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 **0.154 g**.

## Microzonazione sismica di III° Livello Comune di Salsomaggiore Terme (PR)

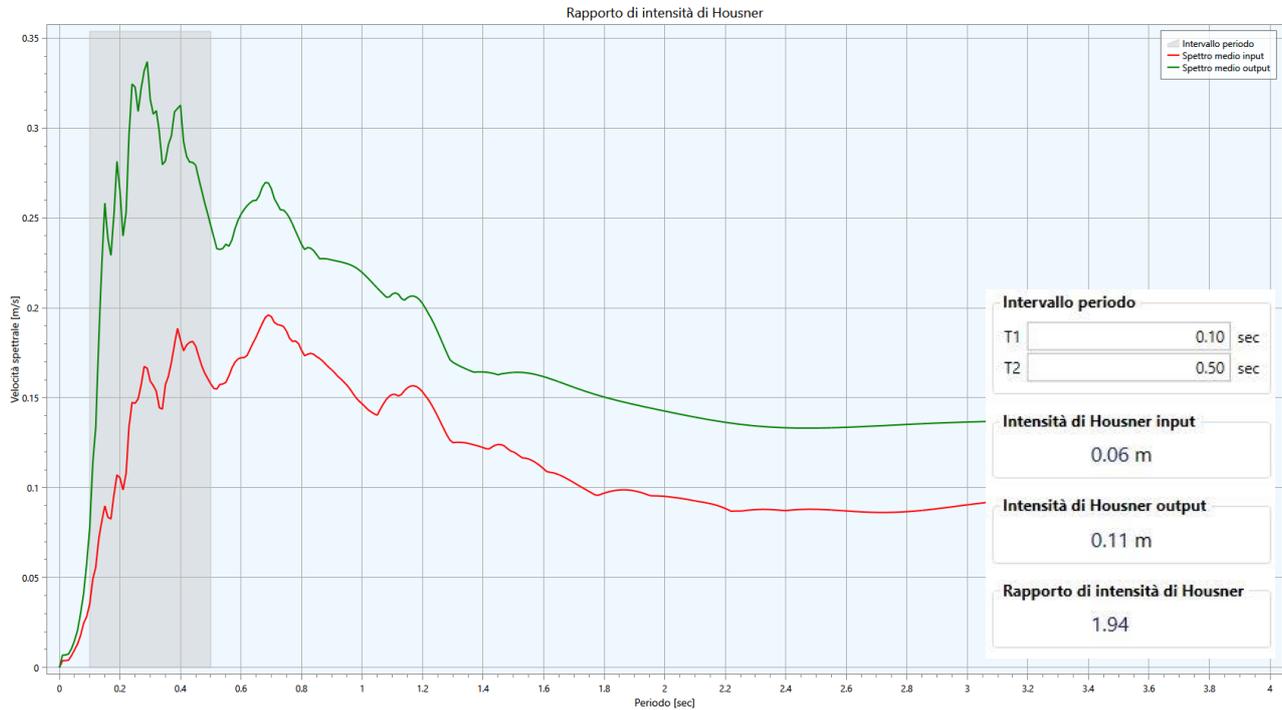


**Fig. 6.3.5.3 - Spettri di risposta elastica in superficie, calcolati per SLV con smorzamento del 5%. Sulla destra sono indicati i valori rappresentativi dello spettro medio parametrizzato secondo normativa (linea blu), considerando uno smorzamento del 5%; lo spettro ricavato con approccio semplificato, 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.**

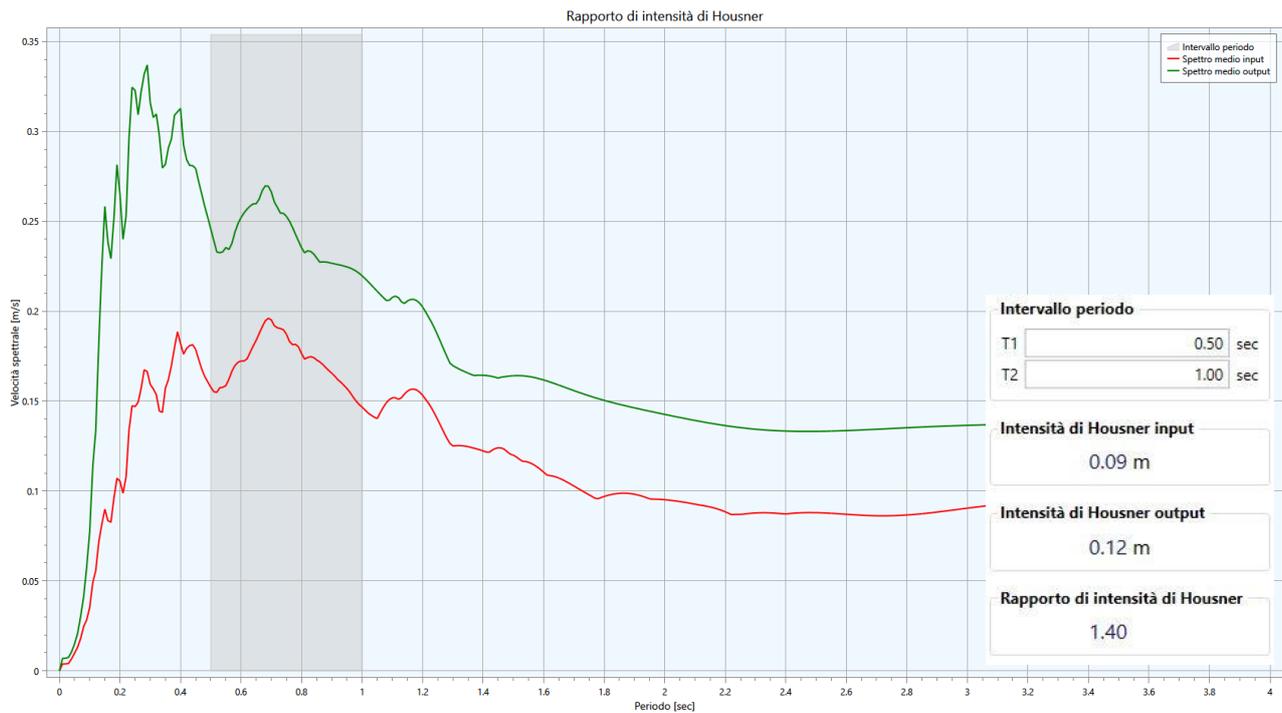
## Microzonazione sismica di III° Livello Comune di Salsomaggiore Terme (PR)

### 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. 6.3.5.4 - Intensità di *Housner* nell'intervallo  $0,1 < SI < 0,5$ .**

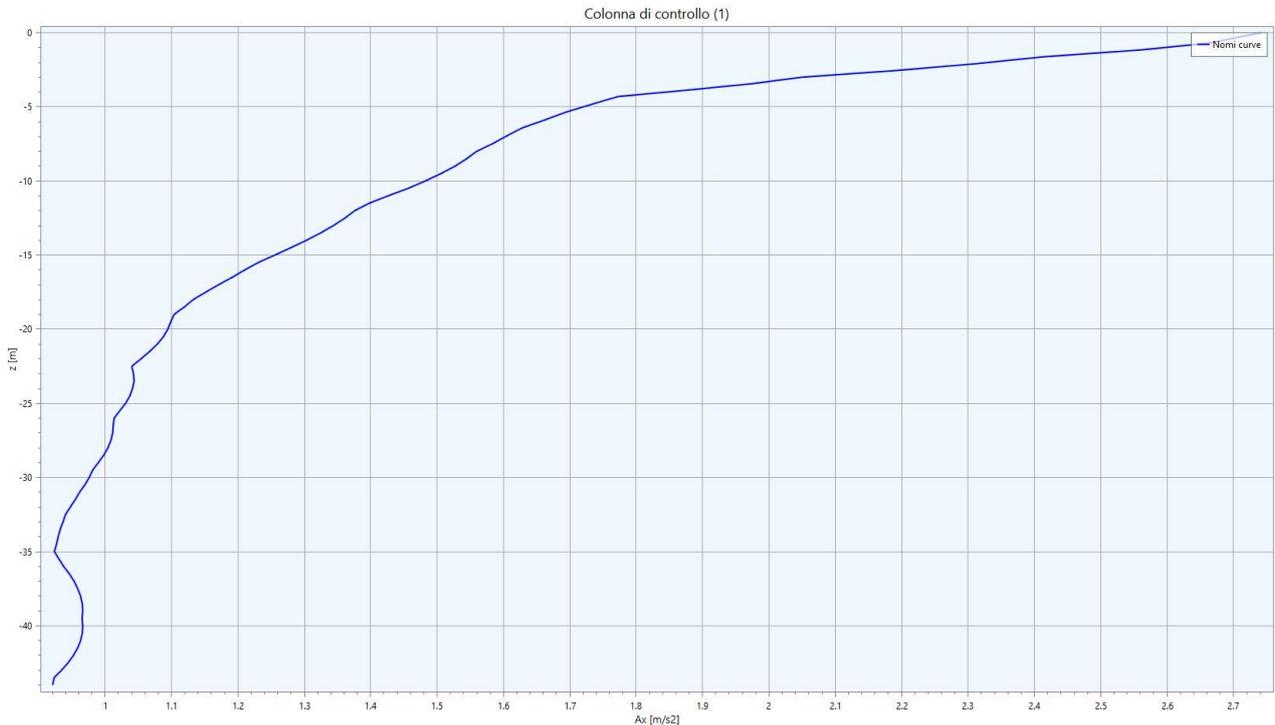


**Fig. 6.3.5.5 - Intensità di *Housner* nell'intervallo  $0,5 < SI < 1,0$ .**

**Microzonazione sismica di III° Livello**  
**Comune di Salsomaggiore Terme (PR)**

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

Nella **Fig. 6.3.5.6** 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.<sub>0</sub> al bedrock).



**Fig. 6.3.5.6 - 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 8m da p.c.).

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

Substrato alterato o fratturato	
Fattori di amplificazione	RSL
<b>F.A. P.G.A.</b>	<b>1,81</b>
<b>F.A. FH</b> ( $0.1s < T_0 < 0.5s$ )	<b>1,94</b>
<b>F.A. FH</b> ( $0.5s < T_0 < 1.0s$ )	<b>1,40</b>

**Tab. 6.3.5.1 - Tabella riassuntiva dei Fattori di Amplificazione della zona: Bagni di Tabiano → "Coltre di alterazione su FAA"**

## **Microzonazione sismica di III° Livello**

**Comune di Salsomaggiore Terme (PR)**

---

I dati ricavati dallo studio di RSL sono poi stati inseriti nei database in modo da poter realizzare la cartografia relativa ai "Fattori di Amplificazione - F.A." richiesti.

Nello specifico, per gli ambiti di studio individuati, sono stati prodotti i seguenti elaborati:

- **Carta del Fattore di Amplificazione F.A. pga;**
- **Carta del Fattore di Amplificazione F.A. FH 0,1-0,5;**
- **Carta del Fattore di Amplificazione F.A. FH 0,5-1,0.**

## **7. ELABORATI CARTOGRAFICI**

---

Nel seguito della relazione verranno descritte in maniera più dettagliata le cartografie di analisi realizzate a corredo dello studio di microzonazione sismica, suddividendole per livello di approfondimento.

### **7.1 Carta delle indagini**

---

**Carta delle indagini:** ottenuta andando ad integrare le indagini puntuali e lineari già catalogate all'interno del *data-base* in formato *access* realizzato nello studio di “**Microzonazione Sismica di livello 2**”, con quelle di nuova realizzazione (a corredo del presente studio - **Allegato 1**). Le indagini sono state suddivise per tipologia e opportunamente codificate grazie all' utilizzo del software “*SoftMs - Versione 4.0.1*”.

Sono state prodotte due carte, che vengono presentate come **Elaborato 1**:

- “**1a - Carta delle indagini**” alla **scala 1:15000** su formato A0 (118,9x84,1 cm), dove si presentano tutte le indagini che sono state catalogate sull'intero territorio comunale.
- “**1b - Carta delle nuove indagini**” alla **scala 1:2000** su formato A1 (59,4x84,1 cm), dove si presentano le aree di realizzazione delle nuove indagini a corredo del presente studio. Per i due ambiti di Tabiano è stato realizzato un unico stralcio.

All'interno di ciascun elaborato grafico sono state distinte le indagini in base alla tipologia, in:

- *sondaggio a distruzione di nucleo;*
- *sondaggio a carotaggio continuo;*
- *sondaggio a carotaggio continuo che intercetta il substrato;*
- *prova penetrometrica statica con punta meccanica (CPT)*
- *Stazione microtremore a stazione singola;*
- *MASW;*
- *Profilo sismico a rifrazione;*
- *Prova REfraction Microtremors.*

## Microzonazione sismica di III° Livello Comune di Salsomaggiore Terme (PR)

---

come raffigurato nella legenda riportata in **Fig. 7.1** e contenuta nell'**Elaborato 1**.

Va precisato che le prove di laboratorio relative ai campioni prelevati nei tre sondaggi realizzati, non figurano in carta, ma sono state opportunamente riportate in **Tabella 4.1**; sono quindi state archiviate nel database GIS con un codice identificativo, che per precisione è stato ulteriormente riportato sulla prima pagina di ciascuna di esse. Per verificare il numero preciso di indagini relative ad ogni ambito, anche in questo caso si rimanda alla tabella sopra indicata.

### Indagini

	Sondaggio a distruzione di nucleo
	Sondaggio a carotaggio continuo
	Sondaggio a carotaggio continuo che intercetta il substrato
	Prova penetrometrica statica con punta meccanica (CPT)
	Stazione microtremore a stazione singola
	MASW
	Profilo sismico a rifrazione
	Prova REfraction Microtremors

**Fig. 7.1 - Rappresentazione della legenda della carta delle indagini**

## **7.2 Carta delle frequenze naturali dei terreni**

---

**Carta delle indagini:** ottenuta sulla base di tutti i dati derivanti dalle indagini HVSR disponibili.

In queste carte sono stati riportati tutti i punti di misura, 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 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, come riportato in **Fig. 7.2**:

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

Inoltre, sono state utilizzate simbologie diverse a seconda che la prova sia caratterizzata, in corrispondenza della frequenza principale, da un alto contrasto di impedenza ( $H/V > 3$ ) o da un basso contrasto di impedenza (ampiezza  $H/V \leq 3$ ).

Sono state prodotte due carte, che vengono presentate come **Elaborato 2**:

- **“2a - Carta delle frequenze naturali del terreno”** alla **scala 1:10.000** su formato personalizzato (148x120cm), dove si presentano tutte le indagini HVSR che sono state catalogate sull'intero territorio comunale.

## Microzonazione sismica di III° Livello

Comune di Salsomaggiore Terme (PR)

- **2b - Carta delle frequenze naturali del terreno**” alla scala 1:2.000 su formato A1 (59,4x84,1 cm), dove si presentano in maggior dettaglio le aree dove si sono concentrate le indagini nello studio di 3° livello.

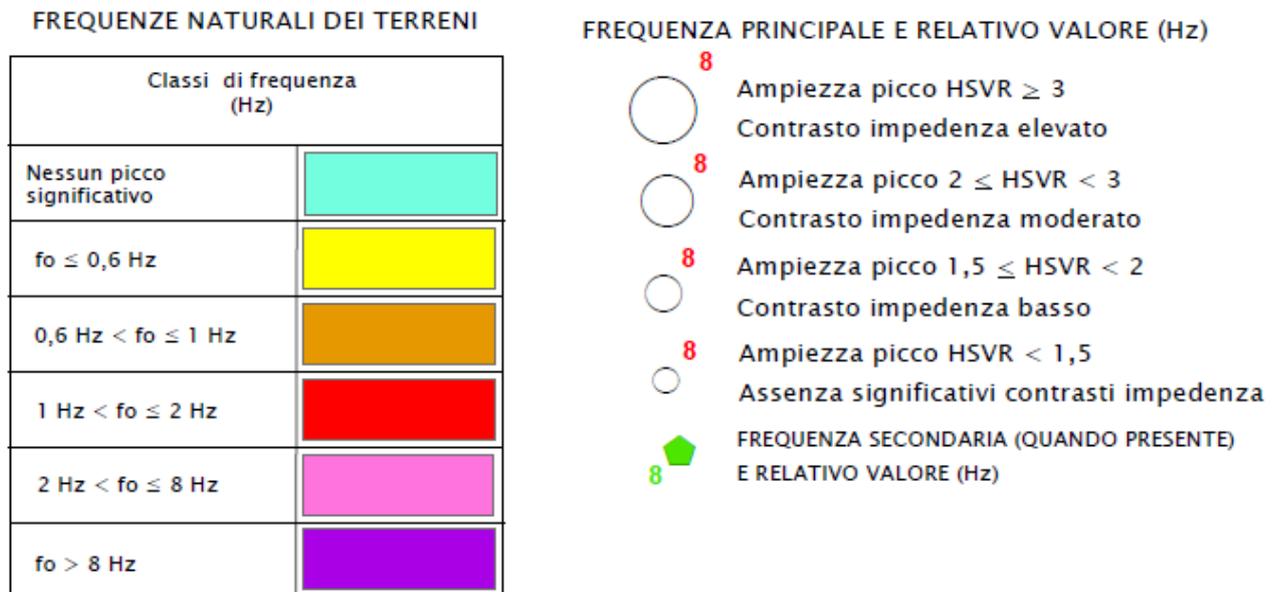


Fig. 7.2 - Rappresentazione della legenda della carta delle frequenze naturali del terreno

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

**Carta delle indagini:** ottenuta sulla base di tutti i profili di Vs ricavabili dalle indagini eseguite, distinguendoli a seconda della tipologia di prova effettuata (REMi, MASW e HVSR) e indicando il corrispondente valore di Vs30 o di VsH (in m/s) come in legenda di **Fig. 7.3**, dove:

$$V_{S_H} = \frac{H}{\sum \frac{h_i}{V_{S_i}}}$$

$H$  = 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*);

$$V_{S_{30}} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{V_{S_i}}}$$

$h_i$  = spessore (in metri) dello strato  $i$ -esimo (fino alla profondità di 30 m);  
 $V_{S_i}$  = velocità (in m/s) dello strato  $i$ -esimo (fino alla profondità di 30 m).



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. 7.3 - Rappresentazione della legenda della carta della velocità delle onde di taglio S (Vs)**

## **Microzonazione sismica di III° Livello**

### **Comune di Salsomaggiore Terme (PR)**

---

A riguardo, va chiarito che, si è indicato VsH quando la profondità (H, anch'essa rappresentata nelle carte) da p.c. del contrasto di velocità più significativo individuato dalle prove è risultata compresa tra 3 e 50 m, mentre, per profondità inferiori a 3 m o superiori a 50 m è stato riportato il valore di Vs30.

Sono state prodotte due carte, che vengono presentate come **Elaborato 2**:

- **“3a - Carta delle velocità delle onde di taglio S (Vs)”** alla **scala 1:10.000** su formato personalizzato (148x120cm), dove si presentano tutte le indagini HVSR che sono state catalogate sull'intero territorio comunale.
  
- **3b - Carta delle velocità delle onde di taglio S (Vs)”** alla **scala 1:2.000** su formato A1 (59,4x84,1 cm), dove si presentano in maggior dettaglio le aree dove si sono concentrate le indagini nello studio di 3° livello.

## Microzonazione sismica di III° Livello Comune di Salsomaggiore Terme (PR)

### 7.4 Carta Geologico Tecnica.

Rispetto agli standard di rappresentazione e archiviazione informatica utilizzati nello studio di Microzonazione Sismica di 2° livello” (Versione 2.0), nello studio di 3° livello è stata utilizzata una differente classificazione del substrato geologico secondo quanto indicato dagli standard di riferimento (Versione 4.0) (Tabella 7.1).

**Tabella. 7.1 - Confronto fra le classi di substrato geologico passando dalla versione degli standard di archiviazione 2.0 alla versione 4.0.**

Standard 2.0	Standard 4.0	
<b>Substrato geologico rigido o non rigido</b>	<b>Substrato geologico</b>	
LP Lapidèo	LP	Lapideo
GR Granulare cementato	GR	Granulare cementato
CO Coesivo sovraconsolidato	CO	Coesivo sovraconsolidato
AL Alternanza di litotipi	AL	Alternanza di litotipi
NR Substrato geologico non rigido	LPS	Lapideo, stratificato
SF Substrato geologico rigido molto fratturato	GRS	Granulare cementato, stratificato
LPS Lapidèo, stratificato	COS	Coesivo sovraconsolidato, stratificato
GRS Granulare cementato, stratificato	ALS	Alternanza di litotipi, stratificato
COS Coesivo sovraconsolidato, stratificato	SFLP	Lapideo fratturato / alterato
ALS Alternanza di litotipi, stratificato	SFGR	Granulare cementato fratturato / alterato
NRS Substrato geologico non rigido, stratificato	SFCO	Coesivo sovraconsolidato fratturato / alterato
	SFAL	Alternanza di litotipi fratturato / alterato
	SFLPS	Lapideo, stratificato fratturato / alterato
	SFGRS	Granulare cementato, stratificato fratturato / alterato
	SFCOS	Coesivo sovraconsolidato, stratificato fratturato / alterato
	SFALS	Alternanza di litotipi, stratificato fratturato / alterato

In particolare, le differenze sostanziali rispetto al precedente studio, derivano dall'aver eliminato le seguenti categorie:

- NR - Substrato geologico non rigido;
- NRS - Substrato geologico non rigido, stratificato.

In questa fase di riclassificazione, sulla base delle caratteristiche litologiche e stratigrafiche delle formazioni geologiche affioranti in carta, si è cercato di definire una particolare tipologia di substrato geologico (Tabella 7.1)(Tabella 7.3); si è inoltre resa necessaria l'attribuzione di un valore (Tabella 7.2) che potesse rappresentare lo stato di addensamento e consistenza del substrato. Operazione simile è stata fatta cercando di classificare le coperture, attribuendo anche ad esse il grado di addensamento/consistenza rappresentativo (Fig. 7.4).

## Microzonazione sismica di III° Livello

### Comune di Salsomaggiore Terme (PR)

È stata prodotta una carta con delle sezioni geologiche illustrative, che viene presentata come **Elaborato 2**:

- **“2 - Carta geologico-tecnica”** alla **scala 1:10000** su formato personalizzato (150,5x84,1 cm), dove vengono rappresentate le aree urbanizzate già interessate dallo studio di **“Microzonazione Sismica di livello 2”**, seguendo i nuovi standard di riferimento (Versione 4.0).
- **“2.1 - Carta geologico-tecnica” Stralci** alla **scala 1:5000** su formato personalizzato (170x95 cm), dove vengono rappresentate in maggior dettaglio le aree relative alle sezioni geologiche prodotte.
- **“2a e 2b - Sezioni geologiche a corredo della Carta geologico-tecnica”** dove vengono presentate le sezioni geologiche già realizzate nello studio di **“Microzonazione Sismica di livello 2”**, seguendo però i nuovi standard di riferimento con le opportune modifiche sopra descritte (Versione 4.0).

**Tabella. 7.2 - Elenco delle formazioni geologiche affioranti in carta, suddivise in base alla loro natura: a ciascuna di esse è associata una classe di substrato geologico ed il livello di addensamento/consistenza attribuito.**

NATURA	STATO DI ADDENSAMENTO/CONSISTENZA	VALORE ATTRIBUITO
<b>GRANULARE</b>	Addensato	11
	Moderatamente addensato	12
	Poco addensato	13
	Sciolto	14
<b>COESIVA</b>	Coesivo estremamente consistente	21
	Coesivo molto consistente	22
	Coesivo consistente	23
	Coesivo moderatamente consistente	24
	Coesivo poco consistente	25
	Coesivo privo di consistenza	26
<b>ALTRO</b>	Substrato geologico fratturato o alterato	31

## Microzonazione sismica di III° Livello

Comune di Salsomaggiore Terme (PR)

Tabella 7.2 - Elenco delle formazioni geologiche affioranti in carta, suddivise in base alla loro natura: a ciascuna di esse è associata una classe di substrato geologico ed il livello di addensamento/consistenza attribuito.

NATURA	FORMAZIONE GEOLOGICA (SIGLA)	TIPO DI SUBSTRATO	VALORE ATTRIBUITO
COESIVA	ACR	CO	24
	ANT	COS	22
	ATS	COS	24
	CCB	CO	24
	CTG	COS	22
	FAA	CO	25
	FGH	COS	21
GRANULARE	ATSb	GRS	13
	CMZ	GRS	13
	FCOb	GRS	11
	RAN2	GRS	11
ALTERNANZA DI LITOTIPI	FCN	ALS	22
	GES	ALS	24
	MMP	AL	22
	MMPv	AL	22
	TER4	ALS	22
LAPIDEA	FGS1	LPS	21
	FGS2	LPS	21
	FYS2	LPS	22
	PGR	LPS	22

## Microzonazione sismica di III° Livello Comune di Salsomaggiore Terme (PR)

---

### Terreni di copertura

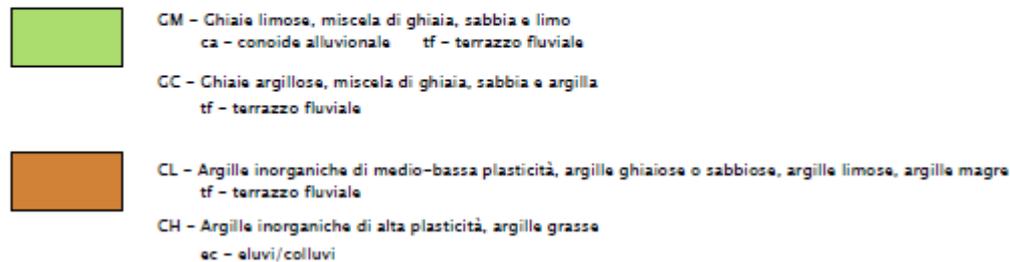


Fig. 7.4 - Tipologia di coperture rappresentate nella carta geologico-tecnica.

### 7.5 Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS)

---

La **Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS)**, rappresenta il documento fondamentale del primo livello di approfondimento. In relazione alle indicazioni fornite dagli indirizzi regionali, la copertura territoriale ha interessato le aree considerate nello studio di microzonazione precedente.

In questa cartografia il territorio in esame viene distinto a seconda dell'appartenenza ad una delle seguenti categorie:

- zone stabili suscettibili di amplificazioni locali. Si tratta di aree in cui sono attese amplificazioni del moto sismico, causate dall'assetto litostratigrafico e/o morfologico locale.
- zone suscettibili di instabilità. Si tratta di zone nelle quali effetti sismici attesi e predominanti, oltre i fenomeni di amplificazione, sono riconducibili a deformazioni permanenti del territorio, quali instabilità di versante (frane attive e quiescenti), liquefazioni e densificazione.

Dalla lettura delle Carte delle microzone omogenee in prospettiva sismica si osserva che prevalgono le **“Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali”** raggruppate in n. 8 microzone in funzione del differente profilo stratigrafico, descritto di seguito in **Fig. 7.5.1**, dove viene riportata la legenda, e raffigurato nelle colonnine stratigrafiche di **Fig. 7.5.2**:

## Microzonazione sismica di III° Livello Comune di Salsomaggiore Terme (PR)

### Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

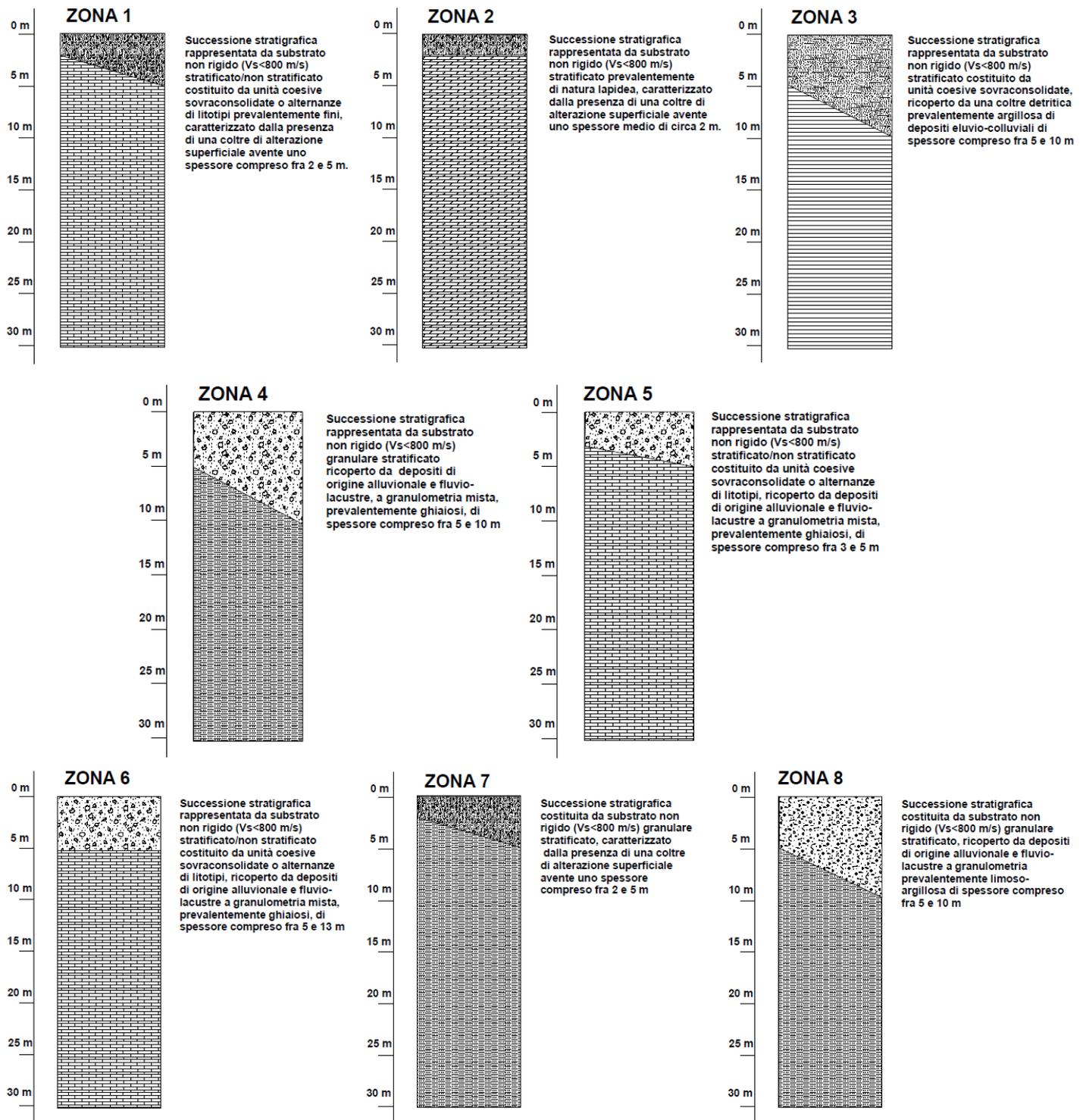
- 2001** ZONA 1: Successione stratigrafica rappresentata da substrato non rigido ( $V_s < 800$  m/s) stratificato/non stratificato costituito da unità coesive sovraconsolidate o alternanze di litotipi prevalentemente fini, caratterizzato dalla presenza di una coltre di alterazione superficiale avente uno spessore compreso fra 2 e 5 m.
- 2002** Zona 2: Successione stratigrafica rappresentata da substrato non rigido ( $V_s < 800$  m/s) stratificato prevalentemente di natura lapidea, caratterizzato dalla presenza di una coltre di alterazione superficiale avente uno spessore medio di circa 2 m.
- 2003** ZONA 3: Successione stratigrafica rappresentata da substrato non rigido ( $V_s < 800$  m/s) stratificato costituito da unità coesive sovraconsolidate, ricoperto da una coltre detritica prevalentemente argillosa di depositi eluvio-colluviali di spessore compreso fra 5 e 10 m
- 2004** ZONA 4: Successione stratigrafica rappresentata da substrato non rigido ( $V_s < 800$  m/s) granulare stratificato ricoperto da depositi di origine alluvionale e fluvio-lacustre, a granulometria mista, prevalentemente ghiaiosi, di spessore compreso fra 5 e 10 m
- 2005** ZONA 5: Successione stratigrafica rappresentata da substrato non rigido ( $V_s < 800$  m/s) stratificato/non stratificato costituito da unità coesive sovraconsolidate o alternanze di litotipi, ricoperto da depositi di origine alluvionale e fluvio-lacustre a granulometria mista, prevalentemente ghiaiosi, di spessore compreso fra 3 e 5 m
- 2006** ZONA 6: Successione stratigrafica rappresentata da substrato non rigido ( $V_s < 800$  m/s) stratificato/non stratificato costituito da unità coesive sovraconsolidate o alternanze di litotipi, ricoperto da depositi di origine alluvionale e fluvio-lacustre a granulometria mista, prevalentemente ghiaiosi, di spessore compreso fra 5 e 13 m
- 2007** ZONA 7: Successione stratigrafica costituita da substrato non rigido ( $V_s < 800$  m/s) granulare stratificato, caratterizzato dalla presenza di una coltre di alterazione superficiale avente uno spessore compreso fra 2 e 5 m
- 2008** ZONA 8: Successione stratigrafica costituita da substrato non rigido ( $V_s < 800$  m/s) granulare stratificato, ricoperto da depositi di origine alluvionale e fluvio-lacustre a granulometria prevalentemente limoso-argillosa di spessore compreso fra 5 e 10 m

### Zone di Attenzione per instabilità

- 2009** ZAFR - Zona di Attenzione per instabilità di versante - Zona 9  
Coltre di spessore presumibilmente di circa 10 m, costituita da materiali prevalentemente argilloso-limosi con frammenti lapidei eterometrici, sovrastante un substrato di tipo non rigido ( $V_s < 800$  m/s).
- 2010** ZAFR - Zona di Attenzione per instabilità di versante - Zona 10  
Coltre di spessore presumibilmente di circa 5 m, costituita da materiali prevalentemente argilloso-limosi con frammenti lapidei eterometrici, sovrastante un substrato di tipo non rigido ( $V_s < 800$  m/s).

Fig. 7.5.1 - Colonne litostratigrafiche sintetiche, rappresentative delle microzone individuate nello studio (Zone stabili con amplificazioni)

## Microzonazione sismica di III° Livello Comune di Salsomaggiore Terme (PR)



**Fig. 7.5.1 - Colonne litostratigrafiche sintetiche, rappresentative delle microzone individuate nello studio - Zone stabili con amplificazioni**

## Microzonazione sismica di III° Livello

Comune di Salsomaggiore Terme (PR)

Sempre nella “Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica - MOPS” sono state definite ulteriori n.3 “**Zone di attenzione per instabilità di versante**” (Fig. 7.5.1) che fanno riferimento alle colonne stratigrafiche di seguito rappresentate in Fig. 7.5.3.

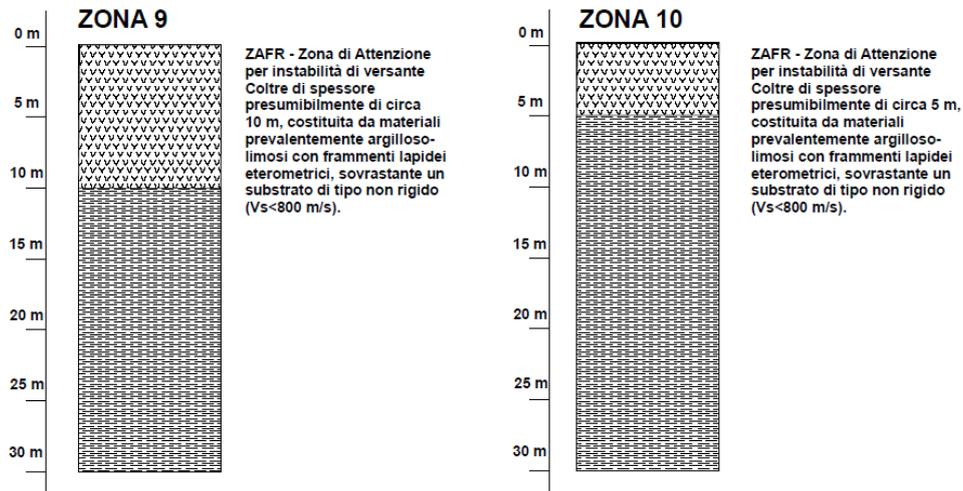


Fig. 7.5.3 - Colonne litostratigrafiche sintetiche, rappresentative delle microzone di attenzione per instabilità di versante (ZAFR - Zone di attenzione per instabilità di versante)

## Microzonazione sismica di III° Livello Comune di Salsomaggiore Terme (PR)

---

### 7.6 Carta dei Fattori di Amplificazione F.A.

---

Dal momento che le carte da realizzare, secondo gli standard richiesti dal “Dipartimento di Protezione Civile”, devono necessariamente rappresentare per intero le aree già interessate nello studio di Microzonazione Sismica di 2° livello”, si è proceduto nel modo seguente.

Le carte dei fattori di amplificazione, limitatamente alle “**Aree oggetto di approfondimento di 3° livello**”, sono state realizzate sulla base di quanto indicato nel Cap. 6, pertanto per considerazioni in merito si rimanda alle stime determinate nei 5 modelli utilizzati per il calcolo della RSL.

Sulle “**Aree non oggetto di approfondimento di 3° livello**”, non potendo applicare i valori numerici ottenuti nelle RSL, si è fatto riferimento agli abachi contenuti nell’ aggiornamento degli “**Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica**”.

Per calcolare i Fattori di Amplificazione (*F.A.*) nell’analisi semplificata, si sono impiegati i valori della “*profondità del bedrock sismico*” (*H*) e della “*velocità equivalente delle onde di taglio per lo spessore considerato*” ( $V_{SH}$  e  $V_{S30}$ ).

Entrando all’interno delle tabelle contenute nell’*Allegato A2* del suddetto atto d’indirizzo, con i valori calcolati di *H*,  $V_{SH}$  e  $V_{S30}$ , si sono ottenuti sia i valori di *F.A.* in funzione di *P.G.A.* (quantificabile come rapporto di accelerazione massima orizzontale in superficie e al *bedrock*  $PGA/PGA_0$ ), che dell’Intensità Spettrale, (quest’ultima determinata negli intervalli di periodo  $0,1s \pm 0,5s$  e  $0,5s \pm 1,0s$ ). In ultimo ai vari poligoni rappresentativi di una stessa MOPS, sono stati attribuiti gli stessi valori di amplificazione.

Nessuna delle aree caratterizzate da instabilità è stata oggetto di approfondimento di 3° livello a causa dell’assenza di indagini pregresse, pertanto si è scelto di classificarle come “**Zone di Attenzione per instabilità**”. Si rammenta che le nuove indagini si sono concentrate in tre specifici “*Ambiti di studio*”, sulla base delle scelte urbanistiche dettate dall’Amministrazione Comunale, e non si è ritenuto opportuno andarle a realizzare in aree in dissesto che sono poco o per nulla edificate/urbanizzate proprio a causa delle loro criticità.

Sono state prodotte sei carte, che vengono di seguito presentate come:

- **Elaborato 6:**
  - “**6a - Carta di microzonazione sismica del Fattore di amplificazione F.A Pga**” alla scala **1:10000** su formato personalizzato (150 x 120 cm), dove si illustra tutto il territorio comunale.

## Microzonazione sismica di III° Livello

Comune di Salsomaggiore Terme (PR)

---

- **“6b - Carta di microzonazione sismica del Fattore di amplificazione F.A Pga”** alla **scala 1:5000** su formato personalizzato (97,5 x 67,0 cm), dove si illustra un ingrandimento delle aree interessate dallo studio di “Microzonazione Sismica di livello 3” con analisi della RSL.

- **Elaborato 7:**

- **“7a - Carta di microzonazione sismica del Fattore di amplificazione F.A FH 0,1s÷0,5s”** alla **scala 1:10000** su formato personalizzato (150 x 120 cm), dove si illustra tutto il territorio comunale.
- **“7b - Carta di microzonazione sismica del Fattore di amplificazione F.A FH 0,1s÷0,5s”** alla **scala 1:5000** su formato personalizzato (97,5 x 67,0 cm), dove si illustra un ingrandimento delle aree interessate dallo studio di “Microzonazione Sismica di livello 3” con analisi della RSL.

- **Elaborato 8:**

- **“8a - Carta di microzonazione sismica del Fattore di amplificazione F.A FH 0,5s÷1,0s”** alla **scala 1:10000** su formato personalizzato (150 x 120 cm), dove si illustra tutto il territorio comunale.
- **“8b - Carta di microzonazione sismica del Fattore di amplificazione F.A FH 0,5s÷1,0s”** alla **scala 1:5000** su formato personalizzato (97,5 x 67,0 cm), dove si illustra un ingrandimento delle aree interessate dallo studio di “Microzonazione Sismica di livello 3” con analisi della RSL.

## Microzonazione sismica di III° Livello

Comune di Salsomaggiore Terme (PR)

Nello specifico, per l'intero territorio comunale sono state impiegate le seguenti tabelle, proposte nell'*Allegato 2*, paragrafo A2.1.1 – APPENNINO (zone collinari e montane), degli indirizzi regionali:

- In caso di substrato rigido, generalmente caratterizzato da  $V_s \geq 800$  m/s, si devono usare le seguenti tabelle:

	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1.8	1.7	1.4	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	2.0	2.0	1.9	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
15	2.0	2.0	2.0	1.9	1.8	1.6	1.4	1.3	1.2	1.0
20	2.0	2.0	2.0	2.0	1.9	1.7	1.6	1.4	1.3	1.0
25	2.0	2.0	2.0	1.9	1.8	1.8	1.6	1.5	1.3	1.0
30		1.9	1.9	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.2
35		1.9	1.9	1.9	1.9	1.7	1.6	1.4	1.4	1.2
40		1.9	1.9	1.9	1.9	1.7	1.6	1.4	1.4	1.2
50		1.9	1.9	1.9	1.9	1.8	1.6	1.4	1.4	1.2

Fattori di Amplificazione PGA. Colonna 1  $H$  (m), riga 1  $V_{sH}$  (m/s)

	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1.5	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	2.1	2.0	1.6	1.3	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
15	2.4	2.3	2.1	1.7	1.4	1.3	1.1	1.0	1.0	1.0
20	2.4	2.4	2.3	2.0	1.7	1.5	1.3	1.2	1.1	1.0
25	2.4	2.4	2.4	2.2	1.9	1.7	1.5	1.3	1.2	1.0
30		2.4	2.4	2.3	2.1	1.8	1.6	1.5	1.3	1.1
35		2.3	2.3	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

Fattori di Amplificazione SII ( $0.1s \leq T_0 \leq 0.5s$ ). Colonna 1  $H$  (m), riga 1  $V_{sH}$  (m/s)

	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	1.3	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
15	1.6	1.4	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
20	2.6	1.9	1.5	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
25	2.9	2.5	1.9	1.4	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0
30		2.9	2.3	1.6	1.4	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0
35		3.2	2.8	1.9	1.5	1.4	1.2	1.1	1.1	1.0
40		3.4	3.1	2.4	1.8	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
50		3.2	3.2	2.9	2.2	1.9	1.6	1.4	1.3	1.1

Fattori di Amplificazione SI2 ( $0.5s \leq T_0 \leq 1.0s$ ). Colonna 1  $H$  (m), riga 1  $V_{sH}$  (m/s)

## Microzonazione sismica di III° Livello

### Comune di Salsomaggiore Terme (PR)

---

- In caso di substrato rigido, generalmente caratterizzato da  $V_s \leq 800$  m/s, si devono usare le seguenti tabelle:

	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

**Fattori di Amplificazione PGA. Colonna 1  $H$  (m), riga 1  $V_{sH}$  (m/s)**

	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

**Fattori di Amplificazione SII ( $0.1s \leq T_0 \leq 0.5s$ ). 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

**Fattori di Amplificazione SI2 ( $0.5s \leq T_0 \leq 1.0s$ ). Colonna 1  $H$  (m), riga 1  $V_{sH}$  (m/s)**

In caso di substrato marino non rigido, cioè caratterizzato da  $V_s \ll 800$  m/s, affiorante si deve usare la seguente tabella

**Microzonazione sismica di III° Livello**  
**Comune di Salsomaggiore Terme (PR)**

---

$V_{s30}(m/s) \rightarrow$	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
F.A. PGA					1.9	1.8	1.6	1.4	1.2	1.1
F.A. SI1					1.9	1.7	1.6	1.4	1.3	1.2
F.A. SI2					1.5	1.5	1.4	1.4	1.3	1.3

**Fattori di Amplificazione PGA, SI1 e SI2**

## Microzonazione sismica di III° Livello

*Comune di Salsomaggiore Terme (PR)*

**TABELLA. 7.4 - CONFRONTO FRA I VALORI DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE F.A. ATTRIBUITI ALLE AREE DI INTERESSE NELLO STUDIO DI 2° LIVELLO E QUELLI RICACOLATI CON I NUOVI ABACCHI DI RIFERIMENTO O CON RSL.**

FATTORI DI AMPLIFICAZIONE DELLE ATTRIBUITI A CIASCUNA MOPS ALL'INTERNO DEI VARI AMBITI DI STUDIO													
LOCALITÀ	MOPS	Profondità bedrock H	VsH	Vs Bedrock	Vs30	Valori assegnati nello studio MZS precedente			Valori assegnati in questo studio di MZS				INDAGINI DI RIFERIMENTO E CONSIDERAZIONI
						PGA	F.A. 0,1-0,5	F.A. 0,5-1,0	PGA	F.A. 0,1-0,5	F.A. 0,5-1,0	Ft	
<i>PASSERI</i>	<b>2005</b>	11,2	304	576	432	1,8	1,7	1,4	<b>1,8</b>	<b>1,6</b>	<b>1,4</b>		034032P32HVS75 Solo indagine HVSR
<i>MONTE COSTA</i>	<b>2002</b>	13	299	520	397	2,3	2,3	1,7	<b>2,4</b>	<b>2,2</b>	<b>1,7</b>	1,2	034032P34HVS77 Solo indagine HVSR Amplificazione topografica
<i>CERIATI</i>	<b>2001</b>	9	207	675		2,3	2,2	1,6	<b>2,2</b>	<b>2,3</b>	<b>1,6</b>		034032L12MASW12
<i>SCIPIONE PONTE</i>	<b>2005</b>	16,8	295	730		2,0	1,9	1,5	<b>2,0</b>	<b>1,9</b>	<b>1,4</b>		034032P20HVS63 Solo indagine HVSR
<i>SCIPIONE PONTE</i>	<b>2001</b>	16,8	295	730		2,0	1,7	1,4	<b>2,0</b>	<b>1,9</b>	<b>1,4</b>		034032P20HVS63 Solo indagine HVSR
<i>SAN VITTORE</i>	<b>2001</b>	15	227	549	323	2,2	2,2	1,7	<b>2,1</b>	<b>2,3</b>	<b>1,6</b>		034032P31HVS74; 034032P43S43 Indagine HVSR e sondaggio
<i>FORNACCHIA</i>	<b>2002</b>	15	227	549	323	2,0	2,0	1,9	<b>2,5</b>	<b>2,8</b>	<b>1,9</b>	1,2	Sono stati considerati gli stessi F.A. determinati in Loc. Monte Costa dal momento che rientra nella stessa classificazione MOPS.  Amplificazione topografica

Dott. Geol. Gabriele Oppo, Vicolo San Clemente ,1 - 43043 Borgo val di Taro (PR). email: gabrieleoppo.geo@libero.it

Dott. Geol. Sergio Lasagna Via Carso 59/1, - 42021 Bibbiano (RE). email: sergiolasagna@alice.it

## Microzonazione sismica di III° Livello

*Comune di Salsomaggiore Terme (PR)*

<b>PONTE GHIARA</b>	<b>2004</b>	17	229	455	290	2,1	2,2	1,7	<b>2,1</b>	<b>2,3</b>	<b>1,6</b>		03403211MASW11 034032P41S41
<b>MONTAURO</b>	<b>2008</b>	44	364	700	350	1,9	2,1	1,9	<b>1,9</b>	<b>2,2</b>	<b>2,0</b>		034032P12HVSRS5 Solo indagine HVSR
<b>GORZANO</b>	<b>2008</b>	-	-	-	270	2,0	2,3	2,4	<b>1,9</b>	<b>2,2</b>	<b>2,0</b>		Sono stati considerati gli stessi F.A. determinati in Loc. Montauro dal momento che rientra nella stessa classificazione MOPS
<b>LONGONE</b>	<b>2004</b>	17	229	455	290	2,1	2,2	1,7	<b>2,1</b>	<b>2,3</b>	<b>1,6</b>		Sono stati considerati gli stessi F.A. determinati in Loc. Ponte Ghiara dal momento che rientra nella stessa classificazione MOPS
<b>LONGONE</b>	<b>2007</b>	5	200	450	350	1,9	2,1	1,9	<b>2,0</b>	<b>1,7</b>	<b>1,4</b>		L15SR15
<b>POGGETTO</b>	<b>2001</b>	20	294	537	347	2,1	2,2	1,7	<b>2,0</b>	<b>2,1</b>	<b>1,6</b>		034032L8MASW8 Indagine realizzata in Loc. Case Lombasini – Poggetto
<b>BAGNI DI TABIANO</b>	<b>2001</b> <b>RSL</b>	13	259	507		2,2	2,2	1,7	<b>1,8</b>	<b>1,9</b>	<b>1,4</b>		034032L3MASW3 034032L4MASW4  Classificate con F.A. derivati da RSL.
<b>BAGNI DI TABIANO</b>	<b>2003</b> <b>RSL</b>	12	211	447		2,3	2,2	1,6	<b>1,9</b>	<b>2,0</b>	<b>1,4</b>		Classificate con F.A. derivati da RSL.
<b>BAGNI DI TABIANO</b>						2,0	2,3	2,7	<b>1,8</b>	<b>1,9</b>	<b>1,6</b>		034032L16MASW16

Dott. Geol. Gabriele Oppo, Vicolo San Clemente ,1 - 43043 Borgo val di Taro (PR). email: gabrieleoppo.geo@libero.it

Dott. Geol. Sergio Lasagna Via Carso 59/1, - 42021 Bibbiano (RE). email: sergiolasagna@alice.it

## Microzonazione sismica di III° Livello

*Comune di Salsomaggiore Terme (PR)*

	<b>2005</b> <b>RSL</b>	36	280	554									Classificata con F.A. derivati da RSL.
<b>BAGNI DI TABIANO</b>	<b>2007</b>	5	200	450		2,3	2,2	1,7	<b>2,0</b>	<b>1,7</b>	<b>1,4</b>		Sono stati considerati gli stessi F.A. determinati in Loc. Longone dal momento che rientra nella stessa classificazione MOPS
<b>SALSOMAGGIORE TERME</b>	<b>2001</b>	20	320	676		2,1	2,2	1,7	<b>2,0</b>	<b>2,1</b>	<b>1,6</b>		Mantenuti i valori di riferimento di H e VsH definiti nello studio di MZS di 2° Livello, ricalcolando i F.A. con i nuovi abachi regionali di riferimento, ad esclusione delle aree su cui è stato fatto lo studio di 3° livello che sono state classificate con F.A. derivati da RSL.
	<b>RSL</b>								<b>2,2</b>	<b>2,5</b>	<b>1,5</b>		
<b>SALSOMAGGIORE TERME</b>	<b>2002</b>	13	299	520	397	2,3	2,3	1,7	<b>2,0</b>	<b>1,9</b>	<b>1,4</b>		Sono stati considerati gli stessi F.A. determinati in Loc. Monte Costa dal momento che rientra nella stessa classificazione MOPS, senza considerare l'amplificazione topografica.
<b>SALSOMAGGIORE TERME</b>	<b>2003</b>	16	266	602		2,2	2,2	1,7	<b>2,1</b>	<b>2,3</b>	<b>1,6</b>		Mantenuti i valori di riferimento di H e VsH definiti nello studio di MZS di 2° Livello, ricalcolando i F.A. con i nuovi abachi regionali di riferimento, ad esclusione di alcune aree classificate con F.A. derivati da RSL.
	<b>RSL</b>								<b>1,9</b>	<b>2,0</b>	<b>1,4</b>		

Dott. Geol. Gabriele Oppo, Vicolo San Clemente ,1 - 43043 Borgo val di Taro (PR). email: gabrieleoppo.geo@libero.it

Dott. Geol. Sergio Lasagna Via Carso 59/1, - 42021 Bibbiano (RE). email: sergiolasagna@alice.it

## Microzonazione sismica di III° Livello

*Comune di Salsomaggiore Terme (PR)*

<b>SALSOMAGGIORE TERME</b>	<b>2005</b>	8	222	527		2,3	2,2	1,6	<b>2,2</b>	<b>2,3</b>	<b>1,6</b>	Mantenuti i valori di riferimento di H e VsH definiti nello studio di MZS di 2° Livello, ricalcolando i F.A. con i nuovi abachi regionali di riferimento, ad esclusione di alcune aree classificate con F.A. derivati da RSL.
	<b>RSL</b>								<b>2,1</b>	<b>1,9</b>	<b>1,3</b>	
<b>SALSOMAGGIORE TERME</b>	<b>2006</b>	13,8	303	559	396	2,1	1,9	1,3	<b>2,0</b>	<b>1,9</b>	<b>1,4</b>	034032L1MASW1 Calcolati i F.A. con i nuovi abachi regionali di riferimento.
<b>SALSOMAGGIORE TERME</b>	<b>2007</b>	5	200	450		2,2	2,2	1,7	<b>2,1</b>	<b>2,3</b>	<b>1,6</b>	Mantenuti i valori di riferimento di H e VsH definiti nello studio di MZS di 2° Livello, ricalcolando i F.A. con i nuovi abachi regionali di riferimento.
<b>PONTE ROTTO</b>	<b>2001</b>								<b>2,2</b>	<b>2,5</b>	<b>1,5</b>	Classificate con F.A. derivati da RSL.
<b>PONTE ROTTO</b>	<b>2003</b>								<b>1,9</b>	<b>2,0</b>	<b>1,4</b>	Classificate con F.A. derivati da RSL.
<b>PONTE ROTTO</b>	<b>2005</b>								<b>2,1</b>	<b>1,9</b>	<b>1,3</b>	Classificate con F.A. derivati da RSL.
<b>SIVIZZANO</b>	<b>2001</b>								<b>2,2</b>	<b>2,5</b>	<b>1,5</b>	Classificate con F.A. derivati da RSL.
<b>SIVIZZANO</b>	<b>2003</b>								<b>1,9</b>	<b>2,0</b>	<b>1,4</b>	Classificate con F.A. derivati da RSL.
<b>TUTTI GLI AMBITI</b>	<b>2009</b>	20	250						<b>2,1</b>	<b>2,4</b>	<b>1,9</b>	
<b>TUTTI GLI AMBITI</b>	<b>2010</b>	15	250						<b>2,1</b>	<b>2,3</b>	<b>1,6</b>	

Dott. Geol. Gabriele Oppo, Vicolo San Clemente ,1 - 43043 Borgo val di Taro (PR). email: gabrieleoppo.geo@libero.it

Dott. Geol. Sergio Lasagna Via Carso 59/1, - 42021 Bibbiano (RE). email: sergiolasagna@alice.it

## **Microzonazione sismica di III° Livello**

### ***Comune di Salsomaggiore Terme (PR)***

---

#### **8. CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DANNI E DEGLI EVENTI ATTESI**

---

Nel Comune di Salsomaggiore Terme, non è stato possibile effettuare un'analisi della distribuzione dei danni degli eventi sismici avvenuti in passato, in quanto, relativamente a tale tematica, non sono stati trovati documenti specifici.

**Microzonazione sismica di III° Livello**  
*Comune di Salsomaggiore Terme (PR)*

---

## Microzonazione sismica di III° Livello Comune di Salsomaggiore Terme (PR)

---

### 9. CONSIDERAZIONE FINALI E FUTURE MIGLIORIE

---

Secondo quanto definito preventivamente nel bando di assegnazione del presente studio, gli ambiti da investigare sono stati indicati dall'Amministrazione Comunale (vedi Introduzione), e per ciascuno di essi è stata accuratamente definita la tipologia e il numero di indagini in sito e prove di laboratorio da realizzare.

Dal momento che le carte da realizzare, secondo gli standard richiesti dal "Dipartimento di Protezione Civile", devono necessariamente rappresentare per intero le aree già indagate nello studio di Microzonazione Sismica di 2° livello", va precisato che la campagna di indagini effettuata non è stata in grado di coprire tutte le aree di interesse.

Si ritiene che vi sia una scarsa copertura di indagini geotecniche e geofisiche, soprattutto per quanto riguarda l'estesa area di fondovalle alluvionale del T. Ghiaia e del T. Citrona e sui versanti a ridosso della copertura alluvionale recente, dove si sviluppa la maggior parte del territorio urbanizzato della Città di Salsomaggiore Terme.

La valutazione dei Fattori di Amplificazione F.A. con procedura semplificata, effettuata tramite l'utilizzo degli abachi di riferimento regionale, non può prescindere da una buona conoscenza del sottosuolo, sia per quanto riguarda una stima della "profondità del bedrock sismico" ( $H$ ), sia per quanto concerne una valutazione della "velocità equivalente delle onde di taglio per lo spessore  $H$ " considerato ( $V_sH$  e  $V_{s30}$ ).

Molte delle MOPS nello studio di secondo livello, sono state tarate con profili di  $V_s$  determinati sulle sole indagini HVSR, questo proprio per mancanza di dati, ma va precisato che le misure HVSR forniscono in primis una buona stima della frequenza di risonanza in sito mentre sono inaffidabili per una stima del profilo di  $V_s$ , se non opportunamente affiancate ad altre indagini geognostiche e geofisiche.

La determinazione di un profilo di velocità  $V_sH$  o  $V_{s30}$  il più possibile attendibile non può prescindere dalla conoscenza delle caratteristiche geologiche-stratigrafiche dell'area di interesse, e andrebbe basata su un'analisi congiunta dei dati sismici, acquisiti con le diverse metodologie note (Sismica a Rifrazione, Tomografia Sismica, CROSSHOLE e DOWNHOLE, ESAC, HS, HVSR, MAAM, MASW, ecc...), in modo da vincolare il più possibile il modello determinato.

Se ancor più si vuole migliorare la qualità degli studi di microzonazione con uno studio di RSL, è necessaria un'attenta analisi delle indagini geotecniche e sismiche per ricostruire un **modello sismico-stratigrafico semplificato** monodimensionale 1D o addirittura bidimensionale 2D, il più possibile rappresentativo di ciascuna MOPS di interesse, in cui le proprietà dinamiche di ogni strato, vengono fatti variare in funzione del livello deformativo. Ad ogni strato va quindi attribuita una coppia di curve che definiscono il comportamento non lineare del terreno in funzione di un aumento percentuale della deformazione di taglio:

## **Microzonazione sismica di III° Livello**

### **Comune di Salsomaggiore Terme (PR)**

---

- la curva di decadimento del Modulo di rigidità al taglio  $G$  alle basse deformazioni, espresso come rapporto  $G/G_0$ ;
- la curva di variazione dello smorzamento  $D$ .

Pertanto, sarebbe buona cosa avere a disposizione un archivio di curve per poter definire il comportamento dinamico dei vari terreni di copertura e del substrato a seconda delle unità presenti in sito.

Da questo punto di vista, il territorio del Comune di Salsomaggiore Terme, presenta una complessità geologica che merita un maggior grado di approfondimento.

In conclusione, si ritiene che gli studi finora realizzati, rappresentino un punto di partenza per quel che riguarda la microzonazione sismica del territorio comunale, da cui trarre spunto per affrontare i futuri approfondimenti, che necessariamente dovranno basarsi su:

- reperimento e classificazione di tutte le nuove indagini geologiche, geotecniche e geofisiche realizzate sul territorio comunale.

Sulle aree dove si dovesse confermare una scarsa disponibilità di dati, andrà prevista:

- la realizzazione di nuove:
  - campagne di indagini sismiche sfruttando le varie metodologie conosciute (Sismica a Rifrazione, Tomografia Sismica, CROSSHOLE e DOWNHOLE, ESAC, HS, HVSR, MAAM, MASW, ecc...) che permettano la definizione di profili sismici delle Vs il più possibile attendibili.
  - campagne di indagini geologiche e geotecniche (Sondaggi e perforazioni di altro genere, penetrometrie, ecc...) che permettano la stima della profondità del bedrock e permettano un campionamento delle unità geologiche della copertura e del substrato.
  - analisi di laboratorio (Es. prova di colonna risonante e prova triassiale ciclica) su campioni indisturbati, prelevati dalle unità geologiche di interesse, in modo da poter definire il loro comportamento dinamico secondo le curve del "Decadimento del modulo di taglio  $G/G_0$ " e il "Decadimento del rapporto di smorzamento  $D$ ".

Una volta analizzati i nuovi dati, sarà così possibile affrontare la:

- realizzazione di sezioni geologiche e geotecniche di dettaglio basate su quanto osservato, in modo da poter affrontare studi in 2D di RSL e riuscire a stimare in maniera più attendibile l'andamento dei "Fattori di Amplificazione  $F.A$ ".

**Microzonazione sismica di III° Livello**  
**Comune di Salsomaggiore Terme (PR)**

---

## **10. 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.*
- *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*
- *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, Tento 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.*
- *Meletti C. e Valensise G., (2004). ZONAZIONE SIMMOGENETICA 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 SISMOTETTONICA DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA – Scala 1:250.000 (2004) - Regione Emilia-Romagna, Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli - CNR - Istituto di Geoscienze e Georisorse, Sezione di Firenze*
- *CARTA GEOLOGICA DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA – PROGETTO CARG (Servizio Geologico Sismico e dei Suoli – Regione Emilia Romagna)*

**Microzonazione sismica di III° Livello**  
*Comune di Salsomaggiore Terme (PR)*

---

## 11. ALLEGATI

---

Nel corso dello studio sono stati redatti i seguenti elaborati:

Elaborato 1	<b>1a - Carta delle indagini</b>	scala 1:10.000
	<b>1b - Carta delle nuove indagini</b>	scala 1:2.000
Elaborato 2	<b>2a - Carta delle frequenze naturali del terreno</b>	scala 1:10.000
	<b>2b - Carta delle frequenze naturali del terreno - Stralci</b>	scala 1:2.000
Elaborato 3	<b>3a - Carta delle velocità delle onde do taglio S (Vs)</b>	scala 1:10.000
	<b>3b - Carta delle velocità delle onde do taglio S (Vs) - Stralci</b>	scala 1:2.000
Elaborato 4	<b>4 - Carta geologico-tecnica</b>	scala 1:10.000
	<b>4.1 - Carta geologico-tecnica - Stralci</b>	scala 1:5.000
	<b>4a e 4b - Sezioni geologiche a corredo della Carta Geologico-Tecnica</b>	scala varia
Elaborato 5	<b>5 - Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica - MOPS</b>	scala 1:10.000
Elaborato 6	<b>6a - Carta del Fattore di Amplificazione F.A. pga</b>	scala 1:10.000
	<b>6b - Carta del Fattore di Amplificazione F.A. pga - Stralci</b>	scala 1:5.000
Elaborato 7	<b>7a - Carta del Fattore di Amplificazione F.A. FH 0,1-0,5</b>	scala 1:10.000
	<b>7b - Carta del Fattore di Amplificazione F.A. FH 0,1-0,5 - Stralci</b>	scala 1:5.000
Elaborato 8	<b>8a - Carta del Fattore di Amplificazione F.A. FH 0,5-0,1</b>	scala 1:10.000
	<b>8b - Carta del Fattore di Amplificazione F.A. FH 0,5-0,1 - Stralci</b>	scala 1:5.000

**Microzonazione sismica di III° Livello**  
*Comune di Salsomaggiore Terme (PR)*

---

<b>Allegato 1</b>	<i>Indagini eseguite</i>	
-------------------	--------------------------	--

Salsomaggiore Terme, 30/09/2022

I tecnici incaricati

Dott. Geol. Gabriele Oppo

Dott. Geol. Sergio Lasagna