



**PROTEZIONE CIVILE**  
 Presidenza del Consiglio dei Ministri  
 Dipartimento della Protezione Civile



**Regione Emilia-Romagna**



CONFERENZA DELLE REGIONI E  
 DELLE PROVINCE AUTONOME

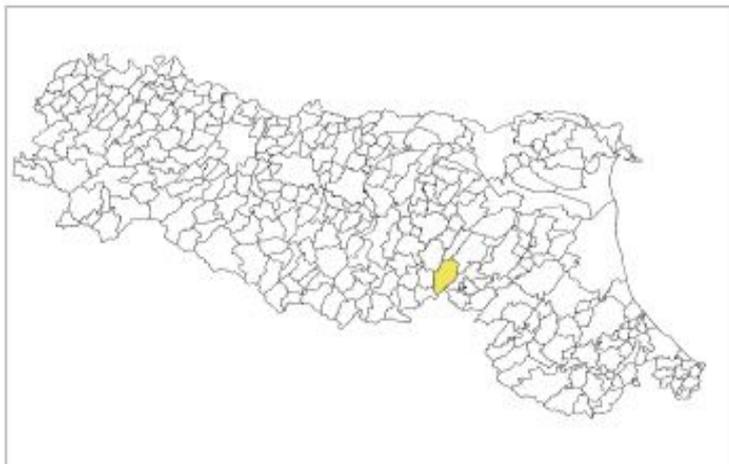
Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009 n. 77

# MICROZONAZIONE SISMICA

## Relazione illustrativa

### Regione Emilia-Romagna

#### Comune di Monterenzio



<p>Regione</p> <p><b>Emilia-Romagna</b></p> <p>Studio realizzato con il contributo di cui all'OCDPD del 26 Ottobre 2015 n°293</p>	<p>Soggetto realizzatore</p>  <p>Piazza Giovanni XIII 12/b        40133 Bologna        tel: 051-9912225 - fax:051-4122990        luca.monti@database.it</p> <p><i>Collaborazione</i>        Mirko Soldati        Giorgio Cloce</p>	<p>Comune di</p> <p><b>Monterenzio</b></p> <p>Il Sindaco</p> <p><b>Pierdante Spadoni</b></p> <table border="1" data-bbox="1007 1906 1361 2036"> <tr> <td>Data</td> <td>Elaborato</td> </tr> <tr> <td><b>Giugno 2018</b></td> <td><b>1</b></td> </tr> </table>	Data	Elaborato	<b>Giugno 2018</b>	<b>1</b>
Data	Elaborato					
<b>Giugno 2018</b>	<b>1</b>					

## INDICE

<b>1.</b>	<b>INTRODUZIONE.....</b>	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b>DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO....</b>	<b>4</b>
<b>2.1.</b>	<b>Stima della Pericolosità Sismica di Base.....</b>	<b>6</b>
<b>3.</b>	<b>ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA.....</b>	<b>7</b>
<b>3.1.</b>	<b>Geologia del Territorio Comunale.....</b>	<b>7</b>
<b>3.2.</b>	<b>Litostratigrafia.....</b>	<b>8</b>
<b>3.3.</b>	<b>Inquadramento Geomorfológico.....</b>	<b>12</b>
<b>4.</b>	<b>GEOMORFOLOGIA.....</b>	<b>13</b>
<b>4.1.</b>	<b>Movimenti di massa.....</b>	<b>13</b>
<b>4.2.</b>	<b>Forme di erosione idrica.....</b>	<b>14</b>
<b>5.</b>	<b>DATI GEOETECNICI E GEOFISICI.....</b>	<b>14</b>
<b>5.1.</b>	<b>Dati Geotecnici.....</b>	<b>14</b>
<b>5.2.</b>	<b>Dati Geofisici.....</b>	<b>15</b>
<b>5.3.</b>	<b>Indagini HVSR.....</b>	<b>15</b>
<b>6.</b>	<b>MODELLO DEL SOTTOSUOLO.....</b>	<b>16</b>
<b>7.</b>	<b>METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI.....</b>	<b>16</b>
<b>7.1.</b>	<b>Premessa.....</b>	<b>16</b>
<b>7.2.</b>	<b>Metodologie di elaborazione.....</b>	<b>16</b>
<b>7.3.</b>	<b>I° Livello di Microzonazione.....</b>	<b>16</b>
<b>7.4.</b>	<b>II° Livello di Microzonazione.....</b>	<b>17</b>
<b>7.5.</b>	<b>Effetti Della Topografia.....</b>	<b>18</b>
<b>8.</b>	<b>ELABORATI CARTOGRAFICI.....</b>	<b>20</b>
<b>8.1.</b>	<b>Carta delle Indagini.....</b>	<b>20</b>
<b>8.2.</b>	<b>Carta geologico-tecnica per la micro zonazione sismica.....</b>	<b>20</b>
<b>8.3.</b>	<b>Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica.....</b>	<b>21</b>
<b>8.4.</b>	<b>Carta di microzonazione sismica (livello 2) – [FPGA] – [FH<sub>01-0.5s</sub>] – [FH<sub>0.5-1s</sub>].....</b>	<b>21</b>

## 1. INTRODUZIONE

Il presente elaborato è a corredo dello "studio di Microzonazione Sismica di secondo livello con analisi della Condizione Limite Locale per l'Emergenza (CLE)" del comune di Monterenzio (BO), di cui all'Ordinanza del Capo di Dipartimento della Protezione Civile del 26 Ottobre 2015 n°293.

Lo studio si è posto l'obiettivo di realizzare la Microzonazione sismica di alcune aree urbanizzate e urbanizzabili del territorio comunale scelte, in accordo con l'Amministrazione Comunale, sulla base della loro rilevanza urbanistica e della presenza di un adeguato numero di dati geognostici di base (Figura 1):

1. il centro abito di Monterenzio
2. la Località San Benedetto del Querceto

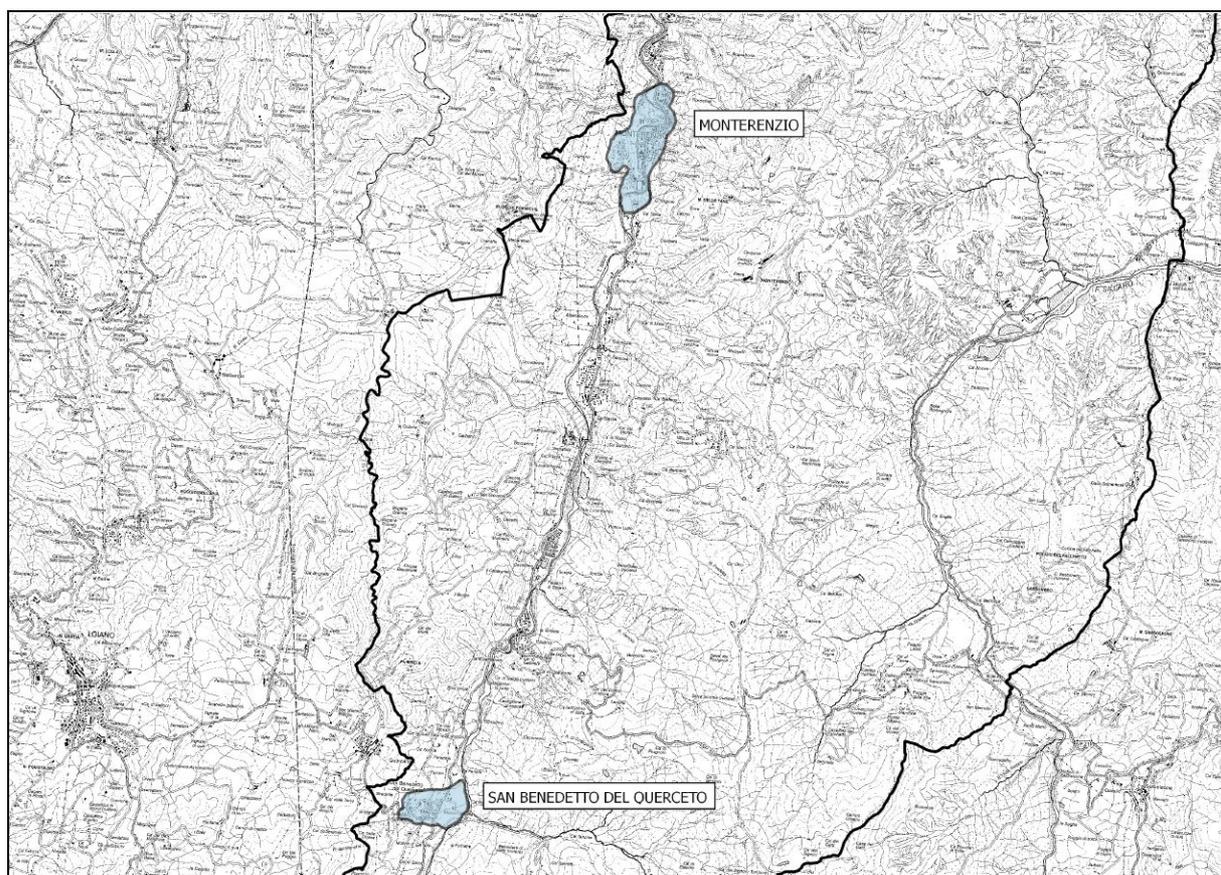
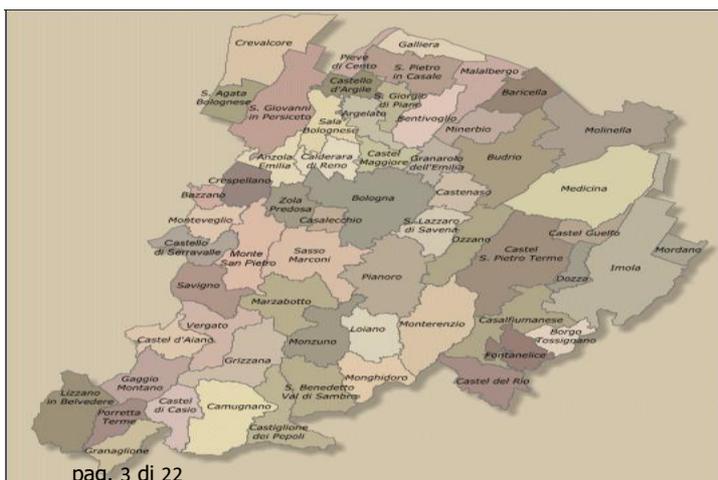


Figura 1. Individuazione delle aree studiate all'interno del territorio del Comune di Monterenzio.

Il Comune di Monterenzio (codice ISTAT 0370241) si inserisce nell'alto Appennino bolognese, confinando con la Provincia di Firenze a SE e con i seguenti comuni:

- Ozzano dell'Emilia a Nord;
- Castel San Pietro Terme a NE;
- Casalfiumanese a Est;
- Castel del Rio a SE;
- Monghidoro a SO;
- Loiano a O;
- Pianoro a NO;



## 2. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

L'analisi delle caratteristiche sismiche del territorio di Monterenzio (BO) parte direttamente dall'esame delle informazioni storiche esistenti raccolte nel Database Macrosismico Italiano 2011 (DBMI15). Il DBMI15 contiene 122701 dati di intensità relativi a 3212 terremoti il cui epicentro ricade all'interno della nuova area CPTI15 (Catalogo Parametrico Dei Terremoti Italiani). I dati sono riferiti a 15416 località di cui 14150 in territorio italiano. Le informazioni sono consultabili on-line dal sito dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (<http://emidius.mi.ingv.it/DBMI15>). Di seguito si riportano le osservazioni sismiche disponibili per Monterenzio (Figura 2).

Storia sismica di Monterenzio [44.325, 11.405]

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
2	1931	04	05	13	34		Faentino	14	6	4.40
3	1957	08	27	11	54		Appennino modenese	58	5	4.73
NF	1983	11	09	16	29	5	Parmense	850	6-7	5.04
NF	1986	12	06	17	07	1	Ferrarese	604	6	4.43
NF	1992	04	17	11	59	0	Appennino bolognese	56	4-5	4.11
3-4	1996	03	14	01	56	3	Appennino tosco-romagnolo	20	4-5	3.56
NF	2000	05	06	22	07	0	Faentino	85	5	4.08
NF	2000	05	08	12	29	5	Faentino	126	5	4.67
NF	2000	05	10	16	52	1	Faentino	151	5-6	4.82
NF	2002	06	18	22	23	3	Frignano	186	4	4.30
5-6	2003	09	14	21	42	5	Appennino bolognese	133	6	5.24
NF	2003	12	07	10	20	3	Forlivese	165	5	4.18

Figura 2. Osservazioni sismiche disponibili per il Comune di Monterenzio (BO): Int= intensità degli effetti al sito espressa secondo la scala Mercalli-Cancani-Sieberg (MCS); Io= Intensità macrosismica epicentrale (MCS) da CPTI15; Mw= Magnitudo momento associata all'evento sismico.

Le stesse osservazioni sono riportate sottoforma di diagramma nella seguente figura.

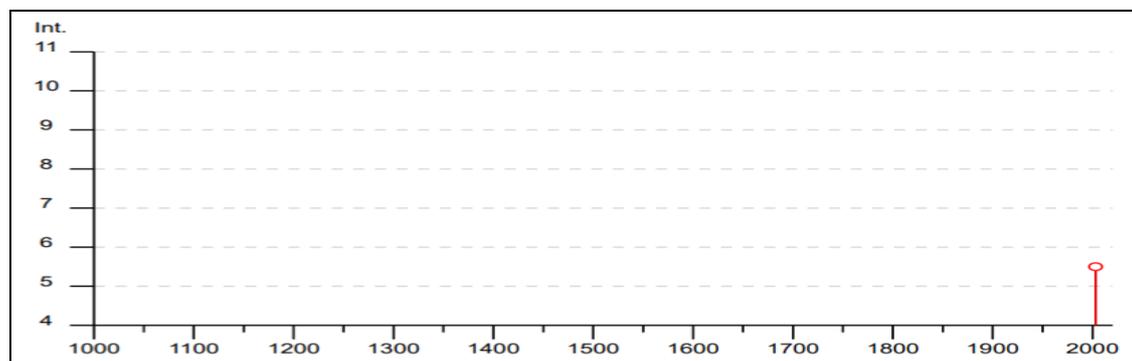


Figura 3 Osservazioni sismiche relative al comune di Monterenzio.

Per il territorio del comune di Monterenzio sono disponibili dodici eventi sismici uno dei quali con intensità al sito tra 5 e 6 della scala MCS (Mercalli-Cancani-Sieberg). Il VI° MCS corrisponde ad una "scossa forte: qualche leggera lesione negli edifici e finestre in frantumi", Figura 4).

Grado	Scossa	Descrizione
I	impercettibile	Avvertita solo dagli strumenti sismici.
II	molto leggera	Avvertita solo da qualche persona in opportune condizioni.
III	leggera	Avvertita da poche persone. Oscillano oggetti appesi con vibrazioni simili a quelle del passaggio di un'automobile.
IV	moderata	Avvertita da molte persone; tremoti di infissi e cristalli, e leggere oscillazioni di oggetti appesi.
V	piuttosto forte	Avvertita anche da persone addormentate; caduta di oggetti.
VI	forte	Qualche leggera lesione negli edifici e finestre in frantumi.
VII	molto forte	Caduta di fumaiole, lesioni negli edifici.
VIII	rovinosa	Rovina parziale di qualche edificio; qualche vittima isolata.
IX	distruttiva	Rovina totale di alcuni edifici e gravi lesioni in molti altri; vittime umane sparse ma non numerose.
X	completamente distruttiva	Rovina di molti edifici; molte vittime umane; crepacci nel suolo.
XI	catastrofica	Distruzione di agglomerati urbani; moltissime vittime; crepacci e frane nel suolo; maremoto.
XII	apocalittica	Distruzione di ogni manufatto; pochi superstiti; sconvolgimento del suolo; maremoto distruttivo; fuoriuscita di lava dal terreno.

Figura 4. Scala Mercalli-Cancani-Sieberg (MCS): I gradi più bassi della scala MCS generalmente affrontano la maniera in cui il terremoto è avvertito dalla popolazione; i valori più alti della scala sono basati sui danni strutturali osservati (da: [https://it.wikipedia.org/wiki/Scala\\_Mercalli](https://it.wikipedia.org/wiki/Scala_Mercalli)).

L'evento più recente registrato nel catalogo è quello riguardante l'evento sismico, di magnitudo momento stimata pari a 5.24, verificatosi nel 2003 nell'Appennino Bolognese (Figura 6). L'intensità risentita all'interno del territorio comunale fu del 5-6 MCS.

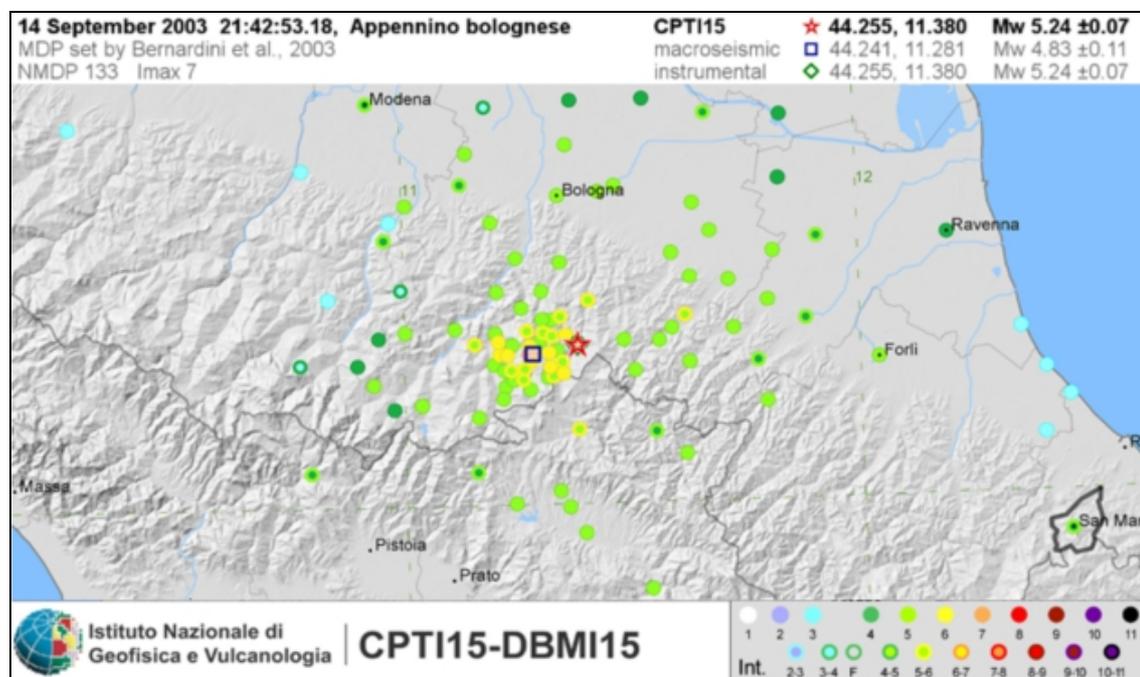


Figura 6. Dettagli dell'evento sismico del 14 settembre del 2003, localizzato nell'Appennino Bolognese.

Gli studi sulla pericolosità sismica promossi dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) hanno portato alla definizione di una nuova zonazione sismogenetica del territorio nazionale denominata "ZS9", che identifica le zone sorgenti a caratteristiche sismiche omogenee. In particolare la zonazione ha individuato 36 "zone-sorgente" i cui limiti sono stati appunto tracciati sulla base di informazioni tettoniche o geologico-strutturali e delle differenti caratteristiche della sismicità, quali distribuzione spaziale e frequenza degli eventi, massima magnitudo rilasciata, ecc..

Il territorio del comune di Monterenzio ricade all'interno della zona sismogenetica ZS913 "Appennino Emiliano Romagnolo"(Figura 7).

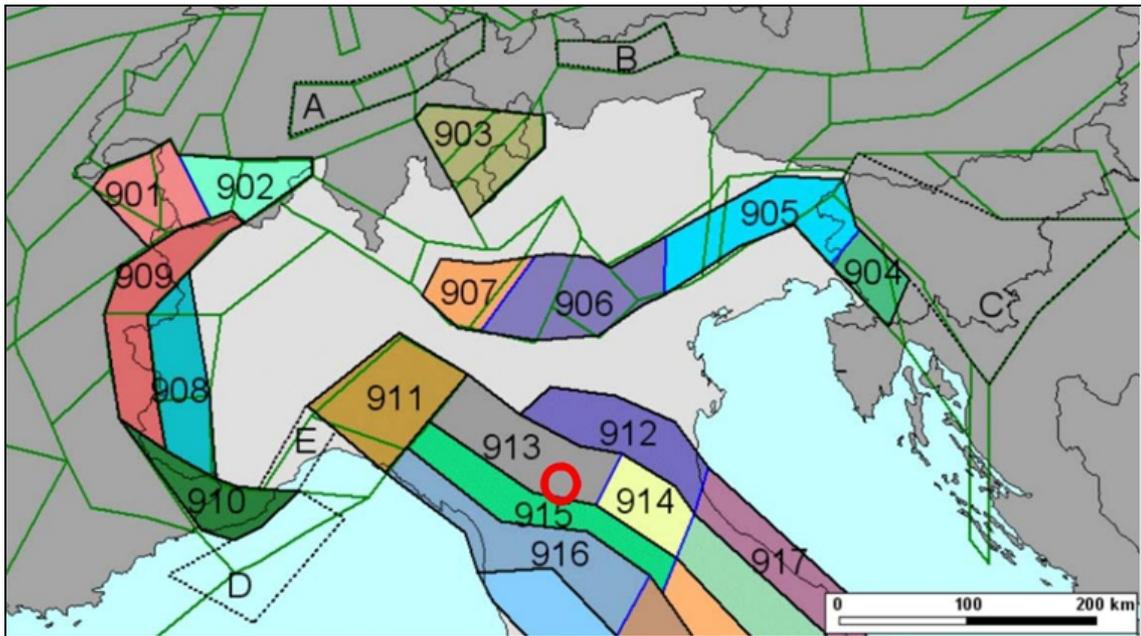


Figura 7. Stralcio Zonazione sismogenetica ZS9 (INGV).

Tale zona è caratterizzata da una sismicità storica che raramente ha raggiunto valori molto elevati di magnitudo e nella quale la profondità efficace (profondità alla quale avviene il maggior numero di terremoti che determina la pericolosità della zona) è relativamente elevata compresa tra 12 e 20 Km. La massima magnitudo associata alla zona è pari 6.14 Mw.

### 2.1. Stima della Pericolosità Sismica di Base

Dall'analisi della Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale, elaborata dall'INGV nel 2004 (consultabile on-line al sito <http://esse1-gis.mi.ingv.it>), che riporta i valori di pericolosità sismica sui punti di una griglia con passo 0.05° si può osservare (Figura 8) che la pericolosità sismica di base del territorio comunale di Monterenzio è caratterizzata da valori di accelerazione di picco, su suolo di riferimento, a(g) compresa tra 0.175 e 0.200 g. La carta è realizzata considerando una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni e cioè un periodo di ritorno degli eventi sismici pari a:  $TR=475$  anni.

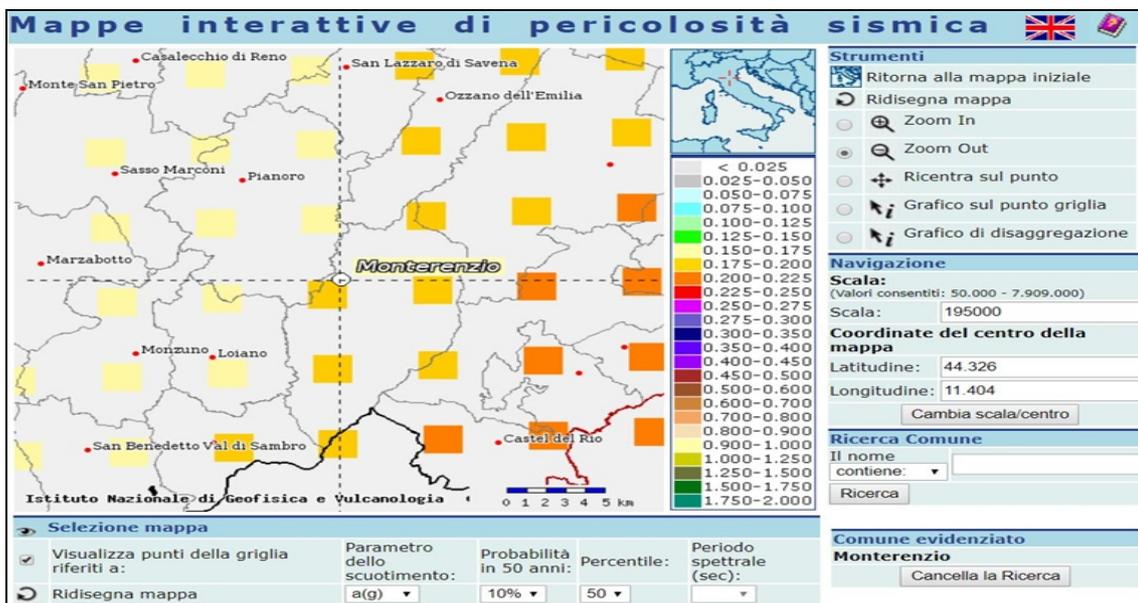


Figura 8. Mappa di pericolosità sismica (<http://esse1-gis.mi.ingv.it>).

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

#### **3.1. Geologia del Territorio Comunale**

L'area del territorio del Comune di Monterenzio fa parte geologicamente della Catena Appenninica Settentrionale ed è delimitata nella sua porzione più orientale da un importante allineamento tettonico "Linea trasversale del Sillaro".

La geologia di questo settore appenninico è stata oggetto di numerosi studi e ricerche sin dalla seconda metà del secolo scorso ma solo in questi ultimi venti anni sono stati forniti contributi importanti per una sua migliore comprensione. Infatti negli anni settanta sono stati condotti una serie di studi geologici e geofisici, sia a scopo di ricerca che a fini petroliferi, che hanno permesso di chiarire alcune delle numerose problematiche.

Molto schematicamente la catena Appenninica, insieme al Retroterra Tirrenico e all'Avanpaese Padano Adriatico, è il risultato della convergenza obliqua post-oligocenica dei blocchi Africano ed Europeo.

Questa convergenza ha portato ad uno scompaginamento superficiale in cui le coperture sedimentarie del blocco africano, sottoposte ad un intenso campo di sforzi di taglio, tendono a scollarsi lungo superfici listriche di minor resistenza e ad essere impilate alla fronte del blocco Europeo come un sistema di pieghe-faglie.

All'interno di questo sistema si formano bacini sedimentari, caratterizzati da una sedimentazione terrigena tendenzialmente asimmetrica, che seguono generalmente le modalità della "piggy back thrust-propagation", cioè le modalità della propagazione di un sistema di accavallamenti dove il più recente si sviluppa sul lembo che precedentemente aveva per tetto le superfici di faglia.

Come fenomeno interdipendente, ad una compressione nell'area esterna, deve essere associata generalmente una distensione nell'area interna. Nel caso dell'Appennino Settentrionale, questi fenomeni sono testimoniati da accrezioni di materiali con migrazione della catena verso l'Avampaese Padano-Adriatico indeformato, e da una generale tettonica distensiva nel Retroterra Tirrenico, con conseguente magmatismo (vulcanesimo tosco-laziale).

In questo quadro di massima, così come quello appena definito, hanno avuto una grande influenza, nella porzione di territorio da noi considerato, alcune linee tettoniche trasversali, tra le quali la sopraccitata linea del Sillaro. Questa linea disgiuntiva, oltre a limitare settori trasversali a traslazione differenziale per scorrimento NE vergente, ha svolto un importante ruolo nella sedimentazione, individuando aree a diversa evoluzione sedimentaria nell'ambito dei diversi domini strutturali (vedi paragrafi successivi).

La linea tettonica trasversale del Sillaro, infatti, individua due settori che differiscono per la natura dei terreni affioranti e le tematiche geologiche relative.

Quest'ultima costituisce la stretta fase di raccordo fra Appennino emiliano e romagnolo e cioè, ad occidente, la profonda depressione strutturale all'interno delle quali sono avanzate le "Liguridi" (Appennino Emiliano), ed a oriente, il marcato alto strutturale post-tortoniano della Romagna, in corrispondenza del quale il ricoprimento delle Unità Liguri si interrompe e affiorano le successioni del Dominio Umbro (Marnoso Arenacea) sottostanti il ricoprimento.

Da un punto di vista cinematico-sedimentario, invece, nell'autoctono affiorante a meridione di tale linea le aree sinclinaliche hanno agito come bacini sedimentari, separati da dorsali corrispondenti alle anticlinali

frontali. Nei bacini si sono prevalentemente depositati, con una sedimentazione tendenzialmente asimmetrica, i materiali terrigeni, mentre, sugli alti e sui margini delle dorsali in crescita prevalevano le peliti di piattaforma-scarpata, i depositi carbonatici e silicoclastici di spiaggia. A settentrione della Linea, per condizioni di maggiore deformazione locale si sono ripetute nel tempo e nello spazio fenomeni di scivolamento dai fianchi esterni delle dorsali che, in condizioni favorevoli hanno assunto il carattere di vere falde gravitative (o carattere misto gravitativo-tettonico) coinvolgenti volumi enormi di materiali (migliaia di Km<sup>3</sup>). Al fronte e ai lati di queste falde sono disposti depositi pluriformazionali minori sotto forma di olistostromi.

Come risultato finale del ripetersi di atti gravitativi e tettonici si sono depositati materiali a matrice argillosa fittamente permeati da superfici meccaniche di ogni ordine e grandezza, lucenti ed untuose al tatto, conosciute in letteratura con come *Argille Scagliose*, *Complesso Indifferenziato Complesso Liguride*.

L'area del territorio del Comune di Monterenzio ricade in entrambi i settori, e questo giustifica la particolare complicazione della litostratigrafia presenti.

### **3.2. Litostratigrafia**

Nell'Appennino settentrionale sono presenti grandi masse rocciose di notevoli dimensioni (falde) traslate decine o centinaia di chilometri, durante i vari impulsi orogenetici, dalla loro area di origine verso le zone in cui attualmente affiorano, impilate le une sulle altre. Nell'Appennino Tosco-emiliano si distinguono, da Ovest verso Est, sei grandi domini paleogeografici caratterizzati ciascuno da una particolare successione stratigrafica e storia evolutiva. Spostandosi da Ovest verso Est, dal Mar Tirreno verso il margine Padano, si incontrano dapprima i domini Oceanici (impostati su crosta oceanica) delle Liguridi interne e due delle Liguridi esterne, a cui fanno seguito i due domini continentali (impostati su crosta continentale) Toscano e Umbro-romagnolo-marchigiano; il sesto dominio, Sub-ligure, si colloca in una posizione di transizione tra i precedenti.

La messa in posto delle varie unità si può ricondurre principalmente alle fasi tettoniche liguri e subliguri (Eocene, Oligocene) nell'ambito della generale orogenesi dell'Appennino settentrionale. I lineamenti tettonici principali mostrano una prevalente direzione appenninica (sovrascorrimenti e faglie dirette) ed antiappenninica (faglie che disarticolano le varie unità). Nell'area del comune di Monterenzio sono presenti depositi riconducibili al dominio oceanico, in particolare al ***dominio ligure esterno ed al dominio epiligure***. Il *dominio ligure esterno* è caratterizzato prevalentemente da una risedimentazione di fanghi calcareo-marnosi della scarpata continentale europea posta a settentrione, probabilmente in un ambiente di piana abissale oceanica. I terreni deposti in questi domini oceanici subiscono un'intensa tettonizzazione tra il Paleocene e l'Eocene medio. Questa porta al loro impilamento in estese falde e alla chiusura dell'oceano Ligure-piemontese. I movimenti traslativi avvengono prevalentemente in ambiente subacqueo. Questo perdura anche dopo la completa sovrapposizione delle varie unità tettoniche, tanto che su questi terreni corrugati si impostano vari bacini minori entro cui si depongono sequenze ricche di detriti silicoclastici, coevi con quelli più esterni dei domini continentali (Successioni Epiliguri).

Le unità appartenenti al *dominio ligure esterno* sono riconducibili al *Complesso Caotico* costituito da litotipi prevalentemente pelitici caratterizzati da un'intensa deformazione; stratigraficamente questa unità è sormontata dalla *Formazione di Monghidoro*, costituita da depositi arenacei di origine torbiditica.

Successivamente alla fase tettonica ligure (Eocene) la sedimentazione si imposta su di un substrato profondamente deformato ed in ambiente marino piuttosto profondo, con depositi rappresentati da potenti accumuli di breccie poligeniche (olistostromi) da marne ed argille emipelagiche con strati torbiditici e da corpi arenacei risedimentati. *Le Arenarie di Loiano*, facenti parte, con termini pelitici, della *Formazione di Monte Piano* sono costituite da corpi arenacei risedimentati la cui area di provenienza era costituita dal margine del paleocontinente europeo. All'evolversi dei movimenti traslativi delle Unità Liguri sono associate nuove fasi della sedimentazione epiligure. La *Formazione di Antognola* è caratterizzata soprattutto da marne ed argille marnose emipelagiche con all'interno potenti corpi arenacei depositi in eteropia con i depositi emipelagici. Il passaggio ad un ambiente di piattaforma è segnato dalla deposizione della *Formazione di Bismantova* costituita da arenarie ed arenarie siltoso calcaree. I depositi del dominio Epiliguri si chiudono con la sedimentazione pelitico ed arenacea del "*Bacino intrappenninico bolognese del Pliocene*". Gli eventi cinematici tettonici e gravitativi di cui si è accennato precedentemente hanno prodotto nell'area esaminata un quadro stratigrafico molto complesso soprattutto per la rappresentazione del Complesso Caotico che è stato mantenuto non con il nome generico ritenuto in passato da numerosi autori, ma come unità stratigrafico-strutturale a struttura caotica, costituita dalla mescolanza di unità litostratigrafiche con livelli di olistostromi di estensione regionali messi in posto durante le fasi deformative comprese tra l'Eocene medio e l'Oligocene.

- ***Depositi Alluvionali in evoluzione***

Si tratta dei depositi alluvionali appartenenti alla stretta fascia di alveo e di piana inondabile; si tratta prevalentemente di ghiaie e sabbie eterometriche ed eterogenee. I clasti delle ghiaie risultano sempre ben arrotondati ed immersi in matrice limo sabbiosa e sabbiosa.

- ***Depositi Alluvionali terrazzati (b2, b3, ecc)***

I terrazzi sono numerati dal più recente al più antico; si tratta di ghiaie e sabbie prevalenti ricoperte da una coltre pedogenizzata di vario spessore costituita fondamentalmente da limi e limi-argillosi. Nell'area studiata sono stati riconosciuti, essenzialmente in base a caratteri morfologici macroscopici, cinque diversi ordini di terrazzo formati in seguito ai vari cicli erosivi e sedimentari legati ad eventi climatici, a variazioni del livello di base del corso d'acqua ed alla intensa attività tettonica che ha caratterizzato questo settore appenninico.

- ***Conoidi alluvionali***

In corrispondenza della confluenza dei corsi d'acqua con i torrenti principali l'energia di trasporto diminuisce e di conseguenza si formano dei depositi sedimentari a forma di ventaglio, con l'apice rivolto a monte (conoidi) caratterizzati dalla presenza di materiali prevalentemente grossolani, sabbie e ghiaie.

- ***Depositi eluviali e colluviali***

Coperture detritiche costituite da clasti eterometrici in matrice pelitica con potenza di alcuni metri in ricoprimento al substrato; la composizione chiaramente risulta molto variabile e determinata dalla litologia affiorante.

□ ***Unità Epiliguri***

- **Depositi del Bacino Infrappenninico (Pliocene)**

Arenarie di colore giallo ocra con cementazione da buona a scarsa, a grana media, in spessi banchi a stratificazione incrociata con frequenti livelli conchigliari; sono presenti lenti conglomeratiche costituenti corpi canalizzati.

- **Formazione di Cigarello (CIG)**

Unità litologicamente eterogenea costituita nella sua parte inferiore da sedimenti arenitico-marnosi di piattaforma che evolvono nella parte superiore a sedimenti pelitico arenitici di scarpata e bacino; si tratta di un'unità composta, molto potente, con forte variabilità verticale e orizzontale delle facies (Miocene).

- **Membro di Monterenzio (Miocene)**

Ammassi rocciosi strutturalmente ordinati costituiti da alternanze tra livelli lapidei e livelli pelitici, con livelli lapidei prevalenti.

- **Marne ed Arenarie di Contignaco (CTG) - (Miocene medio)**

Si tratta di marne, marne argillose, marne siltose e siltiti marnose grigie, in strati decimetrici, con giunti da poco evidenti a ben evidenti. Si intercalano a diverse altezze lenti di arenarie grigie (VAE a), giallastre in alterazione, spesse da pochi metri a varie decine di metri. Le arenarie, da fini a molto grossolane, in strati decimetrici a base e tetto piani, sono organizzate in sequenze positive.

- **Formazione di Antognola (Oligocene - Miocene Inferiore)**

Unità litologicamente eterogenea a dominanza marnosa parzialmente suddivisa in membri e sotto-unità caratteristici di ambienti di scarpata-bacino. La litologia prevalente è costituita da marne e marne argillose grigie o grigio-verdi, a luoghi siltose, con patine nerastre e brune a stratificazione generalmente mal definita a volte evidenziata da sottili intervalli arenacei a grana fine, fratturazione globulare o poliedrica.

- **Membro delle Arenarie di Anconella**

Prevalenti arenarie grigie, da fini a grossolane, poco cementate, in strati da decimetrici a metrici. Gli strati più spessi sono in genere a base netta erosiva, privi di strutture sedimentarie con inclusi pelitici scuri e frustoli carboniosi. Gli strati più sottili hanno prevalentemente laminazione piano-parallela.

Gli strati pelitici, grigio e grigio scuri, hanno spessori di pochi centimetri; il rapporto arenarie pelite e sempre > di 3/1.

Complessivamente l'unità forma una grande sequenza positiva con base netta erosiva, spessa al massimo 150 m corrispondente probabilmente al riempimento di un canale sottomarino.

- **Membro Arenarie di Loiano (Oligocene)**

Viene considerata in letteratura come una variazione laterale della coeva Formazione di Ranzano. E' costituita da arenarie (arcose) torbiditiche da medie a grossolane, di colore da grigio chiaro a biancastro, in strati da sottili a molto spessi, generalmente spessi, talora gradati, frequentemente amalgamati, a volte con un sottile intervallo pelitico grigio scuro al tetto. Rapporto A/P >> 1; il grado di cementazione è generalmente molto scarso.

□ **Unità liguri**

- **Complesso caotico (Cretaceo inferiore - Aptiano, Albiano)**

Il complesso caotico molto diffuso in tutto l'Appennino centroccidentale emiliano romagnolo è costituito prevalentemente da materiali caotici a matrice pelitico argillitica con elementi clastici di provenienza ligure (Argille a Palombini Argille Varicolori, ecc.), messi in posto sia per tettonica attiva che gravitativa. Nel complesso caotico sono stati compresi materiali caotici argillitici non chiaramente definiti oppure senza una precisa attribuzione.

Si tratta di Formazioni caratterizzate da un intenso grado di tettonizzazione e rappresentate da un'alternanza di argilliti fissili e da strati di spessore molto variabile di calcari micritici a volte risedimentati, ai quali si intercalano pacchi di sottili torbiditi arenaceo siltose-argillose che presentano strutture di deformazione molto complesse e di solito difficilmente osservabili a causa della degradazione superficiale. Inoltre appaiono spesso con un aspetto caotico, con blocchi calcarei completamente isolati, cataclasati e sparsi in modo irregolare nella pelite molto deformata, che possiede una struttura scagliosa di tipo pervasivo. A questa unità sono associate argille, caratterizzate da una colorazione variabile dal grigio, al verdastro, all'azzurro ed al rosso e con intercalati strati sottili di calcilutitici grigio-verdi e inglobanti lembi a litologia arenaceo-pelitica e/o calcarea ed isolate masse di svariate dimensioni di breccie ofiolitiche di calcari e di argille stratificate.

- **Formazione di Monghidoro (MOH) - (Cretaceo superiore - Paleocene - Eocene inferiore)".**

Si tratta di alternanze arenaceo-pelitiche di origine torbiditica in strati da sottili a spessi, raramente molto spessi, costituiti da una base arenacea con grana generalmente media o fine, raramente grossolana, di colore grigio brunastro, passante a pelite grigio scuro o nerastra. Sono spesso ben sviluppate le controimpronte basali (flute casts); Il grado di cementazione generalmente è buono, a luoghi scarso.

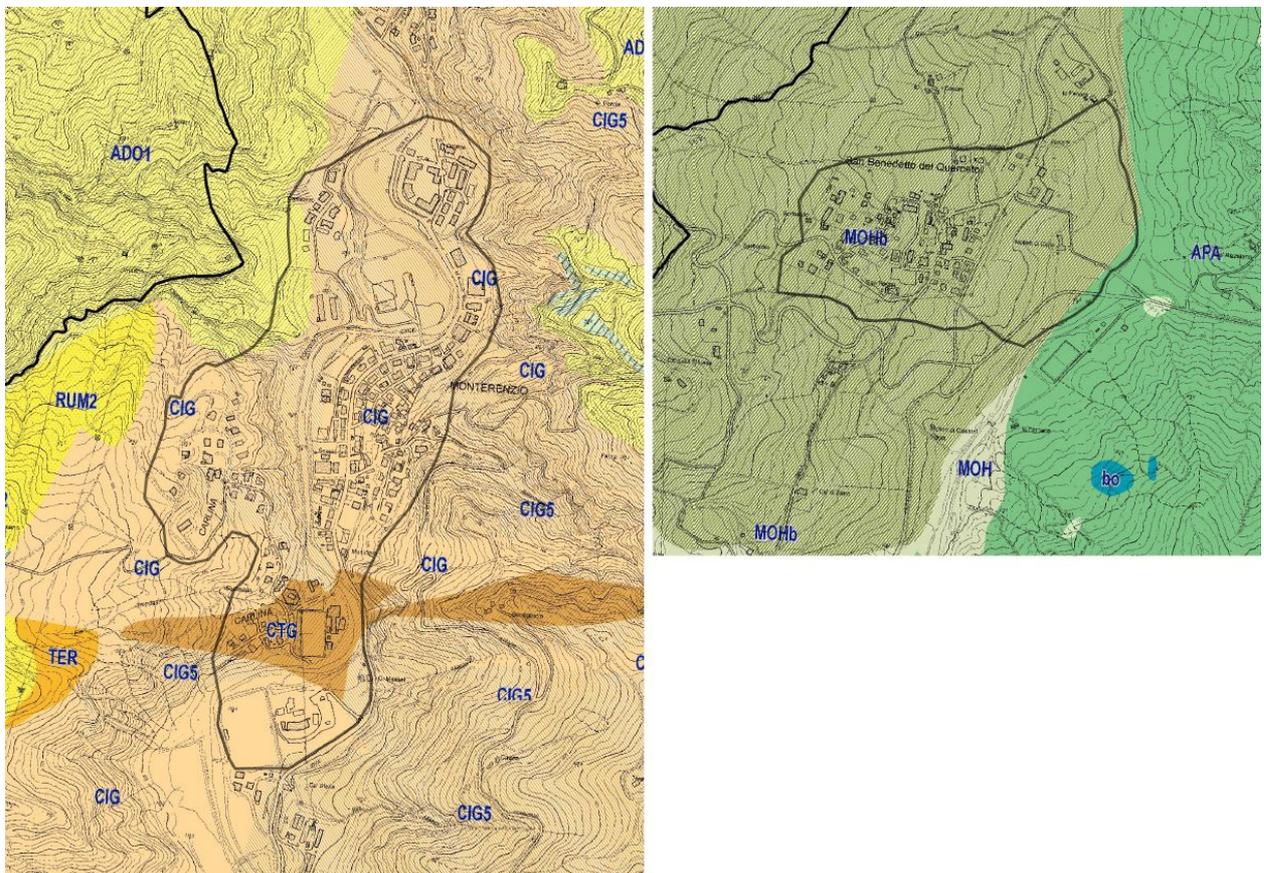


Figura 9. Geologia di base delle aree studia

### **3.3. Inquadramento Geomorfológico**

Le quote maggiori dei rilievi si rinvengono nella porzione meridionale del territorio Comunale con un massimo di 951 m s.l.m. in corrispondenza del Monte Tre Poggioli al limite con il confine con la Regione Toscana. Altre quote rilevanti, procedendo in direzione Nord, sono rappresentate dal M. Sassonero (467 m s.l.m.), dal M. Bibeles (605 m s.l.m.), dal M. Monterenzio (602 m s.l.m.), dal M. delle Tane (476 m s.l.m.), dal M. Iano (534,5 m s.l.m.) e dal Monte Cuccoli (480 m s.l.m.).

La forma dei rilievi, chiaramente influenzata dalle litologie affioranti, risulta dolce nella porzione orientale e sud-orientale, mentre risulta più acclive nella porzione assiale ed occidentale in corrispondenza delle litologie caratterizzate dalla consistenza lapidea.

Il territorio comunale si sviluppa in direzione longitudinale (nord-sud) e risulta attraversato principalmente da due corsi d'acqua che risultano essere il Torrente Idice ed il Torrente Sillaro e solo marginalmente, nella estrema porzione occidentale, dal Torrente Zena.

#### **• Corsi d'acqua principali**

*Il Torrente Idice* (bacino imbrifero del F. Reno) occupa la porzione centro occidentale del territorio comunale e rappresenta il corso d'acqua principale e dalle portate maggiori; la sua valle si configura come l'incisione morfologica più importante; le aree di terrazzo non risultano particolarmente sviluppate, ma se ne sono individuate di diverso ordine anche a quote elevate (b5).

*Il Torrente Sillaro* (bacino imbrifero del Fiume Reno) corrisponde in parte al confine orientale del territorio comunale; il corso d'acqua è impostato per la sua totalità in corrispondenza dei materiali costituenti il caotico grigio; da qui la sua valle aperta ed i suoi grandi sistemi di alluvioni terrazzate (b1 e b2) soprattutto nella sua porzione nord orientale in cui si ha una diminuzione di energia del rilievo.

*Il Torrente Zena* (affluente di sinistra del Torrente Idice), occupa una piccola porzione del Territorio Comunale in corrispondenza del suo confine orientale. Qui il torrente scorre all'interno di un tratto di valle stretta e profonda caratterizzata da un'alta energia di rilievo.

#### **• Crinali**

Sono stati distinti e cartografati due ordini di crinali rispettivamente tra Idice e Sillaro (2° ordine) e tra Zena e Idice (3° ordine), che al di là del loro "significato idraulico", risultano di particolare interesse per il tipo di ambiente che rappresentano, e per la loro collocazione geografica in una porzione di territorio di particolare pregio ambientale.

## **4. GEOMORFOLOGIA**

La rappresentazione dei vari fenomeni (vedi tavole 1 Nord e 1 Sud), è stata effettuata sulla base della cartografia litologica in modo tale da avere individuata la distribuzione dei vari processi in base anche alle litologie presenti.

Le varie suddivisioni sono state effettuate seguendo le classificazioni adottate nella Cartografia Geologica dell'Appennino della R.E.R. scala 1:10.000, descrivendo dapprima i movimenti di massa più rappresentati e rappresentativi e poi i fenomeni di erosione e/o accumulo più diffusi.

### **4.1. Movimenti di massa**

Per individuare le aree interessate da dissesto è stata elaborata una carta geomorfologica dove sono stati riportati:

- *a1 - Frane in evoluzione - depositi eterogenei in matrice pelitica;*
- *a2 - Frane quiescenti - depositi eterogenei in matrice pelitica stabilizzati;*
- *a3 - Depositi di versante - materiali eterogenei ed eterometrici accumulati per gravità e ruscellamento;*
- *a4 - Depositi eluviali e colluviali - depositi prevalentemente pelitici a vari stadi di alterazione.*

Si può osservare dalle tavole allegate come la maggiore propensione al dissesto si manifesti in corrispondenza dei terreni a matrice prevalentemente argillosa e argillo-marnosa (Caotico grigio e Vae). I fenomeni di dissesto presenti sono in prevalenza riconducibili a scivolamenti o scorrimenti e/o colamenti (Varnes 1978). Si tratta di fenomeni che tendenzialmente tendono a concentrarsi in corrispondenza degli impluvi dove maggiori sono le concentrazioni idriche e quindi le infiltrazioni nel terreno responsabili del decadimento delle caratteristiche geotecniche dei materiali.

Più precisamente gli *scivolamenti o scorrimenti* comportano uno spostamento per taglio lungo una o più superfici, oppure entro un *livello* abbastanza sottile. Tali superfici corrispondono frequentemente a discontinuità strutturali, quali faglie, giunti di fessurazione o di stratificazione, a passaggi fra strati di diversa composizione litologica o a contatto fra roccia in posto e detrito sovrastante (vedi S. Benedetto del Querceto); questo tipo di frane possono avere superfici di scivolamento anche molto profonde.

*Le colate* sono forme di dissesto di forma ed entità molto variabile, che interessano materiali imbevuti di acqua, lungo superfici di neoformazione; possono avvenire in ammassi rocciosi o in terreni sciolti e possono determinare deformazioni sia superficiali che profonde.

In corrispondenza di terreni caratterizzati da buone proprietà geotecniche e/o geomeccaniche (Bismantova Antognola Pliocene ecc), si possono manifestare fenomeni gravitativi (generalmente modesti) in corrispondenza di zone di accumulo di versante.

## **4.2. Forme di erosione idrica**

L'erosione idrica dipende fondamentalmente da due tipi di forze:

- *erosività dell'acqua;*
- *erodibilità del terreno.*

La prima dipende dalla velocità e dalla direzione della stessa e quindi dall'energia del rilievo, la seconda dall'entità e dal tipo di copertura vegetale, dalle caratteristiche del materiale detritico, dal grado e dal tipo di consolidamento del materiale.

Le principali forme di erosione prese in considerazione nel presente studio sono:

- *erosione di fondo:* avviene principalmente in alveo provocando un approfondimento ed un allargamento dello stesso;
- *erosione laterale di sponda:* avviene principalmente dove l'azione delle acque durante gli episodi di piena causa l'erosione degli orli di terrazzo o dei materiali presenti in prossimità dell'alveo.

L'erosione laterale o di sponda può determinare il danneggiamento di strutture ed infrastrutture costruite in prossimità del ciglio superiore dell'alveo di piena, la perdita di superficie agricola e lo scalzamento al piede di versanti, determinandone a volte anche la destabilizzazione.

Sono stati indicati inoltre i tratti di alveo caratterizzati da *sovralluvionamento*: si tratta di un processo causato dal deposito di sedimenti grossolani in seguito ad un evento alluvionale quando cioè l'energia

delle acque di piena diminuisce. In questi tratti di alveo il deflusso delle acque risulta più difficoltoso in quanto, causa la diminuzione di capacità di invaso dell'alveo, si possono manifestare deviazioni del corso principale con conseguenti nuovi punti di erosione laterale ed aumento dei rischi di esondabilità. Per l'inquadramento morfologico generale dell'area, si è partiti dall'analisi della cartografia geologica dell'Emilia Romagna che riporta gli elementi aggiornati dell'Inventario del Dissesto della regione. Tali analisi sono state poi integrate dal rilevamento morfologico e geologico originale delle aree studiate, rilevando in campagna gli elementi morfologici presenti.

Le forme del paesaggio che si possono osservare, nel territorio del comune di Monterenzio, sono il prodotto di una serie di processi che hanno modellato in passato e che modellano tuttora le masse litoidi affioranti. Le forme di erosione sono state generate dall'azione degli agenti esogeni, che hanno operato in maniera selettiva sui vari litotipi; in questa continua azione l'assetto tettonico ed il diverso comportamento morfoselettivo del substrato litoide hanno rivestito un ruolo importante nella definizione dell'attuale assetto geomorfologico dell'area.

## **5. DATI GEOETECNICI E GEOFISICI**

### **5.1. Dati Geotecnici**

Al fine di caratterizzare dal punto di vista litotecnico i terreni di copertura ed il substrato geologico è stato necessario reperire tutte le informazioni di carattere geologico in possesso dell'amministrazione comunale e servirsi di prove geognostiche effettuate sul territorio.

Le prove geognostiche, unitamente ai dati rilevati nel corso dei vari sopralluoghi ed alle analisi geologiche in s.l., hanno consentito di individuare lo spessore delle coltri di copertura, stabilire la profondità del substrato geologico, e di fornire le indicazioni sulle caratteristiche geomeccaniche dei terreni attraversati.

### **5.2. Dati Geofisici**

Per caratterizzare da un punto geofisico i terreni presenti è stata effettuata una campagna geosismica passiva costituita da 19 acquisizioni di microtremori a stazione singola (HVSR).

### **5.3. Indagini HVSR**

Le prove HVSR sono state ubicate in corrispondenza dei nodi di una maglia quadrata atta a coprire in maniera omogenea i quattro comparti, tenendo comunque in considerazione l'assetto geologico e geomorfologico delle aree di studio e le loro relative specificità.

Le indagini a stazione singola, con acquisizione di microtremori ambientali, sono state eseguite utilizzando un acquisitore **TROMINO®**.

Lo strumento è dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente, e permette la registrazione nel campo di frequenze 0-200 Hz. In sintesi, dopo che il segnale dei tre velocimetri è stato acquisito, per un determinato tempo t, e digitalizzato a 24 bit, viene trasmesso ad un software dedicato, denominato Grilla il quale, per ciascuna delle 3 componenti del moto, esegue le seguenti operazioni:

1. divisione del tracciato in finestre la cui lunghezza è immessa dall'operatore;
2. depurazione del segnale dal trend di ciascuna finestra;

3. "taper" con una finestra di Bartlett;
4. "pad" di ciascuna finestra con degli zero;
5. calcolo della trasformata di Fourier (FFT) per ciascuna finestra;
6. calcolo dello spettro di ampiezza per ciascuna finestra;
7. smoothing (lisciamento) dello spettro di ogni finestra secondo differenti funzioni la cui scelta viene definita dall'operatore;
8. calcolo del rapporto spettrale HVSR per ogni frequenza e per ogni finestra.

Il risultato finale consiste nella graficizzazione delle medie degli HVSR di ciascuna finestra e nell'interpretazione secondo la tecnica di Nakamura.

Il metodo si basa sulla misura del rumore sismico ambientale, il quale è il prodotto sia da fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) sia dall'attività antropica oltre, ovviamente, dall'attività dinamica terrestre. Si chiama anche microtremore perché riguarda oscillazioni molto piccole (10 -15 (m/s<sup>2</sup>) in termini di accelerazione), inferiori di diversi ordini di grandezza rispetto a quelle indotte dai terremoti nel campo vicino. Nel 2004, nell'ambito di un progetto europeo denominato SESAME (Site EffectS assessment using AMbient Excitations), sono state elaborate le linee guida per l'esecuzione e l'interpretazione di misure sismiche di microtremore, creando così le premesse per la standardizzazione di questo tipo di indagine geofisica.

Le misure di microtremori sono state utilizzate anche per la valutazione di velocità delle onde di taglio (Vs) grazie anche all'utilizzo dei dati geognostici disponibili. Il metodo risulta molto semplice ed intuitivo nell'ipotesi di un sottosuolo stratificato orizzontalmente e i cui parametri variano solo con la profondità (sistema monodimensionale 1D).

I dati misurati dallo strumento sono stati elaborati e interpretati con il software **Grilla®** fornendo un report finale così strutturato:

Dati delle misura.	Ora di inizio e fine registrazione, frequenza di campionamento, ecc.
Horizontal to vertical spectral ratio	Grafico H/V
H/V Time history	Grafico Time history del rapporto H/V
Directional H/V	Grafico Direzionalità del rapporto H/V
Single component spectra	Grafico delle singole componenti spettrali
Experimental vs. sintetic H/V	Sovrapposizione della curva sperimenta alla curva H/V e istogramma Velocità/Profondità

## 6. MODELLO DEL SOTTOSUOLO

Il modello geologico generale dei comparti di studio, che è stato definito grazie ai numerosi dati disponibili e alla campagna geofisica effettuata, è essenzialmente schematizzabile con due unità principali: la prima, superficiale, è costituita dai terreni di copertura che si sovrappongono alla seconda unità caratterizzata dai litotipi ascrivibili al substrato geologico inizialmente alterato e decompresso. La copertura presenta uno spessore variabile, generalmente in aumento procedendo da monte verso valle, e proprietà geomeccaniche solitamente in graduale miglioramento con la profondità.

## 7. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI

### 7.1. Premessa

Lo studio di microzonazione sismica, per le due aree del comune di Monterenzio, è stato realizzato secondo le seguenti fasi:

1. Individuate delle aree suscettibili di effetti locali, o microzone omogenee in prospettiva sismica (◊MOPS, I° livello di approfondimento), definendo per ognuna di esse i livelli di approfondimento ritenuti necessari;
2. Determinazione quantitativa attraverso una procedura semplificata dei fattori amplificazione dove consentito (◊II° livello di approfondimento);

### 7.2. Metodologie di elaborazione

Le metodologie utilizzate e i risultati ottenuti vengono qui sinteticamente descritti per i tre livelli di microzonazione sismica realizzati per i quattro comparti del comune di Monterenzio (I e II livello di microzonazione). Nel successivo capitolo ("Elaborati cartografici") i risultati saranno dettagliati e spiegati per ogni singolo prodotto realizzato all'interno dello studio.

### 7.3. I° Livello di Microzonazione

In riferimento agli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica del Dip. Prot. Civ, sono state individuate e delimitate, all'interno delle due aree di studio, le zone a comportamento equivalente in occasione di sollecitazione sismica e i livelli di approfondimento che competono ad ognuna di esse.

Dall'analisi dei dati sono state individuate tre **zone stabili suscettibili di amplificazioni locali** a comportamento sismico omogeneo.

**Zona 1:** Terreni di copertura alluvionali costituiti da ghiaie a granulometrie ben assortite e limi sabbiosi (si tratta dei terrazzi alluvionali);

**Zona 2:** Terreni di copertura eluvio-colluviali costituiti da sabbie limose;

**Zona 3:** Substrato affiorante e/o sub affiorante molto fratturato, alterato e decompresso. (Velocità  $V_s < 800$  m/s).

Nelle aree di studio, il substrato geologico affiorante o sub-affiorante, non è stato identificato come **zona stabile** priva di effetti amplificativi, bensì come **zona stabile suscettibile di amplificazioni locali** dato il suo stato di forte alterazione e fratturazione superficiale. I differenti tipi di substrato sono stati accumulati nella stessa tipologia di zona poiché associati a comportamenti meccanici e quindi sismici simili.

Dall'analisi dei dati sono state individuate quattro **zone di attenzione per instabilità di versante** a comportamento sismico omogeneo distinte per cinematismo e caratteristiche litologiche.

**ZAFR (30122003):** Scorrimento attiva. Clasti eterometrici in matrice pelitica in ricoprimento al substrato con uno spessore dai 2 ai 5 m.

**ZAFR (30232004):** Scorrimento quiescente. Clasti eterometrici in matrice pelitica in ricoprimento al substrato con uno spessore dai 2 ai 5 m.

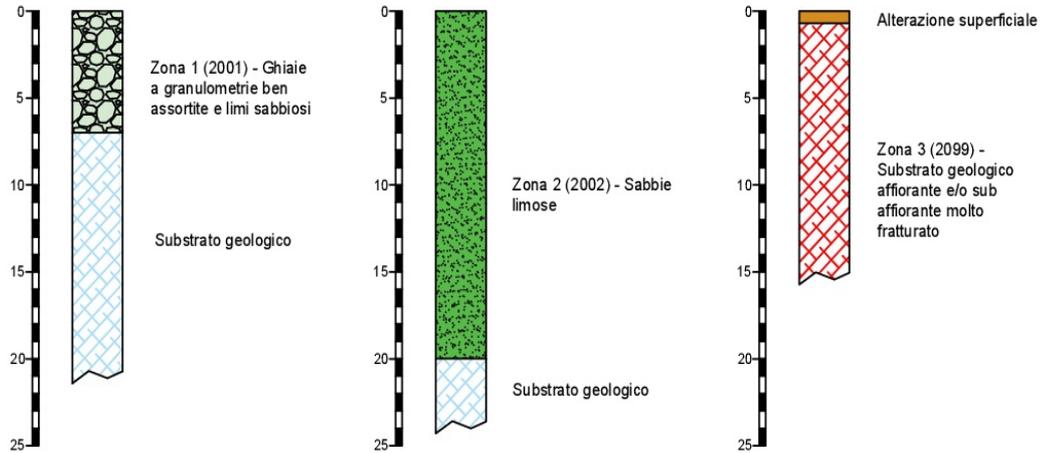
**ZAFR (30222005):** Colata attiva. Massa costituita da materiale fangoso saturo di acqua con uno spessore di 1 m.

**ZAFR (30242006):** Complessa quiescente. Clasti eterometrici in matrice pelitica in ricoprimento al substrato con uno spessore dai 2 ai 7 m.

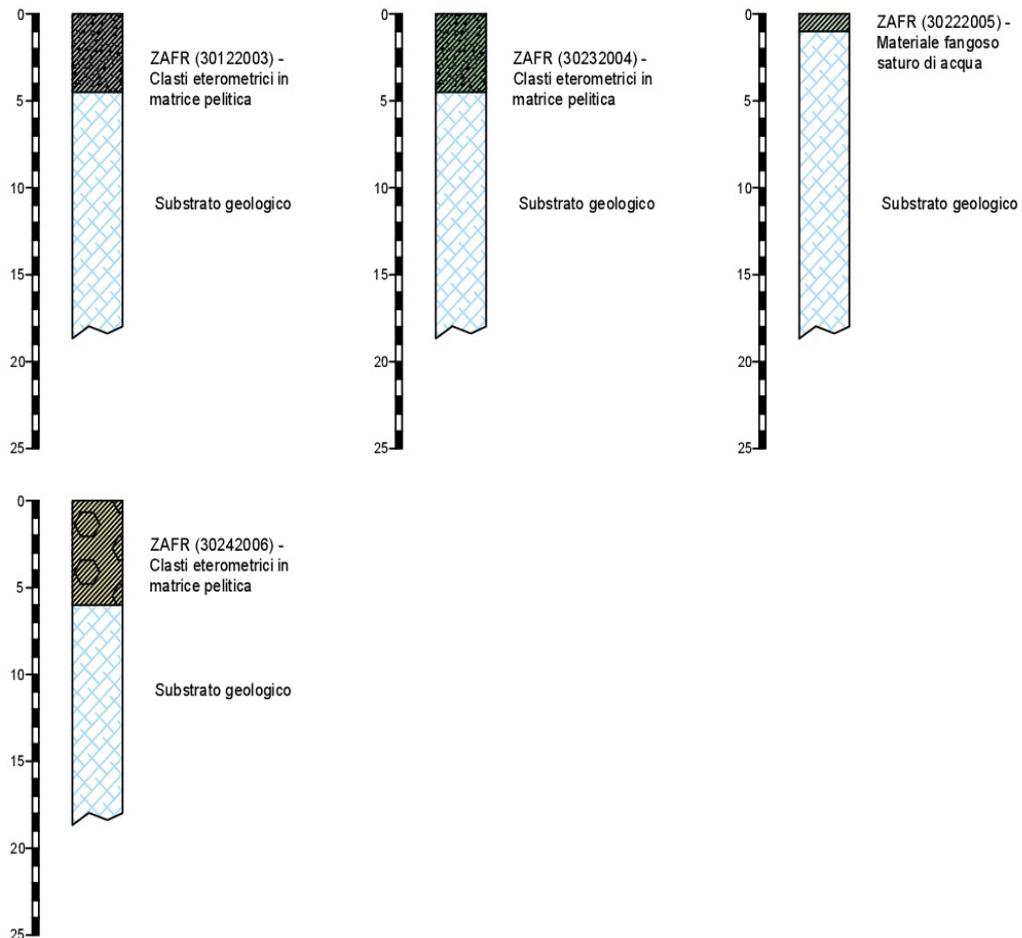
Le corrispondenti colonne litostratigrafiche sono riportate nella figura seguente.

# Colonne litostratigrafiche

## Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali



## Zone di attenzione per instabilità



## 7.4. II° Livello di Microzonazione

Dall'analisi dei dati ottenuti e sulla base delle indagini sismiche passive realizzate è stato possibile quantificare i fattori amplificativi dei materiali geologici, dei terreni di copertura e del substrato sub-affiorante. Tali fattori sono tre per ogni area individuata, in termini di massima accelerazione al suolo (PGA) che di intensità di Housner (SI suddivisa in due distinti periodi T di riferimento SI1:  $0.1 < T_0 < 0.5$  s; SI2:  $0.5 < T_0 < 1.0$  s) secondo l'approccio proposto dalla Regione Emilia-Romagna a seguito dell'entrata in vigore del DGR n.2193 del 21/12/2015 (pubblicati nel BUR parte seconda – N.2 – del 8 gennaio 2016), che costituisce l'aggiornamento degli indirizzi regionali per studi di microzonazione sismica (MS) per la pianificazione urbanistica (DAL n. 112 del 2 maggio 2007).

In particolare gli abachi utilizzati per l'individuazione dei fattori di amplificazione sono quelli relativi al contesto "APPENNINO -zone collinari e montane con substrato non rigido, vale a dire caratterizzato da  $V_s \ll 800$  m/s" (Allegato A2 del DGR 2193/2015).

	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 **SI1** ( $0.1s \leq T_0 \leq 0.5s$ ). Colonna 1  $H$  (m), riga 1  $V_{sH}$  (m/s)

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

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 caratterizzato da  $V_S \ll 800$  m/s affiorante vengono utilizzate le seguenti tabelle.

$V_{s30}(m/s) \rightarrow$	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

Le analisi dei dati raccolti hanno permesso di definire gli spessori dei depositi di copertura e/o delle profondità del substrato rigido (H) oltre che di definire le velocità equivalenti delle onde di taglio per lo spessore considerato ( $V_{sH}$ ) dei depositi di copertura secondo le formule di seguito riportate:

$$V_{sH} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N h_i / V_{s_i}}$$

Sono state quindi prodotte tre carte nelle quali il territorio è stato suddiviso in isoaree sulla base delle classi di amplificazione come indicato nelle linee guida per la Microzonazione Sismica.

## 7.5. Effetti Della Topografia

Nell'area di Monterenzio sono state effettuate tre tracce di sezione per la stima delle amplificazioni topografiche (Figura 10).

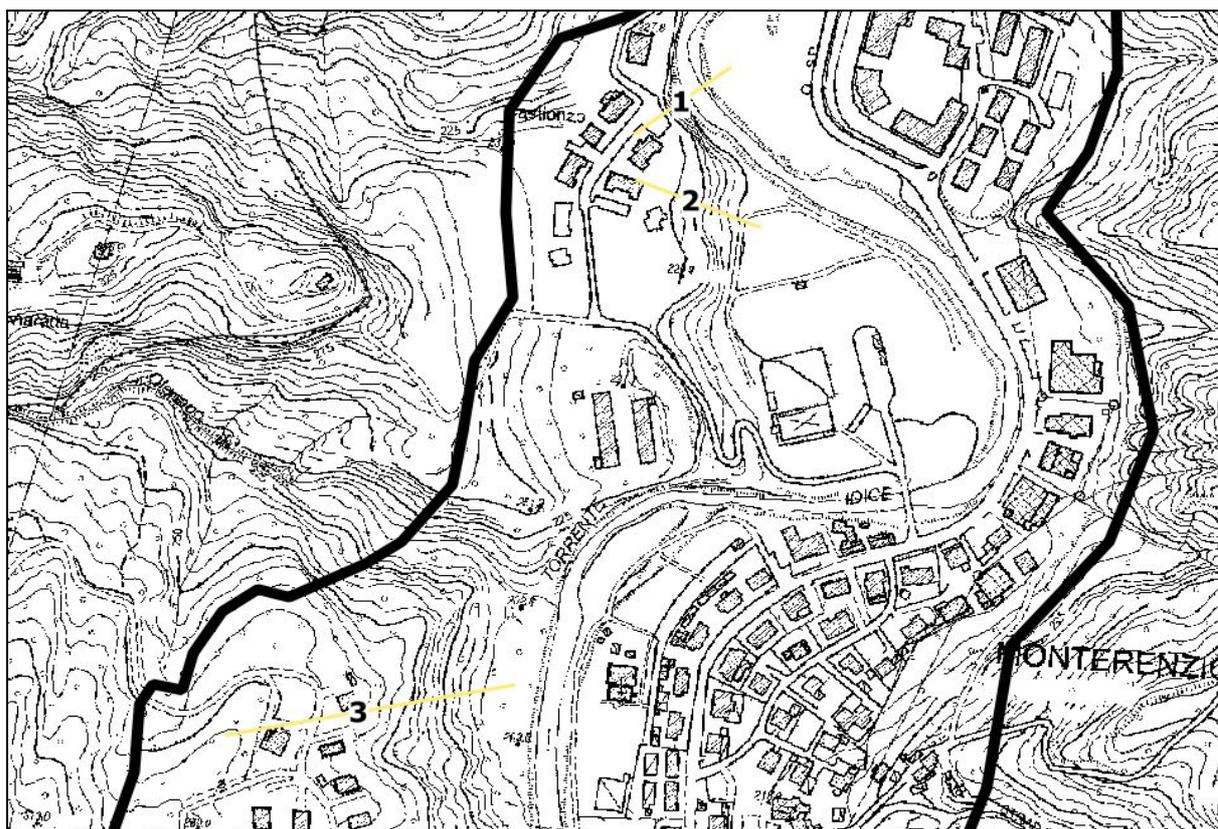
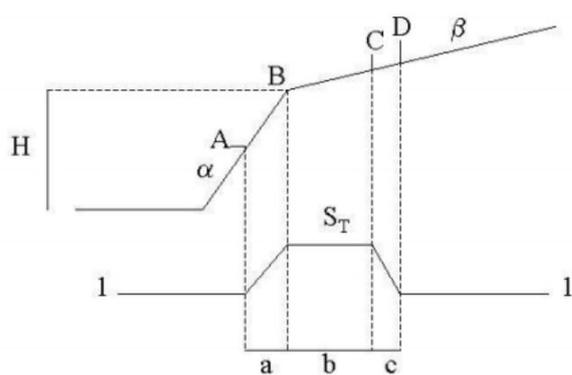


Figura 10. Ubicazione tracce di sezione per la stima del fattore di amplificazione topografica.

Questi effetti vengono presi in considerazione nei pendii con inclinazione media uguale o maggiore di  $15^\circ$  e nel caso di configurazioni geometriche bidimensionali e tridimensionali (cocuzzolo, cresta, dorsale allungata) di altezza (H) superiore a 30 metri. I fattori di amplificazione litostratigrafica devono essere moltiplicati per un fattore  $S_T$  (coefficiente di amplificazione topografica) calcolato nel seguente modo:



$$S_T = 1 + 0.8(\alpha - \beta - 0.4) \text{ sul segmento BC}$$

$$b: \text{valore minimo tra } 20\alpha \text{ e } \frac{H+10}{4}$$

$\alpha$  e  $\beta$  sono i gradienti della parte più ripida e meno ripida, rispettivamente:

$$S_T = 1 \text{ in A (} a = H/3 \text{) e } S_T = 1 \text{ in D (} c = H/4 \text{)}$$

$S_T$ : si impone comunque un valore compreso tra 1 e 1.4.

Nel caso di Monterenzio i calcoli hanno portato a dei valori di  $S_T$  compresi tra 1.1 e 1.4 (Figura 11).

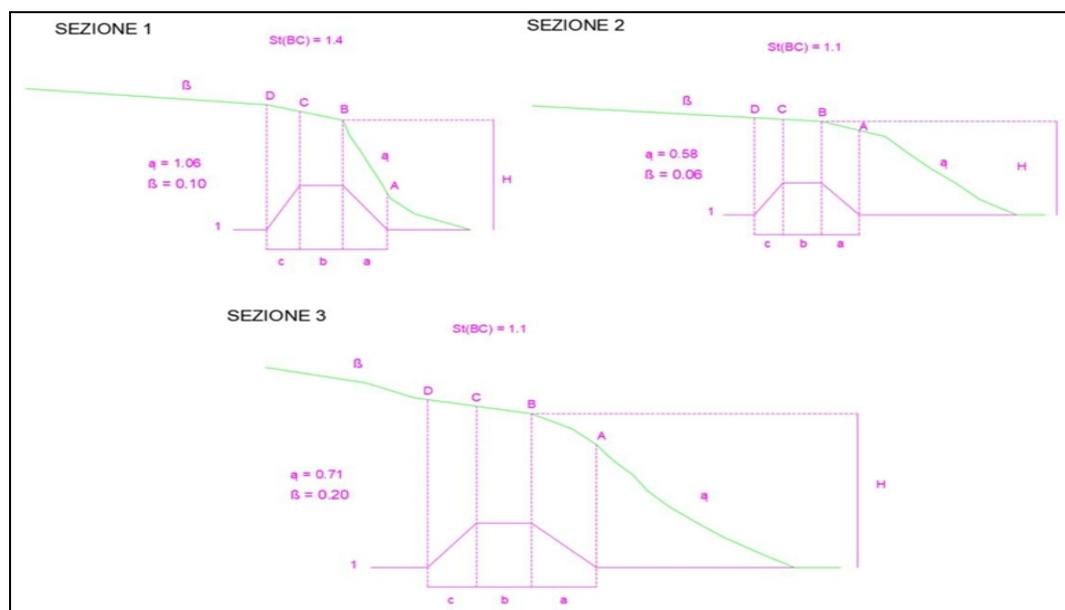


Figura 11. Profili topografici e determinazione di  $S_T$  per l'area di studio di Monterenzio.

## 8. ELABORATI CARTOGRAFICI

### 8.1. Carta delle Indagini

Le 22 indagini geotecniche e geofisiche complessivamente utilizzate per questo studio sono descritte nel Capitolo 4. Tutte le prove utilizzate sono rappresentate nella Carta delle Indagini, riportata in allegato ed archiviate nel database associato. La carta e il database sono stati realizzati secondo gli standard di rappresentazione e archiviazione informatica per la Microzonazione Sismica versione 4.0.

### 8.2. Carta geologico-tecnica per la micro zonazione sismica

La denominazione delle litologie descritte nella carta geologico-tecnica è stata resa armonica con la legenda della Carta Geologica Regionale dell'Emilia-Romagna, che è stata utilizzata come cartografia di riferimento. I risultati riportati nelle cartografie derivano dai rilevamenti diretti effettuati nel corso del rilevamento geologico e morfologico effettuato nell'ambito del presente studio.

Secondo gli standard di rappresentazione di riferimento i terreni di copertura e il substrato geologico sono stati catalogati come segue:

- *Terreni di copertura*
  - **GC:** Ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla

- **SM:** Sabbie limose, miscela di sabbia e limo
- *Substrato geologico*
  - **SFLPS:** Lapideo stratificato molto fratturato
  - **SFCOS:** Coesivo sovraconsolidato strtificato molto fratturato
  - **SFGR:** Granulato cementato molto fratturato
  - **SFALS:** Alternanza di litotipi, strtificato molto fratturato

Sono state individuate tre categorie di instabilità di versante:

- Scorrimento
- Complessa
- Colata

Sono state differenziate in base al loro stato di attività o di quiescenza.

Come descritto negli standard, nella carta sono state inserite le tracce di sezione geologica rappresentative del modello di sottosuolo. Inoltre sono presenti i sondaggi che hanno raggiunto il substrato geologico con relativa indicazione della quota.

### 8.3. Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica

Come descritto nel § 7.3, sono state individuate tre zone stabili suscettibili di amplificazioni locali:

- **Zona 1:** Terreni di copertura alluvionali costituiti da ghiaie a granulometrie ben assortiti e limi sabbiosi (si tratta dei terrazzi alluvionali);
- **Zona 2:** Terreni di copertura eluvio-colluviali costituiti da sabbie limose;
- **Zona 3:** Substrato affiorante e/o sub affiorante molto fratturato, alterato e decompresso. (Velocità  $V_s < 800$  m/s).

Nella carta sono stati inseriti i punti di misura di rumore ambientale, in aggiunta alle tracce di sezione geologica e a quelle per gli approfondimenti delle amplificazioni topografiche. Le zone di attenzione per instabilità di versante sono state suddivise come segue:

- **ZAFR:** Zona di attenzione per instabilità di versante

Come da standard sono state differenziate per ogni categoria di instabilità (scorrimento, colata, complessa) e sono state anch'esse differenziate in base al loro stato di attività o di quiescenza.

### 8.4. Carta di microzonazione sismica (livello 2) – [FPGA] – [FH<sub>0.1-0.5 s</sub>] – [FH<sub>0.5-1 s</sub>]

Sono state prodotte tre distinte carte, ognuna delle quali associata ad uno specifico fattore di amplificazione.

- F.A.<sub>P.G.A</sub>
- F.A.<sub>h 0.1-0.5 s</sub>
- F.A.<sub>h 0.5-1 s</sub>



Bologna, febbraio 2019