

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

MICROZONAZIONE SISMICA

Relazione illustrativa

Regione Emilia-Romagna

Comune di Longiano




Regione	Soggetto realizzatore	Data
Emilia-Romagna	<p>Geologo Dott. Aldo Antoniazzi Studio di Geologia Tecnica ed Ambientale (capogruppo/mandatario)</p> <p>Dott. Geol. Stefano Castagnetti (mandante) Dott. Arch. Sara Emanuelli (mandante) Dott. Geol. Maurizio Moroni (mandante) Dott. Geol. Alfredo Ricci (mandante)</p> <p>Collaboratori: Dott. Geol. Marco Baldi Dott. Geol. Gian Marco Veneziani</p>	Settembre 2020

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
COMUNE DI LONGIANO (FC) Studio di microzonazione sismica	Secondo

INDICE

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO	2
GRUPPO DI LAVORO	2
ELABORATI	3
1. INTRODUZIONE	4
2. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO	7
2.1. Inquadramento geografico	7
2.2. Inquadramento geologico	8
2.3. Caratteristiche sismotettoniche	12
2.4. Storia sismica	15
2.5. Classificazione sismica	18
2.6. Pericolosità sismica	19
3. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI	21
3.1. Acquisizione ed elaborazione dei dati	21
3.2. Sondaggi e penetrometrie	22
3.3. Prove geofisiche	22
4. MODELLO DEL SOTTOSUOLO	23
5. DETERMINAZIONI ED INCERTEZZE	29
6. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI	32
6.1. Prima fase del lavoro	32
6.2. Seconda fase del lavoro	32
6.3. Terza fase del lavoro	33
7. ELABORATI CARTOGRAFICI	34
7.1. Carta delle indagini	34
7.2. Carta geologico-tecnica per microzonazione sismica	34
7.3. Carta delle frequenze naturali dei terreni	35
7.4. Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica	35
7.5. Carta delle velocità delle onde di taglio S	41
7.6. Carte di microzonazione sismica	41
8. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	48

 Geologo Dott. Aldo Antoniazzi <small>STUDIO DI GEOLOGIA TECNICA E AMBIENTALE</small>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2020	0	1 di 48

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
COMUNE DI LONGIANO (FC) Studio di microzonazione sismica	Secondo

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Dott. Arch. Marco Bardi
Responsabile del Servizio Urbanistica, Edilizia privata e Ambiente del Comune di Longiano

GRUPPO DI LAVORO

Soggetto Incaricato

GEOLOGO DOTT. ALDO ANTONIAZZI
Studio di Geologia Tecnica e Ambientale



Professionisti	Professione	Principali competenze
Dott. Aldo Antoniazzi (Capogruppo/Mandatario)	Geologo	Pianificazione territoriale, idrogeologia, meccanica delle terre e rocce, geopedologia, geomorfologia applicata, Protezione Civile, microzonazione sismica, sistemi informatici territoriali (GIS) e coordinamento generale
Dott. Stefano Castagnetti (Mandante)	Geologo	Pianificazione territoriale, Microzonazione Sismica, Protezione Civile e CLE
Dott. Sara Emanuelli (Mandante)	Architetto	CLE, analisi strutturali e Protezione Civile
Dott. Maurizio Moroni (Mandante)	Geologo	Geofisica applicata alla pianificazione territoriale e progettazione ed analisi microzonazione sismica
Dott. Alfredo Ricci (Mandante)	Geologo	Pianificazione territoriale, idrogeologia, esplorazione del sottosuolo e geotecnica

Collaboratori e specialisti

Dott. Geol. Alberto Antoniazzi
Dott. Geol. Marco Baldi
Dott. Geol. Gian Marco Veneziani

Esecuzione indagini

Dott. Geol. Maurizio Moroni (indagini geognostiche e geofisiche)

Fonte dati


Uffici Tecnici Comunali - Comune di Longiano
Provincia di Forlì-Cesena
Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli - Regione Emilia-Romagna
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (I.N.G.V.)

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2020	0	2 di 48

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
COMUNE DI LONGIANO (FC) Studio di microzonazione sismica	Secondo

ELABORATI

- Relazione illustrativa
- Carta delle indagini in scala 1:10.000
- Carta geologico-tecnica in scala 1:10.000
- Carta delle frequenze naturali dei terreni in scala 1:10.000
- Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica in scala 1:10.000
- Carta delle velocità delle onde di taglio S in scala 1:10.000
- Carta di microzonazione sismica - FA P.G.A. in scala 1:10.000
- Carta di microzonazione sismica - FA SA 0,1 - 0,5 s in scala 1:10.000
- Carta di microzonazione sismica - FA SA 0,4 - 0,8 s in scala 1:10.000
- Carta di microzonazione sismica - FA SA 0,7 - 1,1 s in scala 1:10.000
- Carta di microzonazione sismica - FA SI 0,1 - 0,5 s in scala 1:10.000
- Carta di microzonazione sismica - FA SI 0,5 - 1,0 s in scala 1:10.000
- Carta di microzonazione sismica - H_{SM} in scala 1:10.000

 Geologo Dott. Aldo Antoniazzi <small>STUDIO DI GEOLOGIA TECNICA E AMBIENTALE</small>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2020	0	3 di 48

PROGETTO	LIVELLO
COMUNE DI LONGIANO (FC) Studio di microzonazione sismica	Secondo

1. INTRODUZIONE


Nella presente Relazione illustrativa sono descritte le attività svolte e i risultati ottenuti nell'ambito dello studio di Microzonazione Sismica di II livello del Comune di Longiano - CUP J32F170020006 - CIG ZD826B90D7, realizzato su incarico del Comune di Longiano in Provincia di Forlì-Cesena (firmato digitalmente il 01/02/2019).

Gli studi di Microzonazione Sismica (MS), secondo le indicazioni della Protezione Civile, hanno l'obiettivo di razionalizzare le conoscenze in merito alle alterazioni che lo scuotimento sismico può subire in superficie e di fornire in merito informazioni utili al governo del territorio, alla progettazione, alla pianificazione per l'emergenza e alla ricostruzione post sisma. Questi studi si riferiscono essenzialmente alle aree in cui il quadro normativo consente o prevede: l'uso a scopo edificatorio o per infrastrutture, la trasformazione a tali fini, l'uso per esigenze di Protezione Civile.

Gli studi di Microzonazione Sismica suddividono dettagliatamente il territorio preso in esame in base alla presenza e alla distribuzione dei fenomeni di possibile amplificazione dello scuotimento, legati alle caratteristiche litostratigrafiche e morfologiche delle singole aree considerate ed ai possibili fenomeni di instabilità e deformazione permanente in esse attivati dal sisma. L'insieme di queste circostanziate conoscenze sul comportamento dei terreni durante un evento sismico e sui possibili effetti indotti dallo scuotimento, è un indispensabile strumento di prevenzione e di riduzione del rischio sismico, particolarmente efficace, se realizzato e applicato durante la pianificazione urbanistica, per indirizzare le scelte verso le aree meno pericolose.

Nell'ambito dell'attuazione del presente studio di Microzonazione Sismica di II livello del territorio comunale di Longiano e, in particolare, nella predisposizione e redazione degli elaborati richiesti, sono stati seguiti gli indirizzi forniti dai seguenti documenti tecnici:

- ◆ Allegato A della Deliberazione della Giunta Regionale 29 aprile 2019, n. 630. Atto di coordinamento tecnico sugli studi di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale e urbanistica (artt. 22 e 49, L.R. n. 24/2017).
- ◆ "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 "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 della delibera regionale).
- ◆ "Microzonazione sismica - Standard di rappresentazione e archiviazione informatica" - Versione 4.1, Roma, novembre 2018 - Elaborato e approvato nell'ambito dei lavori della Commissione tecnica per la microzonazione sismica, nominata con DPCM 21 aprile 2011 (SRAI).
- ◆ "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica" approvati dal Dipartimento della Protezione Civile e dalla Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome e successive modifiche e integrazioni (ICMS).

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2020	0	4 di 48

PROGETTO	LIVELLO
COMUNE DI LONGIANO (FC) Studio di microzonazione sismica	Secondo

Gli studi di Microzonazione Sismica, attuati in conformità a quanto stabilito dai riferimenti tecnici menzionati, sono in genere articolati nei seguenti tre livelli di approfondimento:


- PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO, con:
 - definizione del modello geologico di base per la microzonazione sismica (litologia, stratigrafia, tettonica e loro rapporti geometrici);
 - individuazione delle aree suscettibili di effetti locali in cui effettuare le successive indagini di microzonazione sismica;
 - definizione del tipo di effetti attesi;
 - indicazione, per ogni area, del livello di approfondimento necessario.
- SECONDO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO, con:
 - la conferma delle condizioni di pericolosità indicate dal precedente livello di approfondimento e l'eventuale nuova perimetrazione delle aree ove effettuare la microzonazione sismica;
 - la suddivisione dettagliata del territorio, in base all'amplificazione attesa, secondo aree con maggiore o minore pericolosità sismica;
 - la conferma o la migliore definizione delle aree, indicate dal precedente livello di approfondimento, in cui si ritengono necessari approfondimenti di terzo livello con l'indicazione delle indagini e analisi da effettuare.
- TERZO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO, con:
 - gli approfondimenti di terzo livello sulle aree definite nel precedente livello d'approfondimento.

Il presente studio di Microzonazione Sismica (secondo livello) del territorio di Longiano è stato effettuato conformemente a quanto stabilito dai riferimenti tecnici menzionati oppure definiti nelle seguenti parti della presente relazione. Le zone interessate sono evidenziate nella figura n. 1. La superficie dell'intero territorio comunale è di 23.628.800 metri quadrati, quella oggetto di microzonazione è di 7.624.577 metri quadrati.

Gli elaborati redatti sono stati predisposti in versione cartacea e in versione digitale (Portable Document Format - PDF, con risoluzione di 300 dpi). I dati cartografici sono stati allestiti anche in formato vettoriale (*shapefile*).

Per l'archiviazione dei dati e l'editing dei documenti sono stati seguiti gli standard di riferimento forniti dall'Allegato D della DGR 1919/2013 e dagli SRAI (Standard di rappresentazione e archiviazione informatica).

Per l'inserimento dei dati alfanumerici dei siti, delle indagini e dei parametri è stato utilizzato l'apposito software: "MS - SoftMS", versione 4.1.1.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2020	0	5 di 48

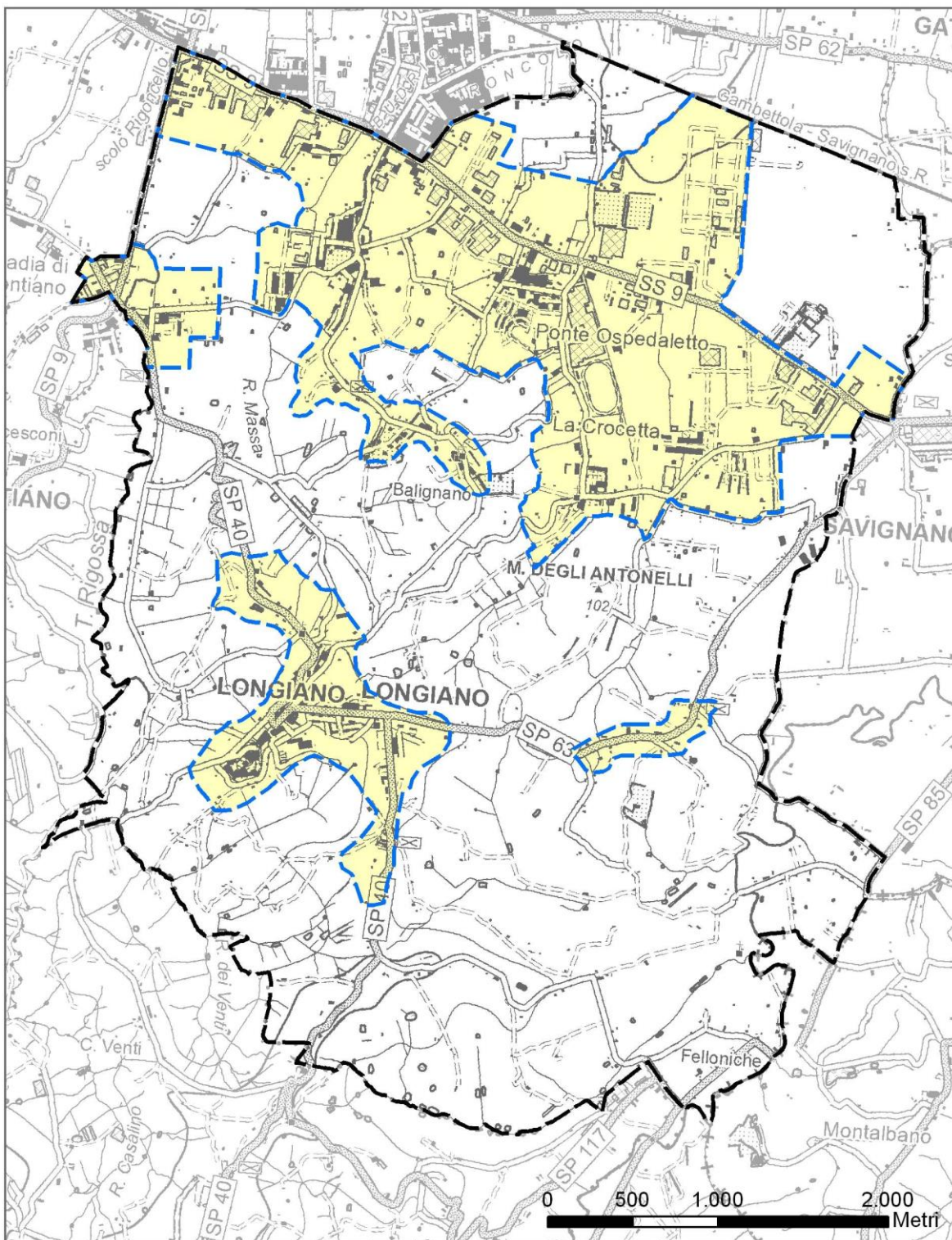


Figura n. 1 - Aree del Comune di Longiano oggetto di microzonazione sismica di secondo livello

PROGETTO	LIVELLO
COMUNE DI LONGIANO (FC) Studio di microzonazione sismica	Secondo

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

2.1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il Comune di Longiano appartiene alla Regione Emilia-Romagna e ricade nella Provincia di Forlì-Cesena (figura n. 2). Il suo territorio è di pianura per il 72,44 % (17,11 km²) e di collina per il restante 27,56 % (6,51 km²).


L'altitudine massima del Comune (238 m s.l.m.) ricade nei pressi di Monte Gattona. L'altezza media è di 86 metri.



Figura n. 2 - Ubicazione di Longiano nell'ambito della Regione Emilia-Romagna

L'ambito territoriale del Comune di Longiano, nella CTR della Regione Emilia-Romagna, ricade, in parte, sia negli elementi, in scala 1:5.000: 255082, 256094, 256093, 256053, 255122 e 255121 sia nelle sezioni in scala 1:10.000: 255080, 256090, 256050 e 255120.

Nella figura n. 3, in cui è evidente la posizione del Comune di Longiano nell'ambito della Provincia di Forlì-Cesena, si può osservare che, procedendo in senso orario, confina a nord ovest col Comune di Cesena, a nord col Comune di Gambettola, a nord est col Comune di Gatteo, ad est col Comune di Savignano sul Rubicone, a sud-est col Comune di Santarcangelo di Romagna (RN), a sud con i Comuni di Borghi e di Roncofreddo e ad ovest col Comune di Montiano.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2020	0	7 di 48

PROGETTO	LIVELLO
COMUNE DI LONGIANO (FC) Studio di microzonazione sismica	Secondo

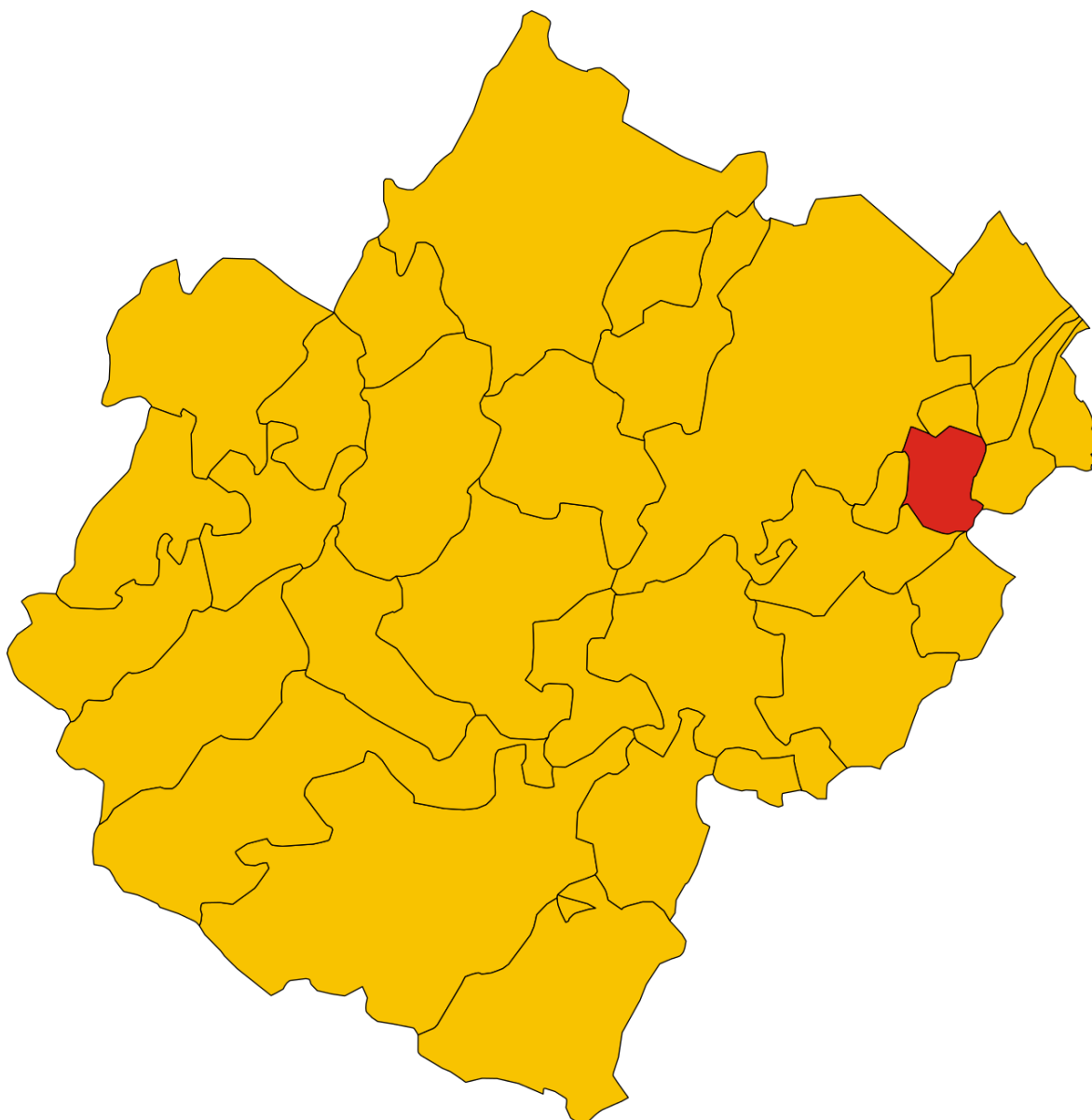



Figura n. 3 - Inquadramento del Comune di Longiano (area in rosso) nell'ambito della Provincia di Forlì-Cesena

2.2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Per quanto concerne la cartografia ufficiale, il territorio comunale di Longiano ricade:

- in parte nel foglio 255 (Cesena) della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000, pubblicata nel 2009 dal Servizio Geologico d'Italia (ISPRA);
- in parte nel foglio 256 (Rimini) della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000, pubblicata nel 2005 dal Servizio Geologico d'Italia (ISPRA);
- nella sezione 255120 Longiano della Carta Geologica dell'Appennino Emiliano-Romagnolo in scala 1:10.000, edita dalla Regione Emilia-Romagna;
- nella sezione 255080 Cesena est della Carta Geologica dell'Appennino Emiliano-Romagnolo in scala 1:10.000, edita dalla Regione Emilia-Romagna;

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2020	0	8 di 48

PROGETTO	LIVELLO
COMUNE DI LONGIANO (FC) Studio di microzonazione sismica	Secondo

- nella sezione 256090 Savignano sul Rubicone della Carta Geologica dell'Appennino Emiliano-Romagnolo in scala 1:10.000, edita dalla Regione Emilia-Romagna;
- nella sezione 256050 Gatteo della Carta Geologica dell'Appennino Emiliano-Romagnolo in scala 1:10.000, edita dalla Regione Emilia-Romagna.

I lineamenti geologici globali del territorio ove ricade il Comune di Longiano sono forniti dallo Schema d'inquadrimento regionale, riportato nella figura n. 4, tratta dal foglio 256 (Rimini) della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000.

SCHEMA DI INQUADRAMENTO REGIONALE

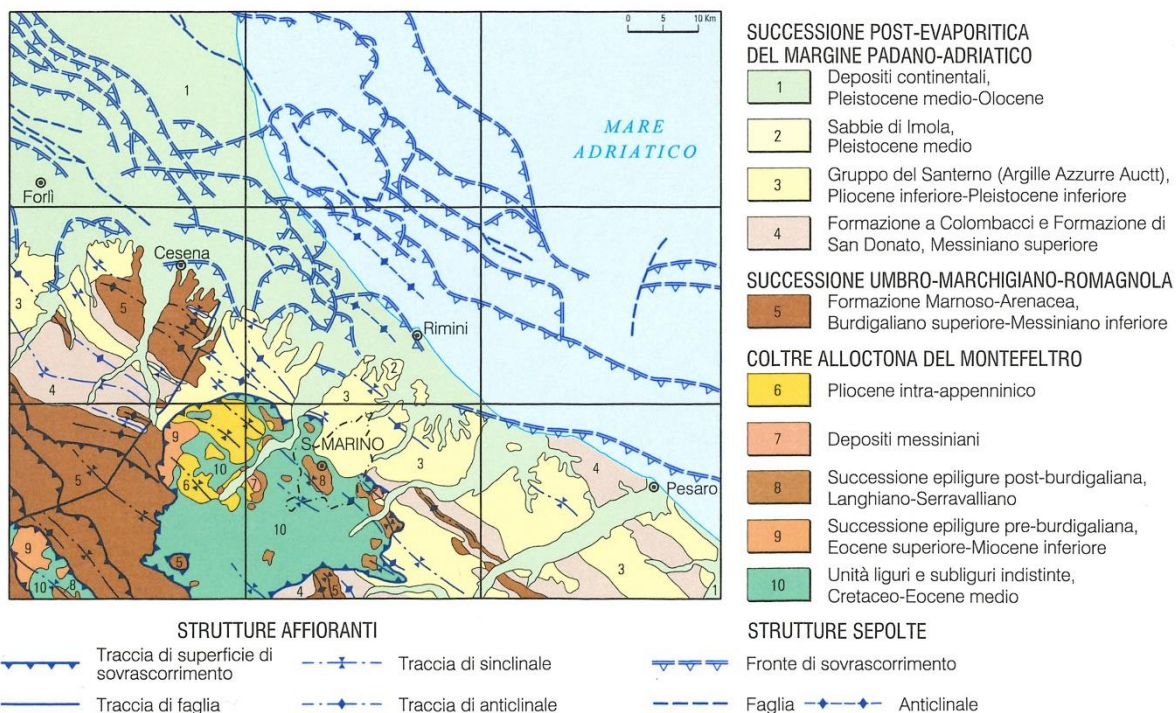


Figura n. 4 - Inquadrimento geologico generale del territorio in cui ricade il Comune Longiano

Un inquadramento geologico generale della zona di Longiano è evidente nella figura n. 5 ove è riportato lo stralcio di pertinenza della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000 (ridisegnato).

I particolari della situazione geologica del territorio comunale di Longiano sono definiti nella Carta geologica in scala 1:10.000 allegata alla presente relazione. Il suo esame mostra che nel territorio in esame affiorano rocce sedimentarie d'origine marina o continentale formatesi dal Pliocene ad oggi.

I depositi continentali più significativi, presenti nella zona in esame, sono costituiti dai sedimenti alluvionali quaternari, riguardanti:

- le aree di pianura ad ovest dell'abitato di Montiano, ove affiorano il Subsistema di Ravenna (AES₈), del Pleistocene superiore-Olocene, o l'Unità di Modena (AES_{8a}) olocenica;
- le aree collinari ove si estendono a fascia ai margini dei corsi d'acqua, presentandosi come una successione di ripiani, terrazzati a diversa altezza rispetto al fondovalle e separati l'un l'altro da un più o meno ripido dislivello. Questi depositi, oltre che al Subsistema di Ravenna, sono riconducibili al

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2020	0	9 di 48

PROGETTO	LIVELLO
COMUNE DI LONGIANO (FC) Studio di microzonazione sismica	Secondo

Subsistema di Villa Verucchio (AES₇), del Pleistocene medio superiore, e al Subsistema di Bazzano (AES₆) del Pleistocene medio.

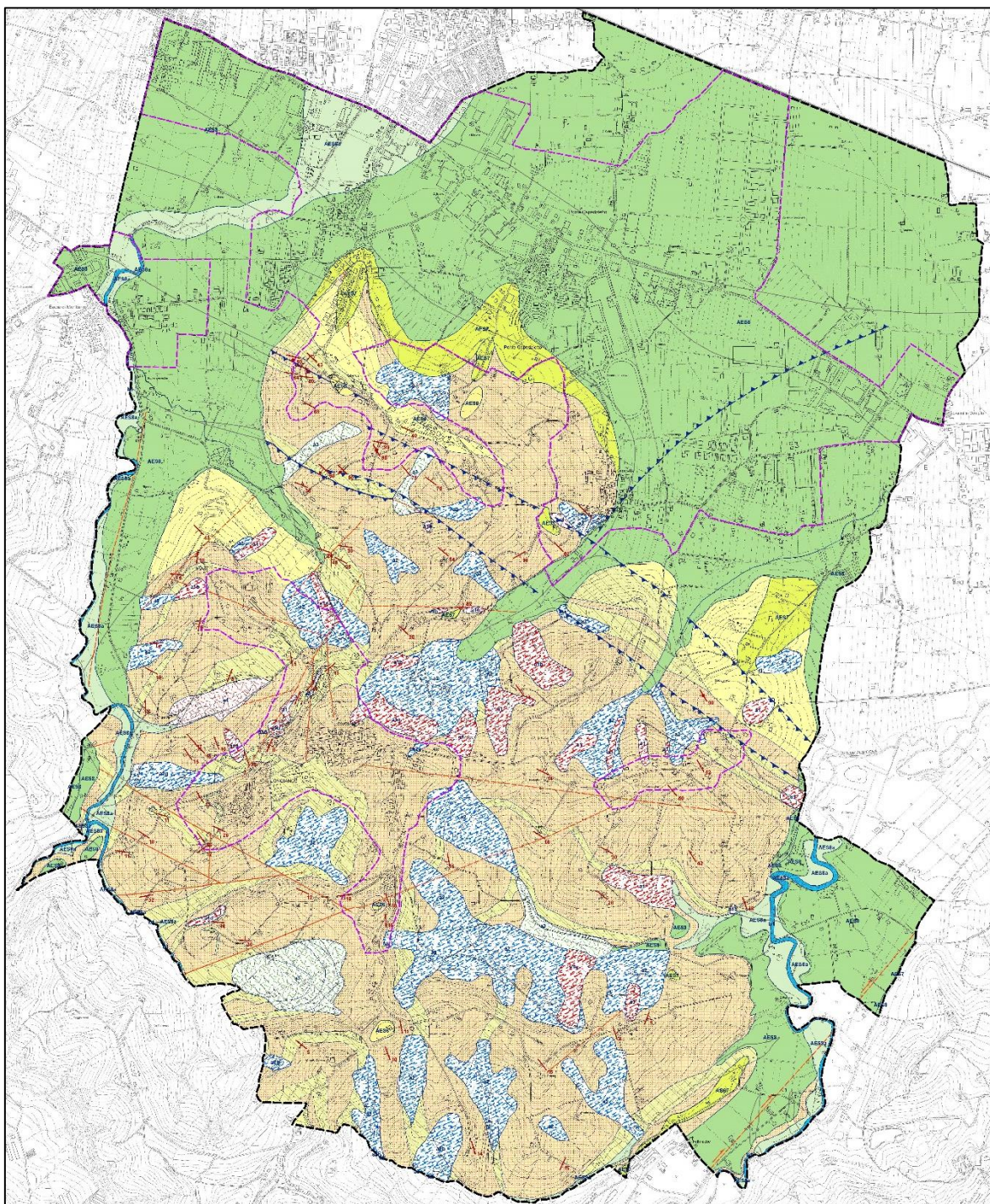



Figura n. 5 - Estratto della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000 concernente il territorio comunale di Longiano

Nel Subsistema di Ravenna (AES₈), a seconda dei luoghi, sono presenti: ghiaie da molto grossolane a fini con matrice sabbiosa, sabbie e limi stratificati con copertura discontinua di limi argillosi, limi e limi sabbiosi, rispettivamente depositi

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2020	0	10 di 48

PROGETTO	LIVELLO
COMUNE DI LONGIANO (FC) Studio di microzonazione sismica	Secondo

di conoide ghiaiosa, intravallivi terrazzati e di interconoide; argille, limi ed alternanze limoso-sabbiose di tracimazione fluviale (piana inondabile, argine, e tracimazioni indifferenziate). Il tetto dell'unità è rappresentato dalla superficie deposizionale, per gran parte relitta, corrispondente al piano topografico. Al tetto si trovano suoli, variabili da non calcarei a calcarei, a basso grado di alterazione con fronte di alterazione potente meno di 150 centimetri, talvolta con parziale decarbonatazione; gli orizzonti superficiali sono di colore giallobruno.

L'Unità di Modena (AES_{8a}), ove presente, costituisce la parte superiore terminale del Subsistema di Ravenna ed è costituita essenzialmente da ghiaie prevalenti e sabbie, ricoperte da una coltre limoso argillosa discontinua, talora organizzate in corpi a geometrie lenticolari, nastriformi, tabulari e cuneiformi. Depositi alluvionali intravallivi, terrazzati, deltizi, litorali, di conoide e, localmente, di piana inondabile. Limite superiore coincidente con il piano topografico dato da un suolo calcareo di colore bruno olivastro e bruno grigiastro.

Nel Subsistema di Villa Verucchio (AES₇) sono presenti ghiaie, sabbie, limi ed argille di origine fluviale, piana intravalliva e conoide alluvionale. Depositi organizzati in diversi ordini di terrazzo. Il tetto dell'unità è generalmente rappresentato da suoli non calcarei molto evoluti di colore bruno scuro. Il limite inferiore è erosivo e discordante sui depositi sottostanti.

Il Subsistema di Bazzano (AES₆) è costituito da depositi ghiaiosi, sabbiosi e limo-argillosi di terrazzo intravallivo e di conoide alluvionale. Al tetto presenta suoli decarbonatati con fronte di alterazione fino a 5-7 metri, colore variabile da rosso bruno a giallo bruno. Il contatto inferiore è in discontinuità su unità più antiche. La sua potenza in affioramento è inferiore ai 20 metri.

Gli accumuli detritici continentali olocenici, presenti in modo sporadico e localizzato nelle pendici collinari, sono riconducibili a:


- depositi di frane quiescenti o in evoluzione,
- depositi di versante,
- depositi eluvio-colluviali.

Le formazioni d'origine marina, affioranti nelle aree in rilievo del Comune di Longiano e sedimentatesi dal Pliocene al Pleistocene, sono ascrivibili alle Argille Azzurre (FAA), del Zancleano-Calabriano: un deposito marino costituito essenzialmente da argille, argille marnose e marne argillose grigie e grigio-azzurre. Nella loro stratificazione, per lo più media, figurano anche lamine siltose e sottili strati arenacei. Entro questa Formazione si presentano, inoltre, intercalazioni informali di pertinenza del Membro delle Arenarie di Borello in litofacies sia arenaceo pelitica (FAA2ap), sia pelitico-arenacea (FAA2p).

Il territorio del Comune di Longiano appartiene strutturalmente all'Appennino Settentrionale¹, la cui tettonica è contraddistinta da ampi fronti di scorrimento, che individuano alcune unità tettoniche fondamentali, e da importanti accavallamenti, come è evidente nella figura n. 4.

Una sintesi schematica della situazione globale della crosta terrestre, indicativamente valida anche per quanto concerne il territorio del Comune di Longiano, è fornita dalla sezione geologica schematica (figura n. 6), che taglia

¹ L'Appennino settentrionale è una catena a falde derivata dal corrugamento e dalla sovrapposizione di prismi sedimentari, depositatisi nel paleo oceano ligure-piemontese e sul margine continentale della microplacca dell'Adria, durante la collisione tra la placca africana e quella europea. L'orogenesi, iniziata nell'Eocene medio e sviluppatasi soprattutto a partire dall'Oligocene, ha dato luogo a pieghe e a sovrascorrimenti lungo faglie inverse con spostamento generale verso nord-est.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2020	0	11 di 48

trasversalmente la penisola italiana dalla Toscana alla Romagna e si estende dalla superficie fino alla parte superiore del mantello terrestre².

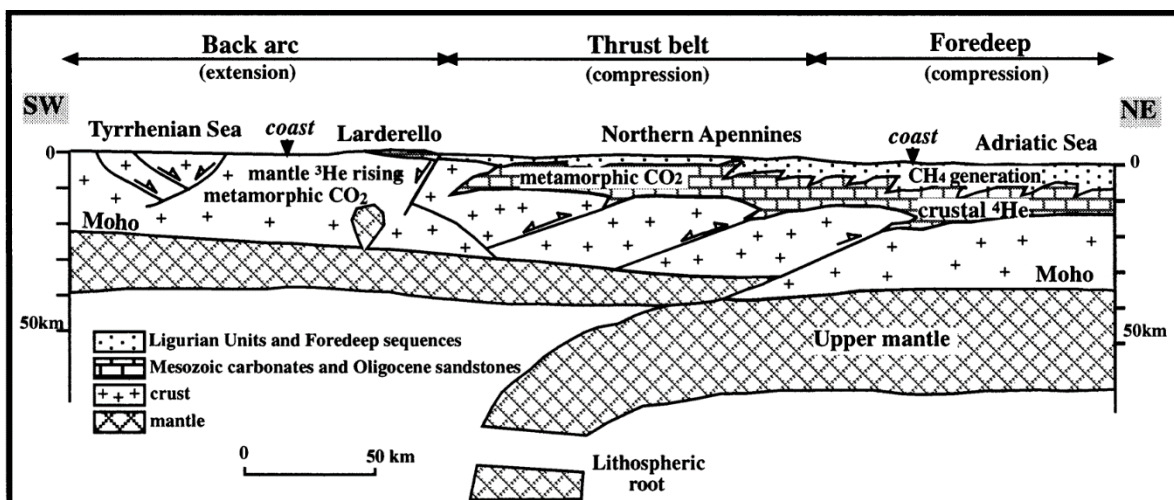


Figura n. 6 - Sezione geologica schematica attraverso l'Appennino Settentrionale, estesa dal Tirreno all'Adriatico e dalla superficie al Mantello superiore (da A. MINISSALE E ALTRI, 2.000)

2.3. CARATTERISTICHE SISMOTETTONICHE

Un inquadramento generale delle principali strutture attive sismogenetiche dell'Emilia-Romagna, quindi anche della zona in esame, è fornito dall'apposita carta (figura n. 7), a cura dal Servizio Geologico Sismico e dei Suoli dell'Emilia-Romagna.

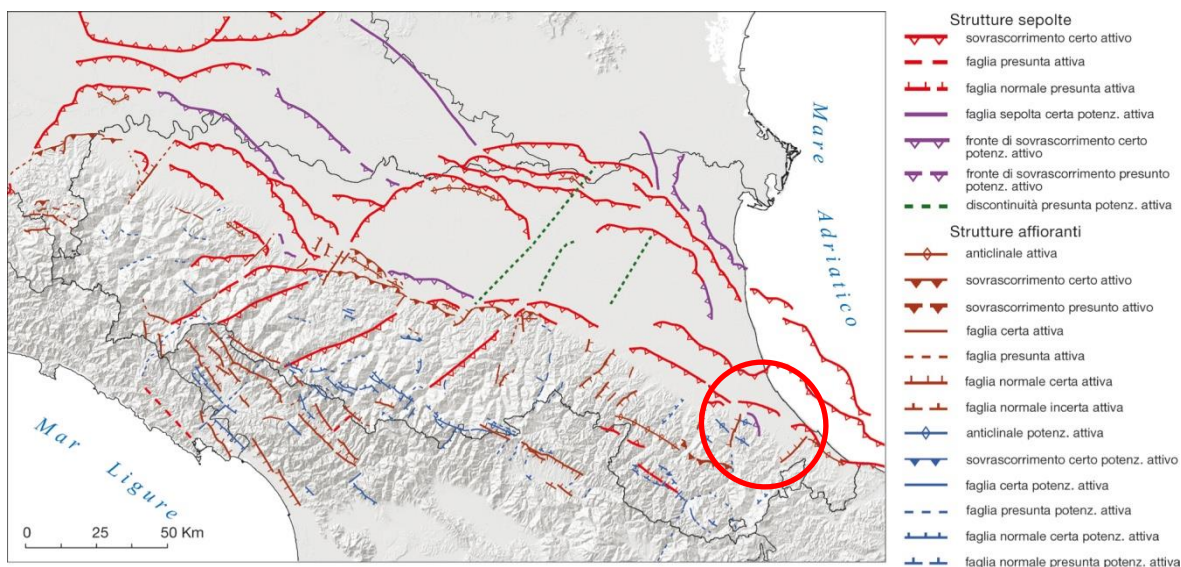


Figura n. 7 - Strutture tettoniche attive e potenzialmente attive riconosciute in Emilia-Romagna

Le sorgenti sismogenetiche e le faglie potenzialmente attive e capaci, interessanti specificatamente il territorio comunale di Longiano, sono state ricavate

² MINISSALE A., MAGRO G., MARTINELLI G., VASELLI G., TASSI G.F., *Fluid geochemical transect in the Northern Apennines (central-northern Italy): fluid genesis and migration and tectonic implications*, «Tectonophysics», 319, (2000), p. 218.

PROGETTO	LIVELLO
COMUNE DI LONGIANO (FC) Studio di microzonazione sismica	Secondo

dal *Database of Individual Seismogenic Sources (DISS)* dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Version 3.2.0, ossia dal database delle sorgenti sismogenetiche italiane, potenzialmente in grado di generare sismi con magnitudo superiore a M 5.5 nell'area Italiana³. La loro distribuzione geografica è evidente nella figura n. 8.

Nel territorio di pertinenza di Longiano figura la seguente sorgente sismogenetica composita:

- ♦ ITCS039 - Riminese onshore con Mw max (magnitudo momento massima) 5,9.

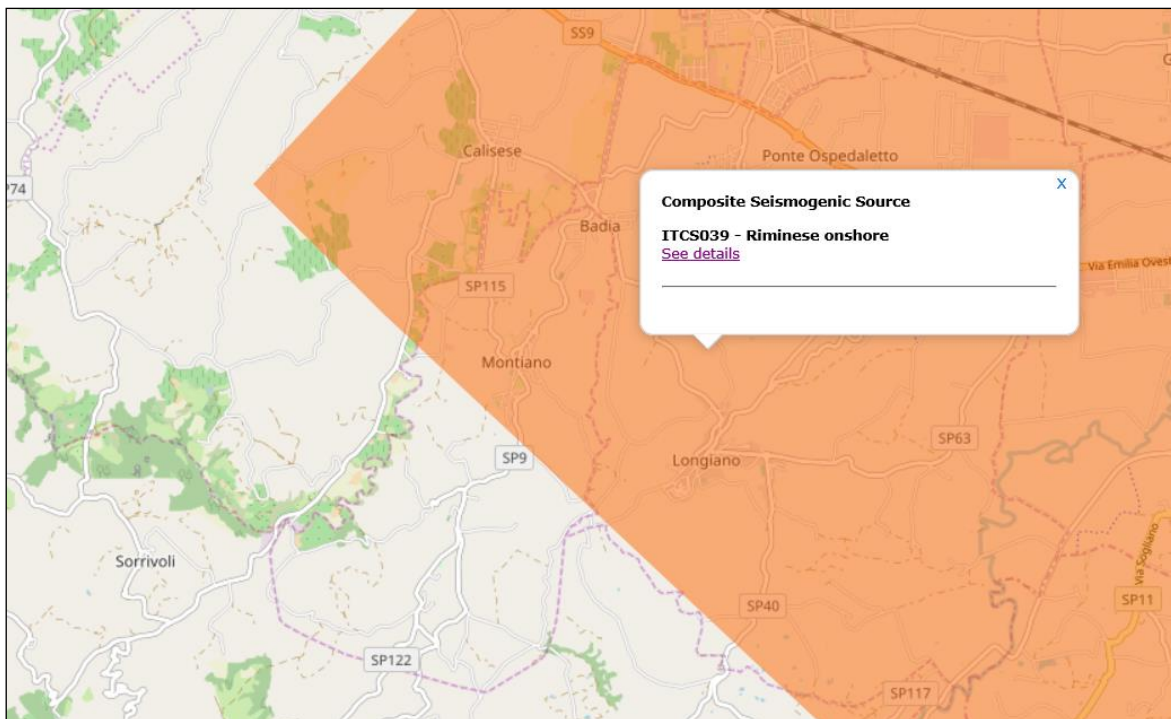



Figura n. 8 - Ubicazione delle sorgenti sismogenetiche del DISS nella zona di pertinenza del Comune di Longiano

Nella Zonazione sismogenetica ZS9 dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia⁴, il territorio comunale di Longiano (figura n. 9) ricade nelle zone:

- ♦ Rimini-Ancona 917 con Mw max_gr (magnitudo momento massima) di 6,14;
- ♦ Medio-Marchigiana/Abruzzese 918 con Mw max_gr (magnitudo momento massima) di 6,37.

³ BASILI R., G. VALENSISE, P. VANNOLI, P. BURRATO, U. FRACASSI, S. MARIANO, M.M. TIBERTI, E. BOSCHI (2008), The Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), version 3: summarizing 20 years of research on Italy's earthquake geology, *Tectonophysics*.

⁴ MELETTI C. E VALENSISE G. (a cura) del 2004, Zonazione sismogenetica ZS9 - App. 2 al Rapporto conclusivo.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2020	0	13 di 48

PROGETTO	LIVELLO
COMUNE DI LONGIANO (FC) Studio di microzonazione sismica	Secondo

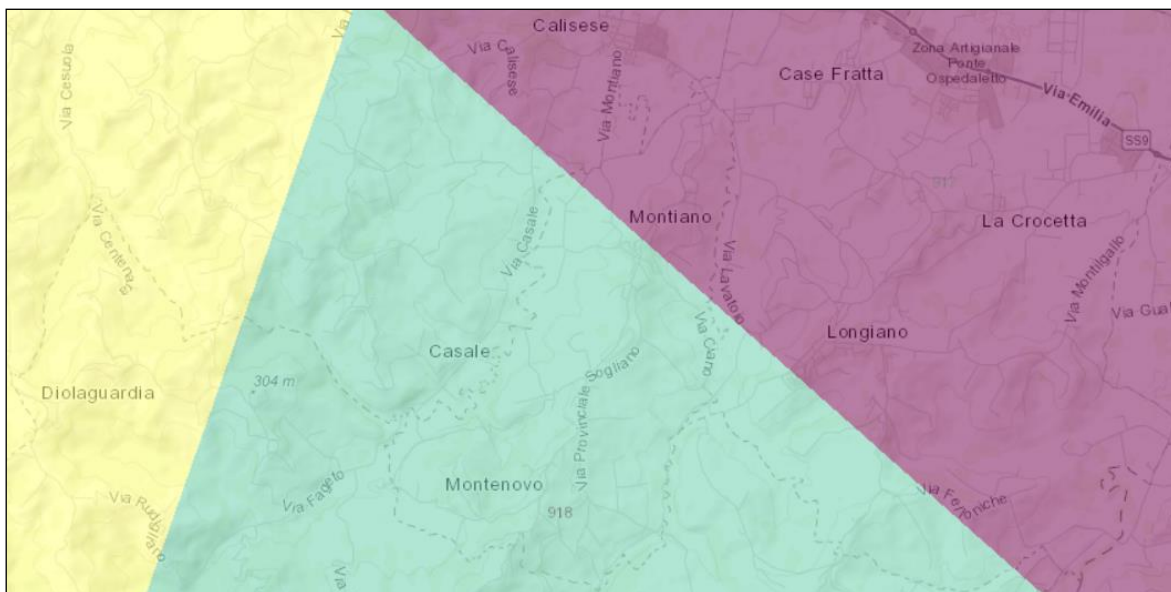



Figura n. 9 - Zonazione sismogenetica ZS9 del Comune di Longiano (zone "Rimini-Ancona 917" e "Medio-Marchigiana/Abruzzese 918")

Nella mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale, redatta a cura dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (figura n. 10) la pericolosità di ciascuna zona è espressa in termini di accelerazione massima al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi contraddistinti da $V_{s30} > 800$ m/s.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2020	0	14 di 48

PROGETTO	LIVELLO
COMUNE DI LONGIANO (FC) Studio di microzonazione sismica	Secondo

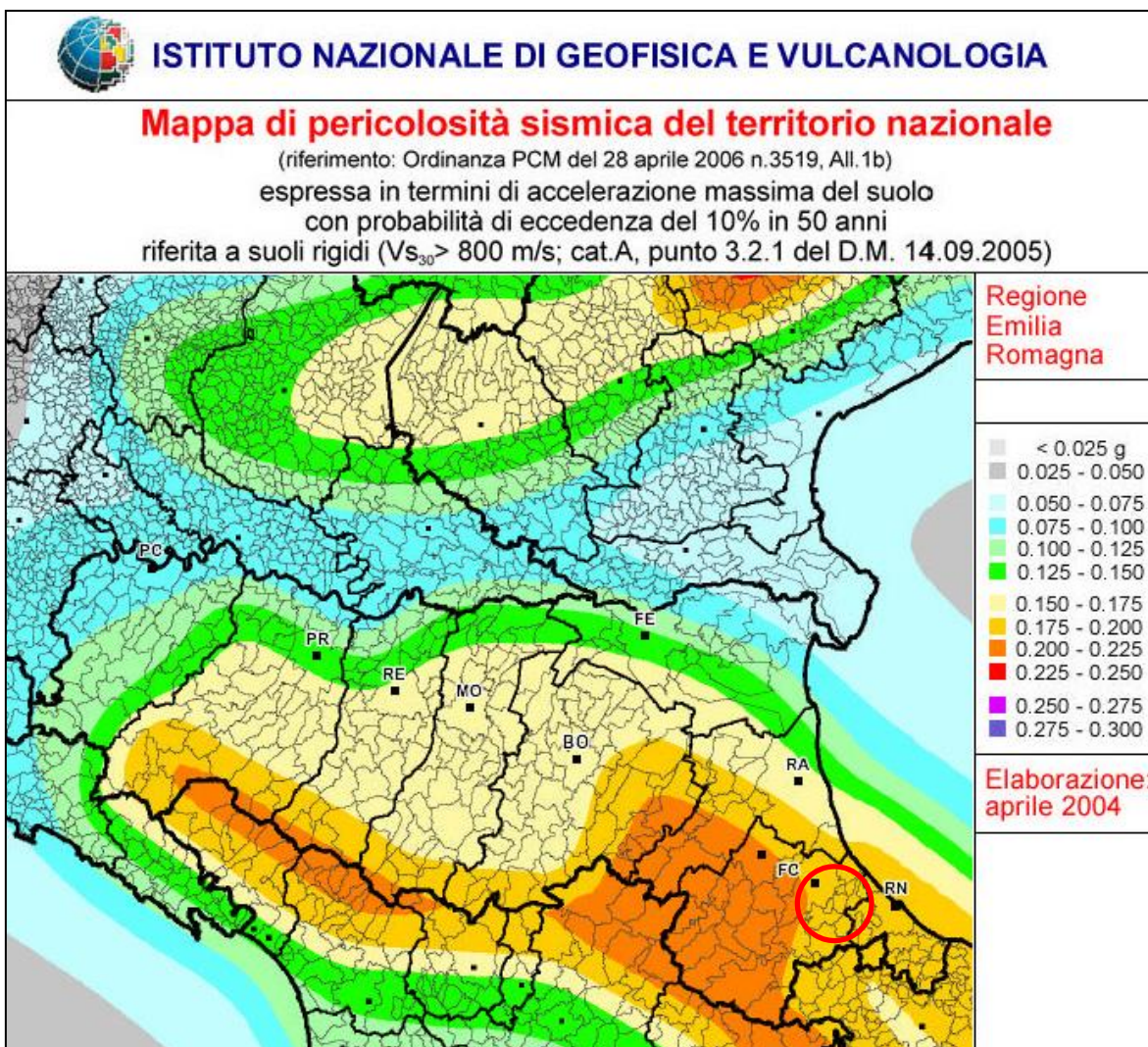


Figura n. 10 - Estratto della Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale

In questa mappa il territorio in esame ricade in un'area caratterizzata da un'accelerazione sismica orizzontale massima a_g pari a 0,175-0,200 g.

2.4. STORIA SISMICA

La storia sismica del Comune di Longiano è stata desunta dal Database Macrosismico Italiano, versione DBMI15⁵. Nella tabella n. 1 sono riportati gli eventi di maggiore intensità verificatisi nel Comune considerato, indicando per ciascuno di essi, oltre agli effetti provocati al sito, espressi come intensità (MCS), quando si è verificato, l'area epicentrale, il numero di località coinvolte (NMDP), l'intensità massima epicentrale in scala MCS (I_0), e la magnitudo momento (M_w).

⁵ Locati M., Camassi R. e al. (a cura di), 2016. DBMI15, la versione 2015 del Database Macrosismico Italiano. Milano, Bologna, <http://emidius.mi.ingv.it/CPT15-DBMI15>. DOI: <http://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI15>

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2020	0	15 di 48

PROGETTO	LIVELLO
COMUNE DI LONGIANO (FC) Studio di microzonazione sismica	Secondo

TABELLA N. 1 - MAGGIORE SISMICITÀ STORICA DEL COMUNE DI LONGIANO


Effetti	In occasione del terremoto del:				
Intensità [MCS]	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
7	1916 08 16 07 06 14.00	Riminese	257	8	5,82
3	1952 07 04 20 35 12.00	Appennino forlivese	64	7	4,94
5	1952 12 02 06 13 22.00	Appennino forlivese	53	5	4,42
5	1953 12 14 07 11 06.00	Appennino forlivese	48	5-6	4,7
4	1963 08 09 06 05	Romagna	16	5	5,23
NF	1986 12 06 17 07 19.77	Ferrarese	604	6	4,43
3-4	1993 11 05 02 01 03.79	Cesenate	10		3,99
3-4	1993 11 07 23 21 11.72	Cesenate	36	4-5	3,95
NF	1993 11 09 13 46 24.39	Cesenate	28	4-5	3,93
NF	1995 12 27 23 44 27.69	Forlivese	37	5	3,97
3-4	1997 09 26 00 33 12.88	Appennino umbro-marchigiano	760	7-8	5,66
3	1997 09 26 09 40 26.60	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	5,97
4-5	1999 01 25 22 45 58.08	Appennino forlivese	97	5	4,36
2-3	2000 05 06 22 07 03.78	Faentino	85	5	4,08
3	2000 05 08 12 29 56.20	Faentino	126	5	4,67
3	2000 05 10 16 52 11.60	Faentino	151	5-6	4,82
4-5	2000 08 01 02 34 31.00	Montefeltro	84	5-6	4,27
NF	2001 11 26 00 56 55.46	Casentino	211	5-6	4,63
NF	2002 11 02 10 57 44.89	Ferrarese	79	4	4,21
3	2003 01 26 20 15 03.07	Appennino forlivese	63	5-6	4,5
NF	2003 01 29 23 50 16.38	Appennino forlivese	71	4-5	4,06
5	2003 12 07 10 20 33.04	Forlivese	165	5	4,18
NF	2006 10 21 07 04 10.01	Anconetano	287	5	4,21

DEFINIZIONI DELLE SIGLE UTILIZZATE NELLA TABELLA N. 1

I [MCS]	Intensità macrosismica espressa in scala MCS. Alcuni effetti non sono esprimibili con la scala MCS per cui vengono utilizzati dei codici alternativi (si veda la relativa tabella)
Data	Data del terremoto
Ax	Area epicentrale, area geografica in cui sono stati riscontrati gli effetti maggiori del terremoto
NMDP	Numero di punti, numero di osservazioni macrosismiche disponibili per il terremoto
Io	Intensità macrosismica epicentrale, da CPT115, espressa in scala MCS, Mercalli-Cancani-Sieberg [dettagli]
Mw	Magnitudo momento, da CPT115

CODICI ALTERNATIVI MCS UTILIZZATI NELLA TABELLA N. 1

Codice	Descrizione
D	danno (damage): danno di entità non precisabile (indicativamente $Int \geq 6$)
F	avvertito (felt): si ritiene di escludere che si siano verificati danni ($3 \leq Int \leq 5$)
NC	non classificato (not classified): indica una informazione non classificabile in termini di intensità ovvero con i codici utilizzati
EE	effetti sull'ambiente (environment effects): effetti sull'ambiente in prossimità della località cui vengono riferiti

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2020	0	16 di 48

PROGETTO	LIVELLO
COMUNE DI LONGIANO (FC) Studio di microzonazione sismica	Secondo

SW	effetti marini anomali (sea waves): indica maremoto o comunque effetti anomali in mare, in prossimità della località cui vengono riferiti
NR	non segnalato (not reported): utilizzato a volte per segnalare che nelle fonti non vi è menzione di effetti per quella data località
NF	non avvertito (not felt): in presenza di segnalazione esplicita è equiparabile a Int=1
RS	registrazione strumentale: alcuni studi riportano questa informazione, non utilizzabile dal punto di vista macrosismico, che tuttavia si è preferito conservare

A Longiano, com'è evidente nella figura n. 11, il maggiore terremoto noto in epoca recente si è verificato nel 1916.

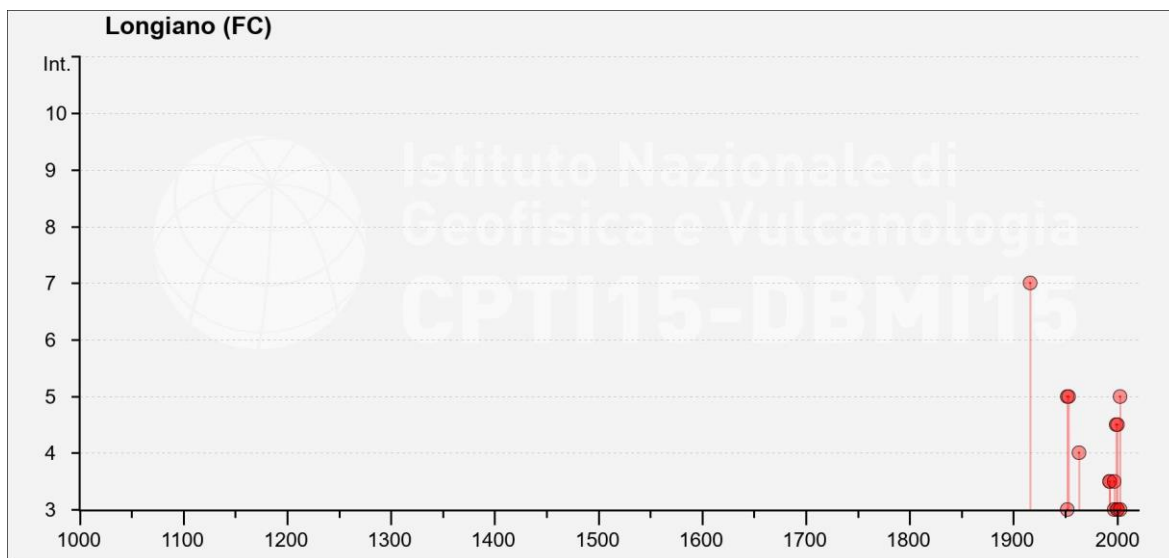


Figura n. 11 - I maggiori terremoti storici che hanno colpito Longiano

Nella figura n. 12, sono riportati i terremoti con magnitudo maggiore di 3 verificatesi nella zona di pertinenza dall'inizio del 1985 ad oggi, entro il raggio di 20 chilometri⁶.

⁶ ISIDe Italian Seismological Instrumental and parametric database: <http://iside.rm.ingv.it>

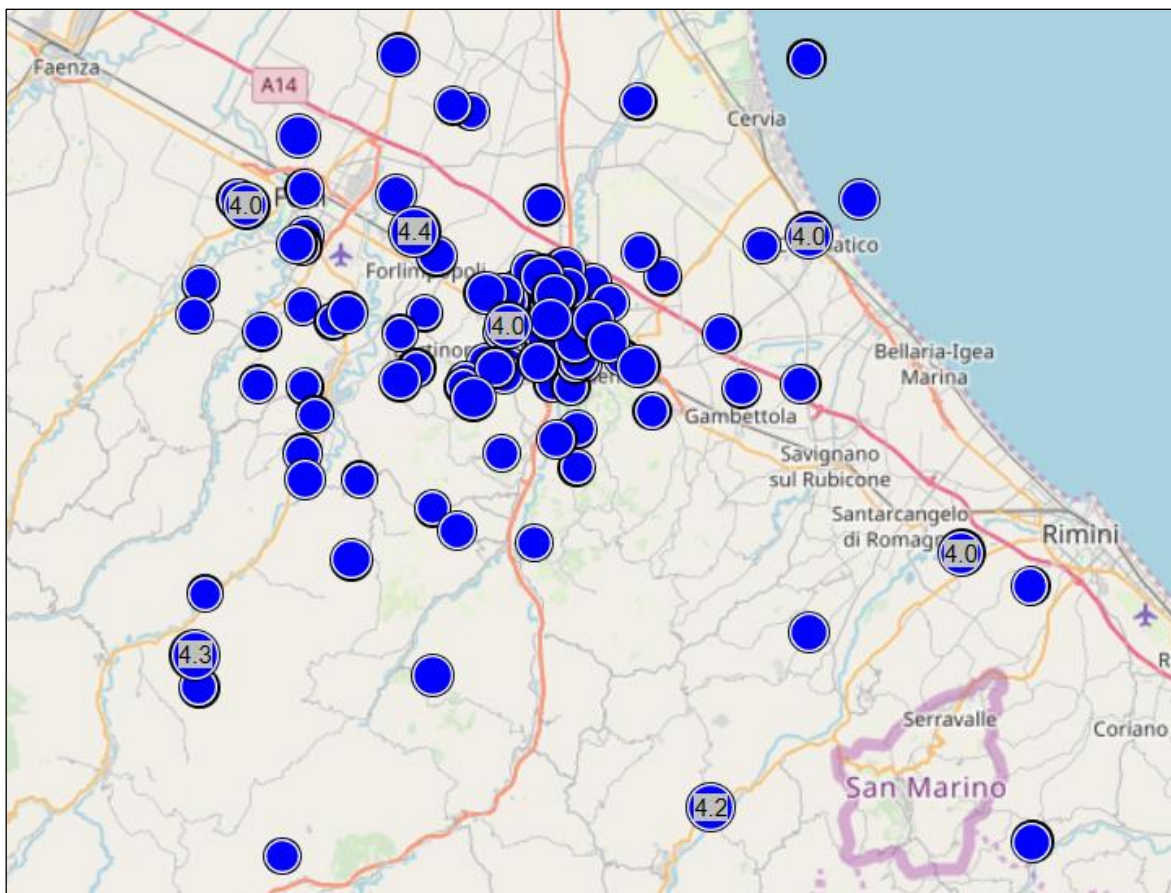


Figura n. 12 - Magnitudo e profondità dei sismi verificatisi nella zona di pertinenza di Longiano dall'inizio del 1985 ad oggi

2.5. CLASSIFICAZIONE SISMICA

Il territorio del Comune di Longiano è classificato sismico di seconda categoria (S=9). In base alla classificazione nazionale dei Comuni italiani, stabilita dall'Allegato 1, punto 3 dell'Ordinanza n. 3274 del 20 marzo 2003, i Comuni sismici italiani sono pertanto distinti in 4 zone. Le prime, con sismicità alta (S=12), media (S=9) e bassa (S=6), erano già state definite dalla Legge 64/74. Viceversa la zona 4 è di nuova introduzione. A ciascuna di queste zone è stato assegnato uno specifico valore dell'accelerazione di picco orizzontale del suolo (a_g) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni (tabella n. 2).

TABELLA N. 2 - ZONE SISMICHE E MASSIMI VALORI DI a_g

ZONA	VALORI MASSIMI DI a_g
1	>0,25
2	0,15 ÷ 0,25
3	0,05 ÷ 0,15
4	<0,05

In base alla Classificazione sismica della Regione Emilia-Romagna, evidente nella figura n. 13, il territorio comunale di Longiano appartiene alla zona 2.

PROGETTO	LIVELLO
COMUNE DI LONGIANO (FC) Studio di microzonazione sismica	Secondo

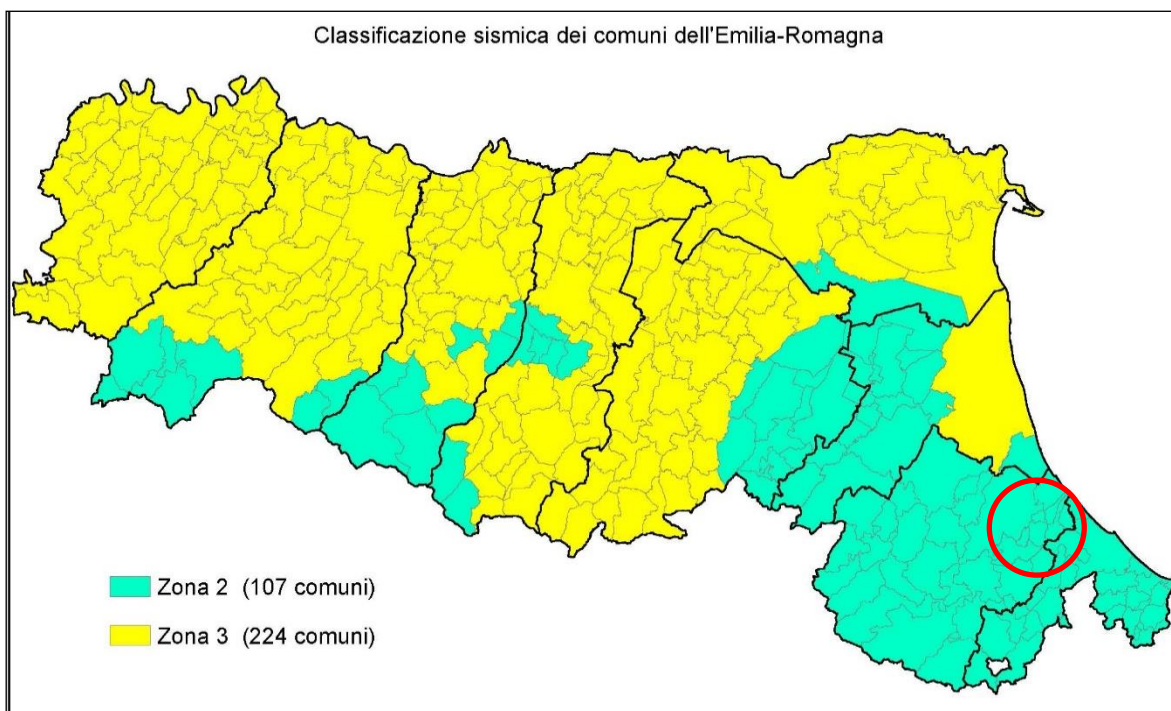


Figura n. 13 - Classificazione sismica dei Comuni della Regione Emilia-Romagna. DGR n° 1164 del 23.07.2018 "Aggiornamento della classificazione sismica di prima applicazione dei comuni dell'Emilia-Romagna"

2.6. PERICOLOSITÀ SISMICA


Con l'Ordinanza n° 3519 del 28 aprile 2006 sono stati precisati i criteri generali, la mappa di pericolosità sismica di riferimento a scala nazionale, riportata nel suo allegato 1b, e la normativa tecnica associata alla nuova classificazione sismica.

Il recente Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni" (N.T.C. 2018) stabilisce che per la determinazione dell'azione sismica si deve fare riferimento agli allegati al decreto ministeriale del 14 gennaio 2008 "Approvazione delle nuove Norme Tecniche per le costruzioni".

Alle N.T.C. 2008 citate, infatti, è allegato un documento sulla pericolosità sismica (Allegato A), secondo il quale l'azione sismica sulle costruzioni è da valutare in base alla pericolosità sismica di base, più semplicemente chiamata pericolosità sismica, che costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche. Con riferimento a quanto disposto in tale Allegato, l'accelerazione sismica massima del terreno (a_g) viene definita in corrispondenza dei punti di un reticolo, i cui nodi non distano fra loro più di 10 km, per diverse probabilità di superamento in 50 anni e per diversi periodi di ritorno (variabili tra 30 e 2.475 anni).

Qualora il sito in esame non ricada nei nodi del reticolo di riferimento, il valore del suo parametro a_g può essere ricavato come media pesata dei valori assunti nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento in cui è situato, utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro vertici.

In adempimento agli obblighi stabiliti dalla normativa nazionale e con l'obiettivo di ridurre il rischio sismico, la Regione Emilia-Romagna, con

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2020	0	19 di 48

PROGETTO	LIVELLO
COMUNE DI LONGIANO (FC) Studio di microzonazione sismica	Secondo

Deliberazione dell'Assemblea legislativa n. 112 del 2 maggio 2007, ha approvato l'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 a "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica". Tale atto è stato poi aggiornato con la DGR n. 2193 del 21 dicembre 2015 ed infine con la DGR n. 630 del 29 aprile 2019. Quest'ultimo documento fornisce i criteri per l'individuazione delle aree soggette ad effetti locali e per la microzonazione sismica del territorio al fine di orientare le scelte della pianificazione verso le aree contraddistinte da minore pericolosità sismica. In esso viene inoltre precisato che la pericolosità del rischio sismico dipende sia dalle caratteristiche sismiche dell'area, cioè dalle sorgenti sismiche, dall'energia, dal tipo e dalla frequenza dei terremoti in essa presenti (*pericolosità sismica di base*), sia dalle caratteristiche geologiche e morfologiche del territorio, in quanto alcune formazioni litologiche e particolari forme del paesaggio, possono modificare le caratteristiche del moto sismico superficiale e possono favorire effetti locali di amplificazione o di instabilità dei terreni (*pericolosità sismica locale*).

Gli studi sulla pericolosità sismica hanno pertanto come obiettivo:


- ◆ l'individuazione delle aree dove in occasione dei terremoti attesi possono verificarsi effetti locali;
- ◆ la stima quantitativa della risposta sismica locale dei depositi e delle morfologie presenti nell'area di indagine (Analisi della Risposta Sismica Locale, RSL);
- ◆ la suddivisione del territorio in sottozone a diversa pericolosità sismica locale (Microzonazione Sismica, MZ).

Per questi studi sono previsti diversi livelli di approfondimento a seconda della sismicità locale e delle finalità delle realizzazioni previste.

La **prima fase** è volta a definire gli *scenari di pericolosità sismica locale*, cioè ad identificare le parti di territorio suscettibili di effetti locali (amplificazione del segnale sismico, cedimenti, instabilità dei versanti, fenomeni di liquefazione, rotture del terreno, ecc.). Questa individuazione si basa su rilievi, osservazioni e valutazioni di tipo geologico e geomorfologico, svolte a scala territoriale, nonché su raccolte di informazioni in merito agli effetti indotti dai terremoti che in passato hanno colpito la zona. Spesso, quanto definito in questa fase, fa ampio riferimento ed elabora i dati predisposti e resi disponibili dalle indagini eseguite in sede di redazione del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (P.T.C.P.) e del Piano Strutturale Comunale (P.S.C.) e, a sua volta, concorre alla definizione delle scelte urbanistiche, fornendo indicazioni sui limiti e sulle condizioni di cui tenere conto nella pianificazione.

La **seconda fase** ha come obiettivo la *Microzonazione sismica del territorio indagato* ossia l'approfondimento delle condizioni di pericolosità indicate dal precedente livello di approfondimento, la suddivisione dettagliata del territorio, in aree con maggiore o minore pericolosità sismica, l'indicazione delle aree ove si ritengono necessari approfondimenti con la precisazione delle indagini e delle analisi da effettuare.

La **terza fase** consiste nell'attuazione degli approfondimenti nei luoghi e con le modalità indicate di massima nella seconda fase.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2020	0	20 di 48

PROGETTO	LIVELLO
COMUNE DI LONGIANO (FC) Studio di microzonazione sismica	Secondo

3. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

3.1. ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DEI DATI

I dati acquisiti ed elaborati in questa sede derivano:

- dalla raccolta ed elaborazione di quanto disponibile in merito alle aree considerate presso l'Ufficio Tecnico comunale, la Provincia di Forlì-Cesena il Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna e gli archivi personali dei partecipanti a questo studio;
- dalla campagna d'indagini, attuate nell'ambito del presente studio per approfondire la conoscenza della situazione locale.

Nella tabella n. 3 è fornito il quadro d'assieme delle prove acquisite o appositamente realizzate, concernenti le aree interessate dal secondo e dal terzo livello d'approfondimento.

TABELLA N. 3 - PROVE IN SITO DISPONIBILI (COMUNE DI LONGIANO)


Prove in sito Comune di Longiano	Archivio				Prove realizzate in questa sede	Totale
	RER	Comune	Geol. Antoniazzi	Geol. Ricci		
Sondaggi a carotaggio continuo	13	26	1	1		41
Prove penetrometriche dinamiche superpesanti (DS)		6				6
Prove penetrometriche dinamiche leggere (DL)	40	30	8			78
Prove penetrometriche statiche con piezocono (CPTU)			2			2
Prove penetrometriche statiche con punta meccanica (CPT)	29	230	7		3	269
Microtremori (HVSR)		2	2	1	20	25
MASW	1	1	1	4	4	11
RE.MI				1	8	9
Totale	83	295	21	7	35	441

Delle 441 prove geotecniche e geofisiche acquisite (sondaggi, penetrometrie e prove geofisiche):

- 378 provengono dagli archivi degli Enti, di cui 295 da quello del Comune di Longiano e 83 da quello della Regione Emilia-Romagna;
- 28 derivano da archivi personali;
- 35 sono state effettuate nell'ambito della presente indagine.

L'insieme dei dati geologici e geofisici così acquisiti, unitamente alle informazioni presenti nella letteratura ed ai risultati dei numerosi sopralluoghi effettuati nell'ambito di Longiano, ha permesso di ricostruire il modello geologico del territorio interessato dallo studio di microzonazione sismica.

L'ubicazione degli elementi stratigrafici e geofisici acquisiti è riportata nella **Carta delle indagini** in scala 1.10.000. Il loro insieme è stato configurato in formato digitale con modalità georiferita, al fine di consentirne l'elaborazione in ambiente GIS. Sia i dati di base, sia quelli elaborati sono stati inoltre organizzati in formato vettoriale (*shapefile*) nel rispetto di quanto precisato negli Standard di rappresentazione e archiviazione informatica.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2020	0	21 di 48


PROGETTO	LIVELLO
COMUNE DI LONGIANO (FC) Studio di microzonazione sismica	Secondo

3.2. SONDAGGI E PENETROMETRIE

In merito al territorio comunale in oggetto, com'è evidente nella tabella n. 3, sono disponibili complessivamente 41 sondaggi a carotaggio continuo e 355 prove penetrometriche. I sondaggi e le penetrometrie hanno raggiunto rispettivamente profondità massime dell'ordine di 90 metri e di circa 30 metri.

3.3. PROVE GEOFISICHE

L'insieme delle 45 prove geofisiche (microtremori, MASW e RE.MI.), raccolte e appositamente realizzate nell'area in esame, è stato elaborato e restituito graficamente con le usuali procedure. L'ubicazione di queste prove è precisata nella **Carta delle indagini** in scala 1.10.000.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2020	0	22 di 48


<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
COMUNE DI LONGIANO (FC) Studio di microzonazione sismica	Secondo

4. MODELLO DEL SOTTOSUOLO

Basilare, in uno studio di Microzonazione sismica, è la definizione, più accurata possibile, del modello geologico del sottosuolo locale con particolare riferimento all'individuazione della profondità del substrato rigido.

Mentre si rimanda ad una seguente parte della presente relazione la descrizione della situazione dei vari settori del Comune di Longiano, distinti in base all'elaborazione dell'insieme dei dati acquisiti nell'ambito della presente ricerca, è opportuno soffermarsi, a questo punto, sull'assetto generale del sottosuolo locale, che può modificare il moto sismico in superficie e condizionare gli effetti sismici locali.

Nell'ambito territoriale di Longiano, com'è già stato fatto rilevare, domina l'affioramento delle Argille Azzurre (FAA), seguito, in ordine d'importanza dai depositi continentali del Pleistocene medio - Olocene. Sulle Argille Azzurre poggiano le alluvioni terrazzate collinari. I depositi alluvionali della pianura generalmente sovrastano sedimenti continentali più antichi. Si vedono, in proposito le figure 14, 15, 16, 17 e 18, raffiguranti rispettivamente le tracce e le sezioni geologiche tratte dal data base del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2020	0	23 di 48

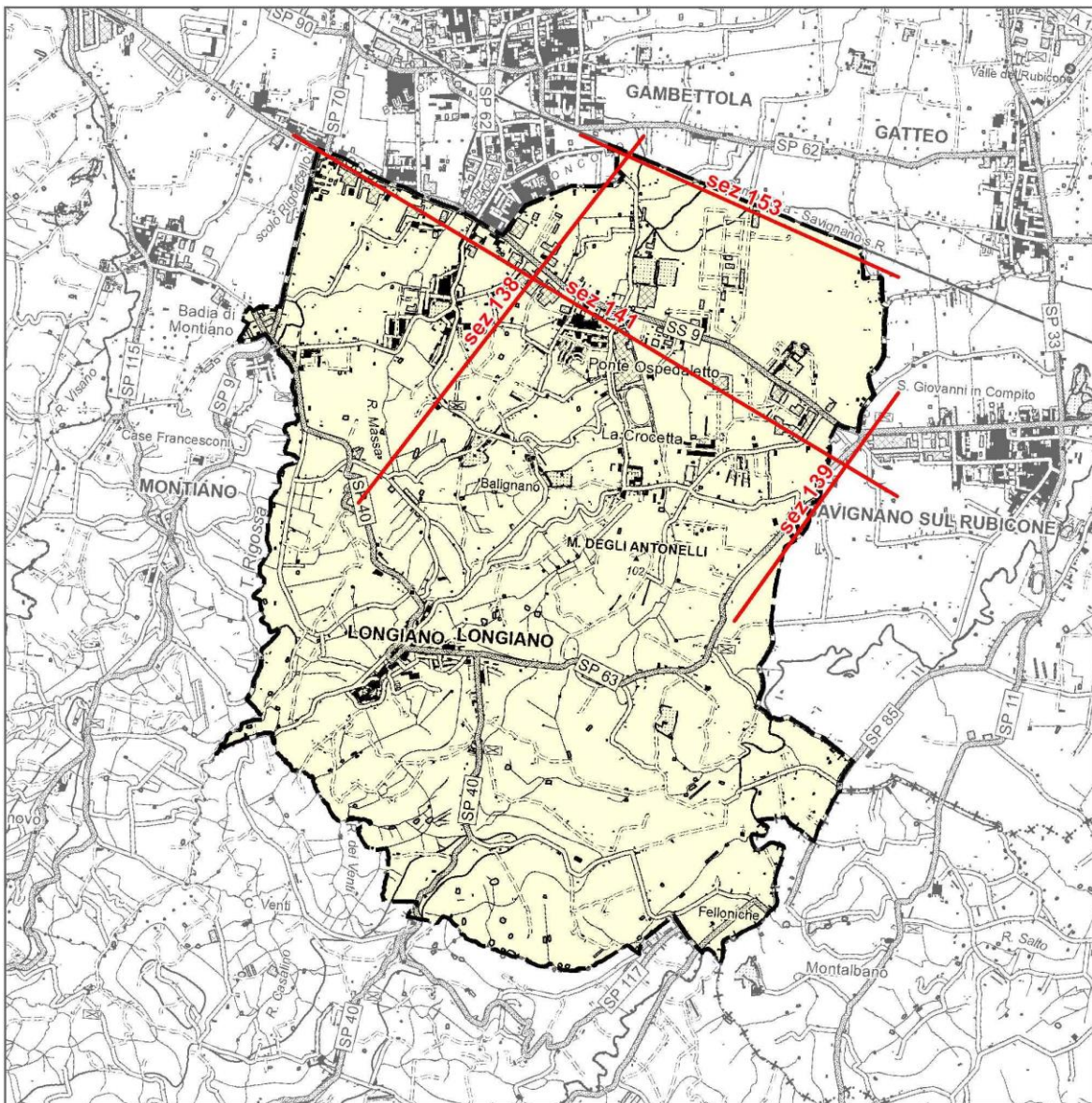


Figura n. 14 - Tracce delle sezioni geologiche riportate nelle figure n. 15, 16, 17 e 18

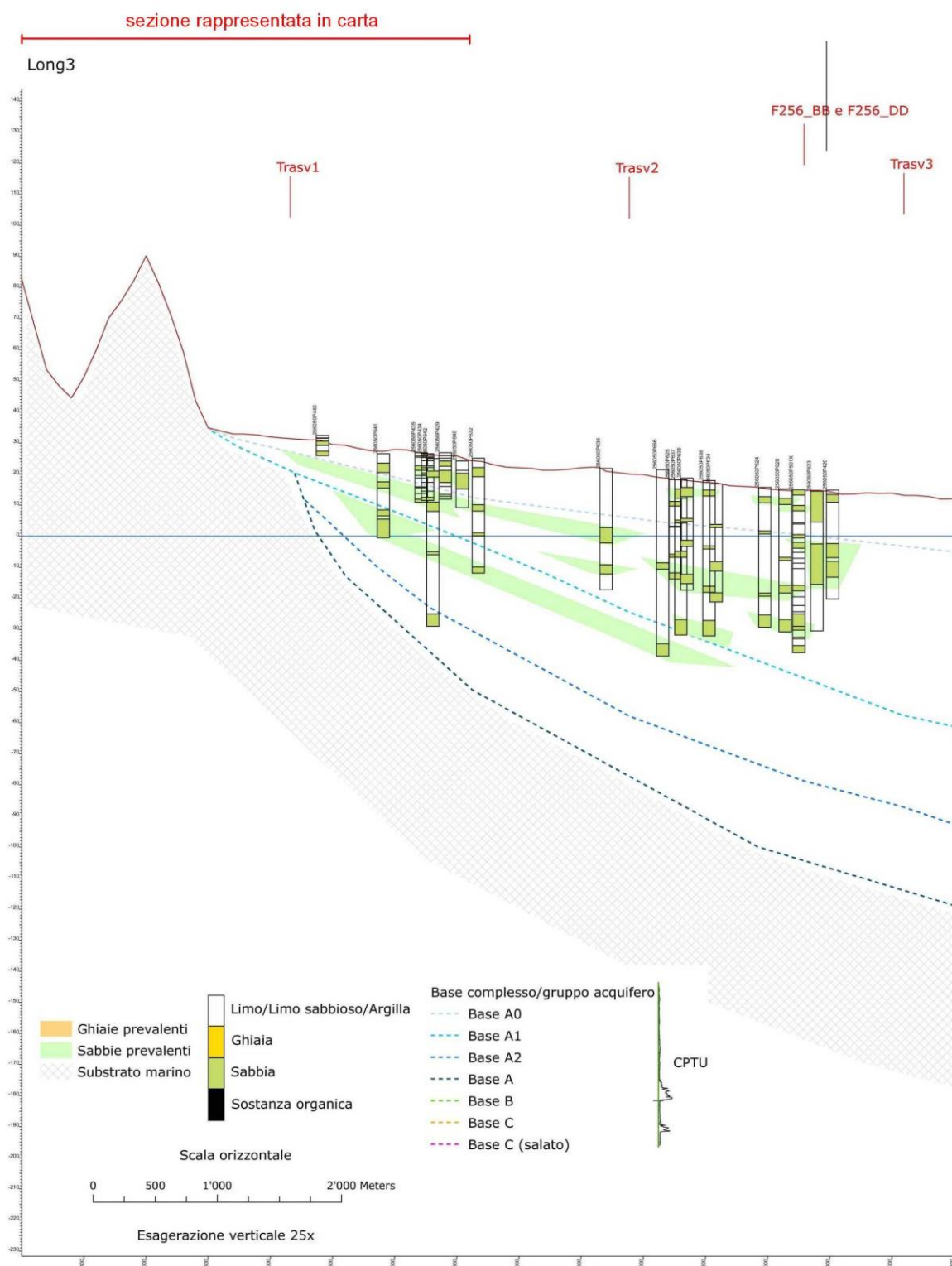


Figura n. 15 - Sezione geologica n. 138 tratta dal database del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna

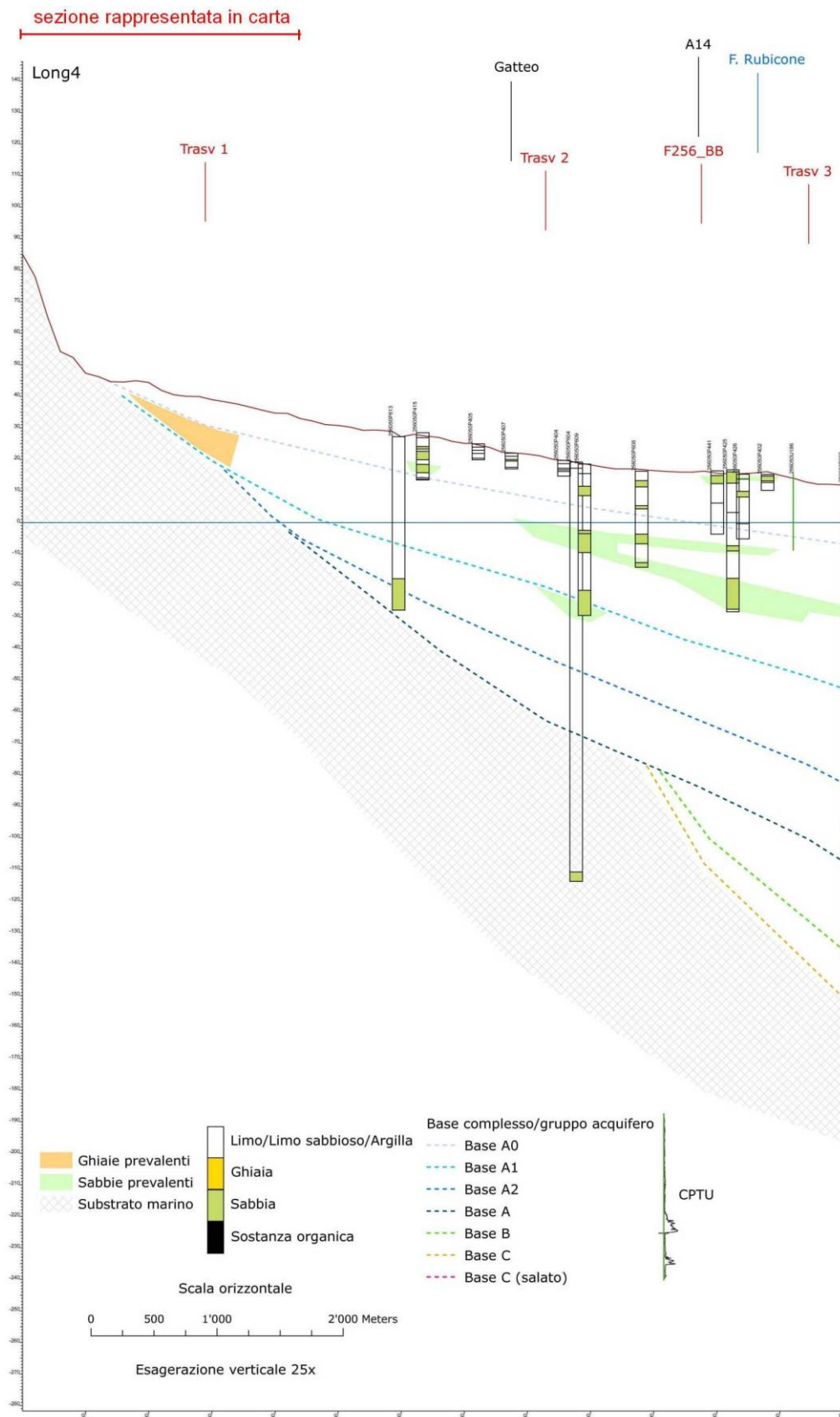


Figura n. 16 - Sezione geologica n. 139 tratta dal database del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna

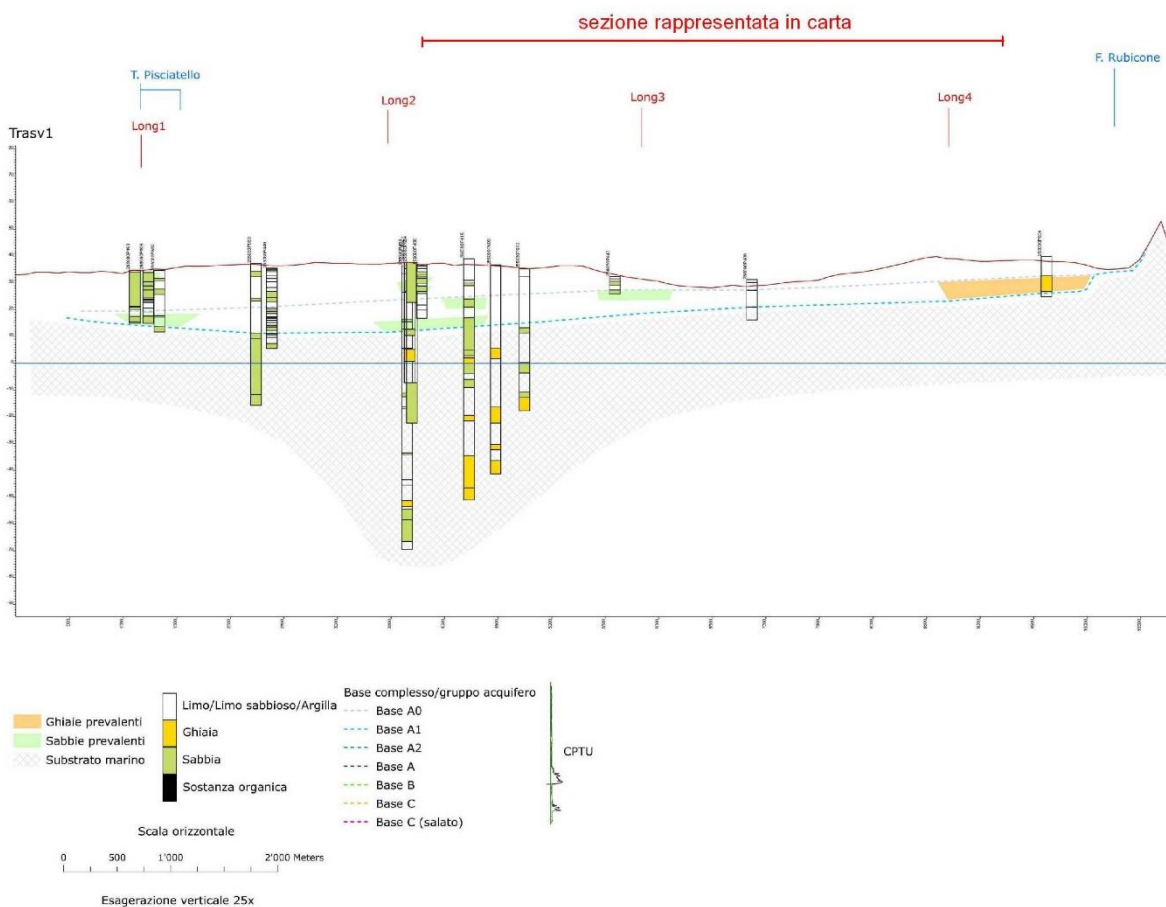


Figura n. 17 - Sezione geologica n. 141 tratta dal database del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna

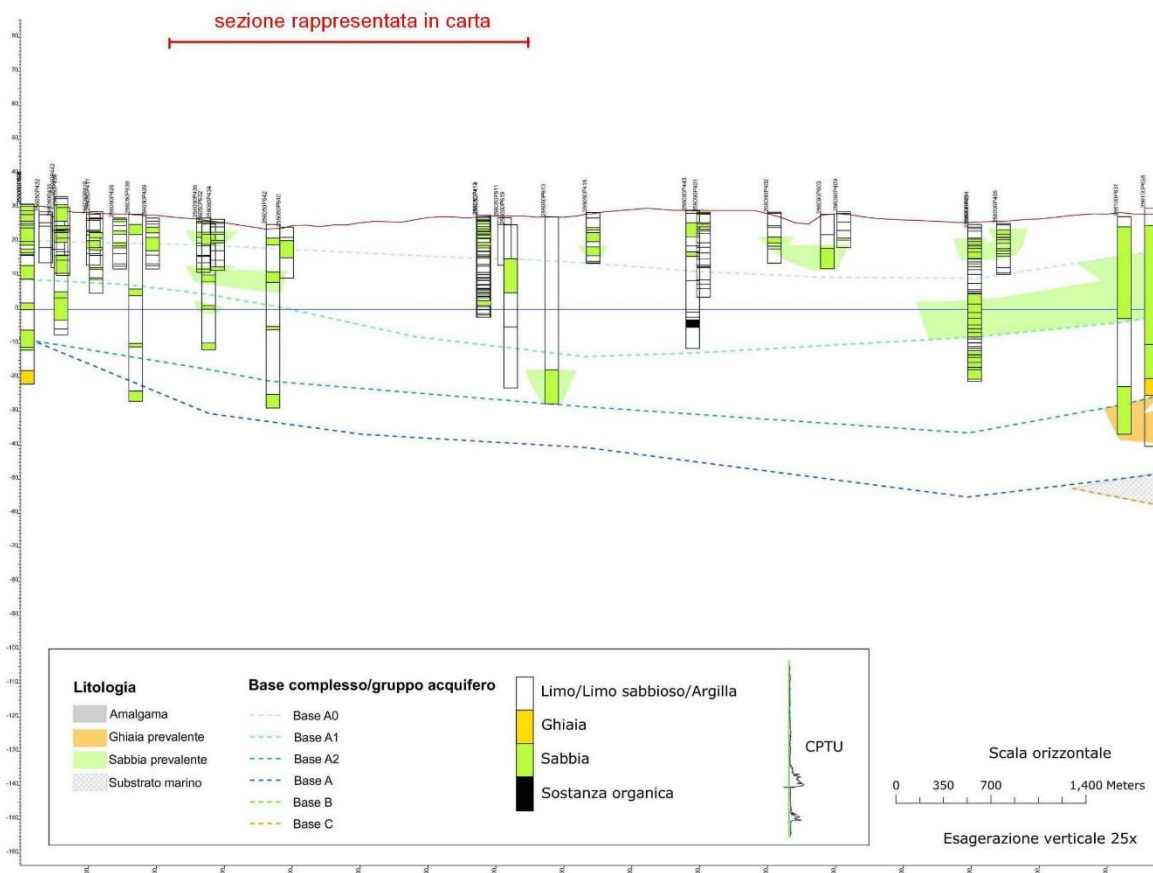


Figura n. 18 - Sezione geologica n. 153 tratta dal database del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna

PROGETTO	LIVELLO
COMUNE DI LONGIANO (FC) Studio di microzonazione sismica	Secondo

5. DETERMINAZIONI ED INCERTEZZE

Nel **rilievo dei microtremori** per analisi dei rapporti spettrali delle componenti orizzontale e verticale del moto (HVSR), direttamente rilevati in questa sede, e nelle relative analisi sono state seguite le linee guida del progetto SESAME (European research project - Guidelines for the implementation of the H/V spectral ratio technique on ambient vibration) con le tecniche di acquisizione e le modalità di elaborazione esplicitate negli indirizzi e criteri per la microzonazione sismica.

Questo metodo (HVSR o di Nakamura) si basa sul rapporto spettrale tra le componenti orizzontale (H) e verticale (V) del noise, assumendo che la componente verticale (V) nel passare dal *bedrock* alla superficie non subisce amplificazione, e consente di determinare la “*frequenza di risonanza*” di uno strato caratteristico del sito, per il quale assume il valore massimo il rapporto $RHV = HS/VS$ (*Horizontal to Vertical Ratio*) tra gli spettri delle componenti orizzontale e verticale del moto del suolo.

Ciascuna prova realizzata ha fornito, in particolare, un grafico del rapporto spettrale H/V - frequenza, in cui si possono osservare il picco o i picchi caratteristici, in corrispondenza di determinate frequenze.


Per determinare la qualità delle singole misure HVSR effettuate e la loro relativa affidabilità, si è proceduto all’analisi della durata complessiva delle singole registrazioni, utilizzando quelle capaci di produrre stime “robuste” del campo medio delle vibrazioni ambientali. Tutte le misure soddisfano i primi 3 criteri del progetto SESAME (linee guida 2005), relativi alla robustezza statistica del segnale.

Per ogni singola acquisizione è stato inoltre valutato l’andamento complessivo della curva H/V, prestando particolare attenzione, durante la fase di elaborazione, alla plausibilità fisica della curva stessa, verificabile attraverso l’individuazione di massimi caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale.

In fase di elaborazione, sfruttando le possibilità di analisi direzionale e temporale del software utilizzato (Grilla di Moho S.r.l.), è stata valutata la stazionarietà temporale dei rapporti spettrali misurati, prestando inoltre particolare attenzione alle variazioni azimuthali di ampiezza, nel rispetto della condizione di isotropia del segnale.

Con riferimento ai criteri delle linee guida SESAME 2005, relativi alla “chiarezza” del picco di possibile risonanza, si osserva che normalmente le misure soddisfano almeno 5 su 6 criteri. Solo undici casi (040018P400HVSR400, 040018P402HVSR402, 040018P408HVSR408, 040018P409HVSR409, 040018P413HVSR413, 040018P415HVSR415, 040018P416HVSR416, 040018P417HVSR417, 040018P418HVSR418, 040018P419HVSR419, 040018P421HVSR421) non soddisfano questi requisiti. Verosimilmente questo accade per le peculiarità del complesso e variabile deposito del Sistema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES), presente nel sottosuolo in esame.

L’**indagine microsismica MASW** è stata eseguita con un sismografo Soilspy Rosina. È stata utilizzata una frequenza di campionamento di 5.000 Hz e una registrazione magnetica degli eventi per un intervallo di 2000 ms. Alla strumentazione sismografica sono stati connessi sensori geofonici verticali da 4,5 Hz, posti alla distanza reciproca di 3 metri. Il rilievo è stato condotto operando energizzazioni per l’acquisizione dei dati agli estremi delle stese geofoniche della

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2020	0	29 di 48

PROGETTO	LIVELLO
COMUNE DI LONGIANO (FC) Studio di microzonazione sismica	Secondo

lunghezza complessiva variabile da 32 a 50 metri, restituendo i risultati su verticali rappresentative del sito.

La tecnica di investigazione ed elaborazione MASW dei dati consente di rilevare la situazione sismo-stratigrafica del sottosuolo in riferimento alla velocità delle onde S, basandosi sulla misura delle onde superficiali di Rayleigh (onde di superficie prodotte da un movimento circolare retrogrado delle particelle del suolo), che si presta ad una agevole elaborazione in considerazione del fatto che il contenuto energetico risulta nettamente superiore a quello che compete alle componenti delle onde di volume P ed S, il cui decadimento ed attenuazione risulta proporzionale al quadrato della distanza piuttosto che alla distanza dalla sorgente dell'impulso.

Dato che in un mezzo stratificato le onde di Rayleigh subiscono il fenomeno della dispersione, poiché le differenti lunghezze d'onda, che descrivono il movimento delle particelle, viaggiano a velocità differenti in relazione alle caratteristiche dei terreni presenti nel sottosuolo, la loro dispersione consente di analizzare le variazioni di velocità delle onde S e di discriminare in profondità le principali variazioni di rigidità dei terreni, tenendo conto che le componenti d'onda ad alta frequenza impegnano e caratterizzano gli strati più superficiali dell'area di indagine, mentre quelle a più bassa frequenza interessano spessori maggiori del sottosuolo e caratterizzano gli strati più profondi. La velocità delle onde S si determina, in particolare, considerando che è dell'ordine del 90-110% di quella delle onde di Rayleigh.

Le interpretazioni MASW, eseguite con softwares votati (Grilla di Moho S.r.l.), hanno permesso di determinare le sismostratigrafie in onde S dei siti, accertando eventuali e locali inversioni di velocità e calcolando il valore equivalente alla profondità di 30 metri attraverso la seguente relazione:

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$


dove: V_{S30} è la velocità sismica ponderata su 30 metri delle onde trasversali, h_i è lo spessore dell'orizzonte i esimo nei 30 metri di riferimento, V_i è la velocità delle onde S dell'orizzonte i esimo di spessore h . I valori ottenuti sono riportati nella relativa documentazione allegata.

Per la **Re.Mi.** l'elaborazione del segnale è data da una trasformata bidimensionale *Slowness – Frequency* che analizza l'energia di propagazione del rumore in entrambe le direzioni della linea sismica rappresentando lo spettro di potenza su di un grafico $p - f$. La zona colorata in rosso è quella in cui, attraverso l'operazione di *slant/stack* si giunge a trovare la V_s che meglio fitta le varie serie temporali alle finestre di frequenza.

Si può arrivare ad assimilare la zona rossa con una spezzata passante per la **M.A.S.W.** al centro mentre per la **Re.Mi.** nel limite inferiore.

La retta presenta pendenze variabili e ad ogni cambio di pendenza si rilevano V_s e profondità che andranno poi a ricostruire i sismostrati.

La retta tende all'infinito quando per tutte le velocità di prova si ha lo stesso grado di correlazione, ovvero si hanno infinite soluzioni.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2020	0	30 di 48


PROGETTO	LIVELLO
COMUNE DI LONGIANO (FC) Studio di microzonazione sismica	Secondo

La massima lunghezza d'onda indagata è data quindi dalla relazione:

$$\lambda_{\max} = V_{\max} / f_{\min}$$

con: λ_{\max} = massima lunghezza d'onda indagata; V_{\max} = massima velocità prima che la retta tenda all'infinito; f_{\min} = frequenza corrispondente alla V_{\max} .

I rilievi in array sono stati implementati da rilievi **H.V.S.R.** quando la vicinanza dei rilievi può garantire l'univocità di risultati.

 Geologo Dott. Aldo Antoniazzi <small>STUDIO DI GEOLOGIA TECNICA E AMBIENTALE</small>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2020	0	31 di 48

PROGETTO	LIVELLO
COMUNE DI LONGIANO (FC) Studio di microzonazione sismica	Secondo

6. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI

6.1. PRIMA FASE DEL LAVORO

Nella prima fase di lavoro, concernente le aree del Comune di Longiano da sottoporre allo studio di Microzonazione Sismica (territorio urbanizzato e urbanizzabile), sono stati acquisiti tutti i dati bibliografici e di archivio disponibili, sono stati condotti puntuali rilievi sul territorio ed è stata analizzata la cartografia geologica e geomorfologica fruibile. In seguito, tenendo conto dell'insieme degli elementi acquisiti, è stata predisposta ed eseguita un'attenta campagna di rilievi integrativi e di controllo.


A conclusione di questa prima fase d'indagini, come in seguito precisato, sono stati predisposti i seguenti elaborati:

- **Carta delle indagini (scala 1:10.000)** - In questa carta è riportata l'ubicazione, di tutte le indagini in sito acquisite o realizzate in questa sede, distinte in base alla specifica tipologia (sondaggi, penetrometrie, prove geofisiche ecc.);
- **Carta geologico-tecnica (scala 1:10.000)** - Questa carta, concernente le zone interessate dall'analisi di secondo livello, prende in esame i terreni di copertura, il substrato geologico, le instabilità dei versanti, gli elementi tettonico strutturali, gli elementi geologici e idrogeologici e gli ambienti genetico-deposizionali dei terreni di copertura.
- **Carta delle frequenze naturali dei terreni (scala 1:10.000)** - In questa carta sono riportate le ubicazioni dei punti ove sono state eseguite le indagini sismiche HVSR, con simbolicamente precisato il valore F_0 del picco significativo, corrispondente alla frequenza di risonanza fondamentale (*frequenza principale*). A fianco di ciascun simbolo è riportata la frequenza relativa al primo picco significativo (in rosso). Nel caso sia presente, è indicata anche la frequenza (in blu) di un secondo picco (*frequenza secondaria*). Le misure inoltre sono state suddivise in classi sulla base delle frequenze ($F_0 \leq 0.6$ Hz; $0.6 < F_0 < 1$; $1 < F_0 \leq 2$ Hz; $2 < F_0 \leq 8$ Hz; $F_0 > 8$ Hz) e dell'ampiezza del picco ($1,5 \leq HVSR < 2$; $2 \leq HVSR < 3$; $HVSR \geq 3$).
- **Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (scala 1:10.000)** - In questa carta sono state individuate le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, distinte in otto zone, e le zone di attenzione per instabilità, suddivise in due zone. In questo elaborato cartografico sono riportati i punti di misura di rumore ambientale.

6.2. SECONDA FASE DEL LAVORO

Nella seconda fase della presente indagine sono stati predisposti i seguenti elaborati:

- **Carta delle velocità delle onde di taglio S (scala 1:10.000)** - In questa carta è precisata l'ubicazione delle prove MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) e Re.Mi. (Refraction Microtremor). A fianco di ciascuna di esse è precisato il rispettivo valore di V_{sh} in m/s.
- **Carta di microzonazione sismica FA P.G.A. (scala 1:10.000)** - In questa carta sono indicate le zone suscettibili di amplificazioni locali (FA P.G.A. = 1,5 - 1,6; FA P.G.A. = 1,9 - 2,0; FA P.G.A. = 2,1 - 2,2) e le zone di attenzione per instabilità (livello 2), distinte in ZAFR FA P.G.A. = 1,9 - 2,0 e in ZAFR FA P.G.A. = 2,1 - 2,2.
- **Carta di microzonazione sismica FA SA 0,1 - 0,5s (scala 1:10.000).**


	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2020	0	32 di 48

PROGETTO	LIVELLO
COMUNE DI LONGIANO (FC) Studio di microzonazione sismica	Secondo

- **Carta di microzonazione sismica FA_{SA 0,4 - 0,8s} (scala 1:10.000).**
- **Carta di microzonazione sismica FA_{SA 0,7 - 1,1s} (scala 1:10.000).**
- **Carta di microzonazione sismica FA_{SI 0,1 - 0,5s} (scala 1:10.000).**
- **Carta di microzonazione sismica FA_{SI 0,5 - 1,0s} (scala 1:10.000).**
- **Carta di microzonazione sismica Hsm (scala 1:10.000)** - In questa carta sono indicate le zone suscettibili di amplificazioni locali (Hsm = 700-800 cm/s²; Hsm = 900-1000 cm/s²; Hsm = 1000-1100 cm/s²) e le zone di attenzione per instabilità (livello 2), distinte in ZAFR Hsm. = 700-800 m/s² e in ZAFR Hsm. = 1000-1100 m/s².

6.3. TERZA FASE DEL LAVORO

La terza fase che rappresenta l'approfondimento di livello 3 non è oggetto del presente studio. I caratteri delle zone di attenzione per instabilità, evidenziate dall'analisi di livello 2, saranno approfonditi da un eventuale successivo studio.

 Geologo Dott. Aldo Antoniazzi <small>STUDIO DI GEOLOGIA TECNICA E AMBIENTALE</small>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2020	0	33 di 48

PROGETTO	LIVELLO
COMUNE DI LONGIANO (FC) Studio di microzonazione sismica	Secondo

7. ELABORATI CARTOGRAFICI

7.1. CARTA DELLE INDAGINI

Nella **Carta delle indagini** in scala 1:10.000, concernente il territorio di Longiano è riportata l'ubicazione di tutte indagini in sito disponibili. Pertanto, nella relativa legenda figurano i seguenti elementi:

- Sondaggio a carotaggio continuo;
- Sondaggio a carotaggio continuo che intercetta il substrato;
- Prova penetrometrica statica con punta meccanica (CPT);
- Prova penetrometrica statica con piezocono (CPTU);
- Prove penetrometrica dinamica superpesante (DPHS);
- Prova penetrometrica dinamica leggera (DL);
- Stazione microtremore a stazione singola (HVSR);
- Stratigrafia zona MS (teorica);
- MASW;
- Prova REfraction Microtremors;
- Confine comunale;
- Aree oggetto di microzonazione sismica.

7.2. CARTA GEOLOGICO-TECNICA PER MICROZONAZIONE SISMICA

La realizzazione della **Carta geologico-tecnica** in scala 1:10.000 del territorio del Comune di Longiano ha consentito di definire il modello del sottosuolo del Comune in oggetto ed è stata funzionale anche alla realizzazione della Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (scala 1:10.000). In essa sono stati distinti:


- Terreni di copertura;
- Substrato geologico;
- Instabilità di versante;
- Elementi tettonico strutturali;
- Elementi geologici e idrogeologici;
- Ambienti genetico-deposizionali dei terreni di copertura;
- Confine comunale;
- Aree oggetto di microzonazione.

I terreni di copertura, dovendo attenersi agli standard di rappresentazione dettati dagli SRAI, sono stati distinti sulla base delle caratteristiche tessiturali, come di seguito specificato:

- **CL** - Argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre;
- **ML** - Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità;
- **GM** - Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo.
Il substrato geologico affiorante risulta classificabile come:
- **SFALS** - Alternanza di litotipi stratificati, fratturati o alterati;
- **SFCO** - coesivo sovraconsolidato fratturato o alterato.

In merito all'instabilità di versante sono individuati:

- Scorrimento - attiva,

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2020	0	34 di 48

PROGETTO	LIVELLO
COMUNE DI LONGIANO (FC) Studio di microzonazione sismica	Secondo

- Colata - attiva,
- Complessa - attiva,
- Non definito - attiva,
- Scorrimento - quiescente,
- Complessa - quiescente,
- Non definito - quiescente.

Nella Carta geologico tecnica sono anche indicati: gli elementi tettonico strutturali; gli elementi geologici e idrogeologici con rappresentati i pozzi/sondaggi profondi, distinguendoli a seconda che abbiano raggiunto o meno il substrato rigido, riportando la profondità dello stesso oppure la profondità raggiunta dalla perforazione; gli ambienti genetico-deposizionali (**tf** - terrazzo fluviale, **ec** eluvi collivi, **es** argini/barre/canali).

7.3. CARTA DELLE FREQUENZE NATURALI DEI TERRENI

La **Carta delle frequenze naturali dei terreni** in scala 1:10.000, del territorio del Comune di Longiano è stata realizzata utilizzando i dati sui microtremori disponibili e ubicando i punti ove sono state effettuate le misure HVSR. Nella relativa legenda, con riferimento a ciascuna prova, sono state precisate:

- la frequenza di picco significativa;
- l'ampiezza di picco;
- lo spessore atteso.

Al lato di ciascun simbolo sono riportate le frequenze relative al primo picco significativo (in rosso) e al secondo picco (in blu) se presente.

Sono inoltre indicati:

- il confine comunale;
- le aree oggetto di microzonazione.


L'esame della carta evidenzia la presenza di picchi H/V in prevalenza compresi tra 1 e ≥ 2 Hz.

7.4. CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA

La **Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica** (MOPS) in scala 1:10.000 del territorio del Comune di Longiano, individua:

- le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali (zone da 2001 a 2008);
- le zone di attenzione per instabilità di versante (zone ZAFR 9 e 10);
- i punti di misura di rumore ambientale;
- il confine comunale;
- le aree oggetto di microzonazione.

Le figure da 19 a 28 mostrano le colonne stratigrafiche sintetiche rappresentanti le MOPS (zone da 1 a 10).

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2020	0	35 di 48

MOPS - ZONA 1 - Codice 2001

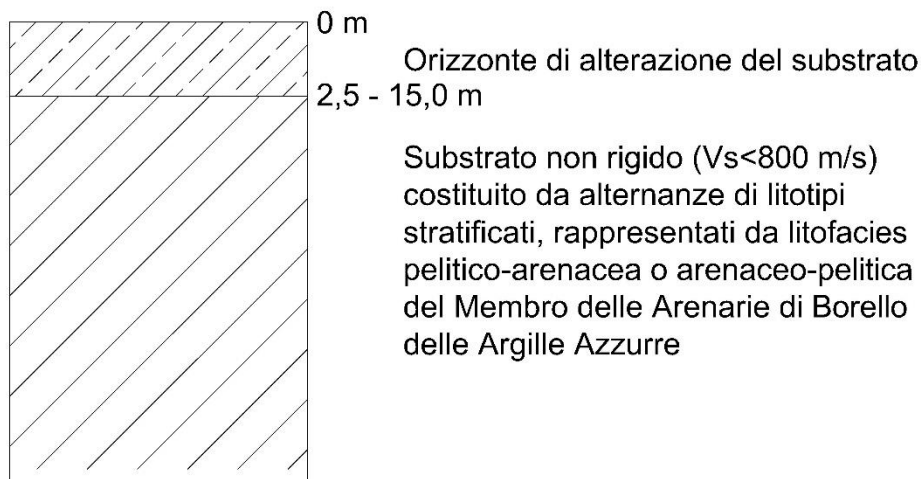


Figura n. 19 - Colonna stratigrafica sintetica rappresentante la MOPS: ZONA 1 Cod. 2001

MOPS - ZONA 2 - Codice 2002

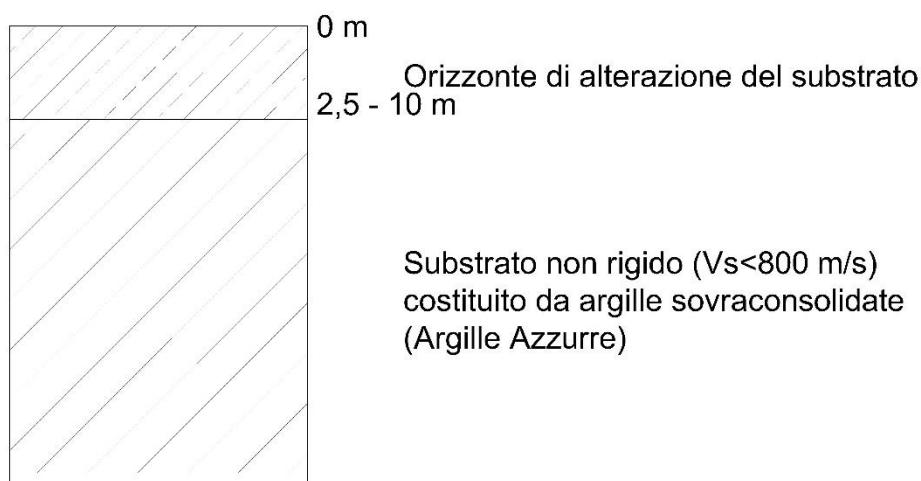



Figura n. 20 - Colonna stratigrafica sintetica rappresentante la MOPS: ZONA 2 Cod. 2002

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2020	0	36 di 48

MOPS - ZONA 3 - Codice 2003

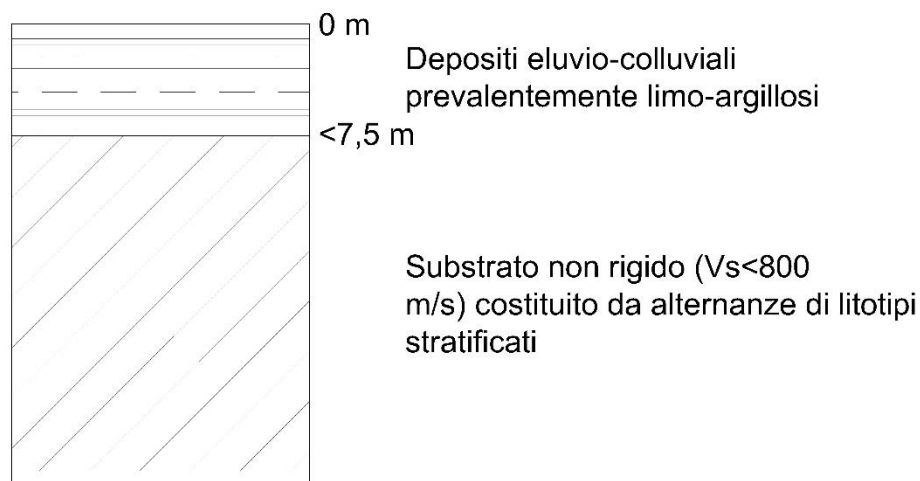


Figura n. 21 - Colonna stratigrafica sintetica rappresentante la MOPS: ZONA 3 Cod. 2003

MOPS - ZONA 4 - Codice 2004

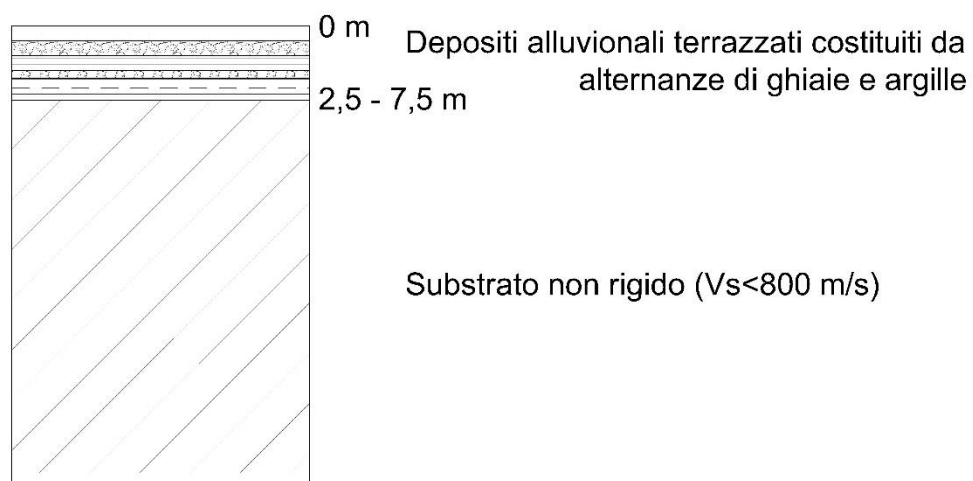


Figura n. 22 - Colonna stratigrafica sintetica rappresentante la MOPS: ZONA 4 Cod. 2004

MOPS - ZONA 5 - Codice 2005

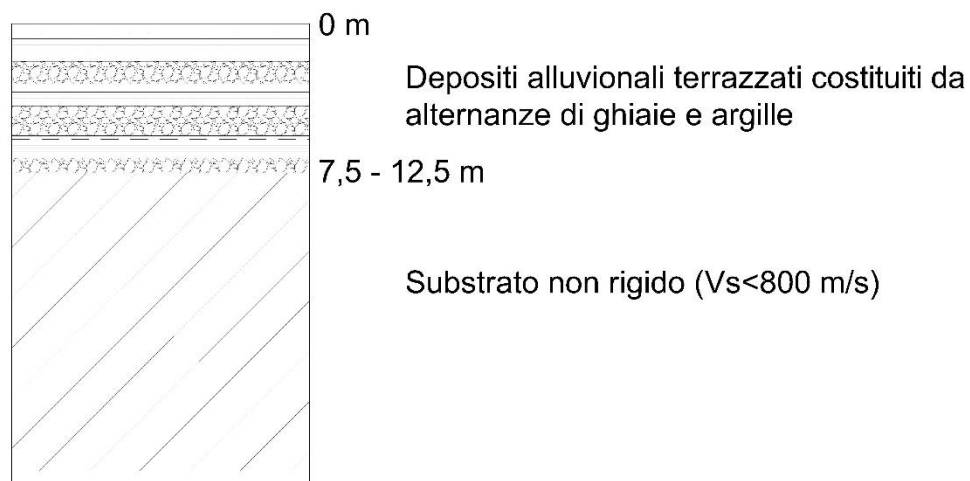


Figura n. 23 - Colonna stratigrafica sintetica rappresentante la MOPS: ZONA 5 Cod. 2005

MOPS - ZONA 6 - Codice 2006

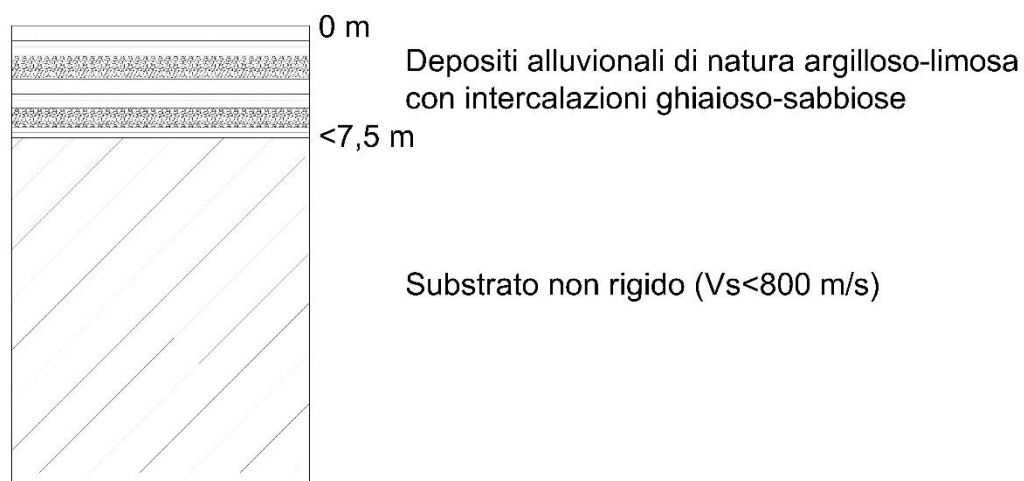



Figura n. 24 - Colonna stratigrafica sintetica rappresentante la MOPS: ZONA 6 Cod. 2006

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2020	0	38 di 48

MOPS - ZONA 7 - Codice 2007

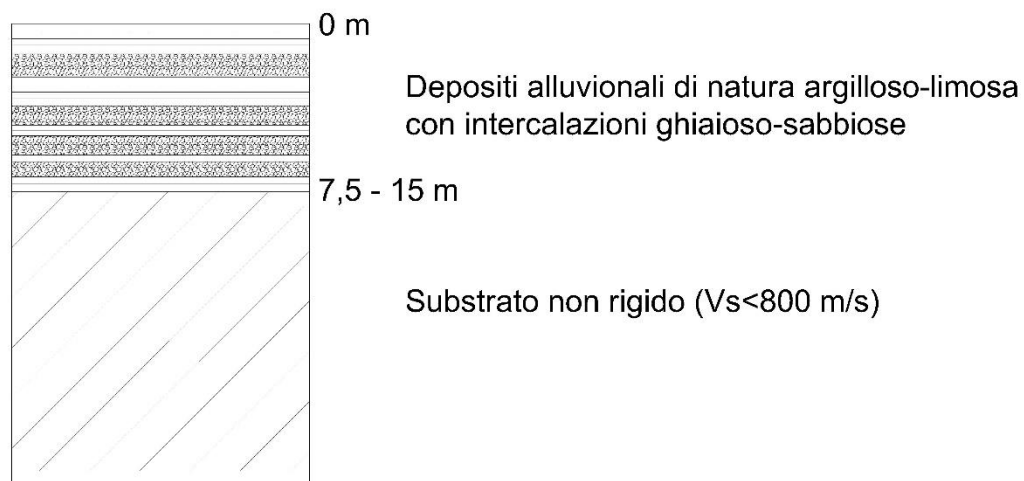


Figura n. 25 - Colonna stratigrafica sintetica rappresentante la MOPS: ZONA 7 Cod. 2007

MOPS - ZONA 8 - Codice 2008

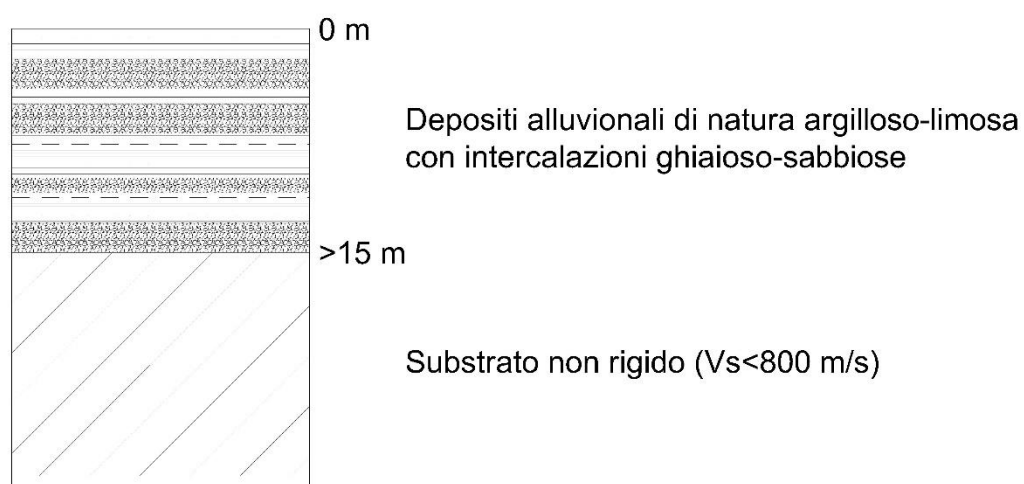


Figura n. 26 - Colonna stratigrafica sintetica rappresentante la MOPS: ZONA 8 Cod. 2008

MOPS - ZONA 9 - Codice 2009 - ZAFR

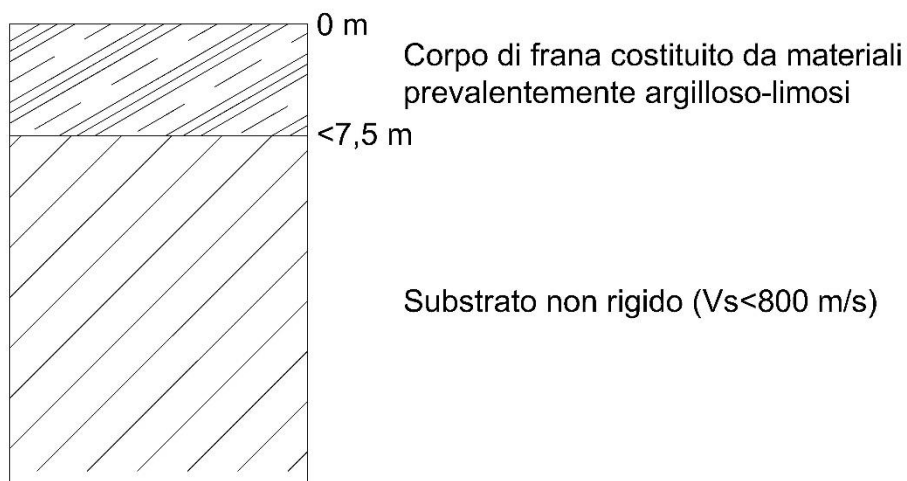


Figura n. 27 - Colonna stratigrafica sintetica rappresentante la MOPS: ZONA 9 Cod. 2009

MOPS - ZONA 10 - Codice 2010 - ZAFR

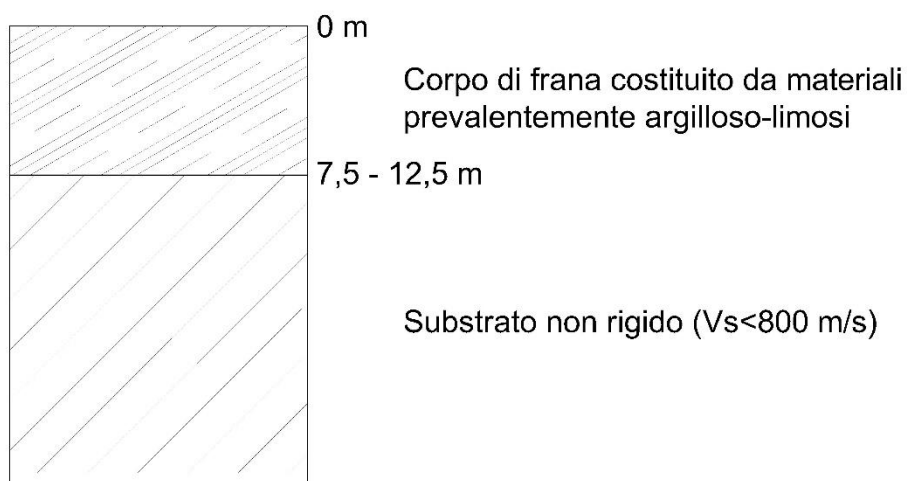


Figura n. 28 - Colonna stratigrafica sintetica rappresentante la MOPS: ZONA 10 Cod. 2010

PROGETTO	LIVELLO
COMUNE DI LONGIANO (FC) Studio di microzonazione sismica	Secondo

7.5. CARTA DELLE VELOCITÀ DELLE ONDE DI TAGLIO S

Nella **Carta delle velocità delle onde di taglio S** in scala 1:10.000 del territorio del Comune di Longiano sono indicate:

- MASW o Re.Mi., con indicato il valore di V_{s30} e/o V_{SH} in m/s;
- Confine comunale;
- Aree oggetto di microzonazione.

7.6. CARTE DI MICROZONAZIONE SISMICA

Nelle seguenti tavole, conclusive del presente studio:

- Carta di microzonazione sismica - FA $P.G.A.$ in scala 1:10.000
- Carta di microzonazione sismica - FA $SA_{0,1-0,5s}$ in scala 1:10.000
- Carta di microzonazione sismica - FA $SA_{0,4-0,8s}$ in scala 1:10.000
- Carta di microzonazione sismica - FA $SA_{0,7-1,1s}$ in scala 1:10.000
- Carta di microzonazione sismica - FA $SI_{0,1-0,5s}$ in scala 1:10.000
- Carta di microzonazione sismica - FA $SI_{0,5-1,0s}$ in scala 1:10.000
- Carta di microzonazione sismica - H_{SM} in scala 1:10.000

sono riportati i seguenti elementi:

- Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali;
- Zone di attenzione per instabilità (livello 2);
- Confine comunale;
- Aree oggetto di microzonazione.


Nelle zone stabili e nelle zone di attenzione per instabilità (livello 2) viene raffigurata la stima dell'amplificazione effettuata tramite procedure semplificate (utilizzo di abachi e formule), possibile laddove l'assetto geologico è assimilabile ad un modello fisico monodimensionale.

L'amplificazione è stata quantificata in termini di:

- $F_{PGA} = PGA/PGA_0$, dove PGA_0 è l'accelerazione massima orizzontale a periodo $T=0$ al suolo di riferimento e PGA è l'accelerazione massima orizzontale a periodo $T=0$ alla superficie del sito;
- $FA = SA/SA_0$, dove SA_0 è l'integrale dello spettro di risposta in accelerazione al suolo di riferimento e SA è l'integrale dello spettro di risposta in accelerazione alla superficie del sito per prefissati intervalli di periodi T : SA_1 per $0,1s \leq T \leq 0,5s$, SA_2 per $0,4s \leq T \leq 0,8s$, SA_3 per $0,7s \leq T \leq 1,1s$;
- $FH = SI/SI_0$, dove SI_0 è l'integrale dello spettro di risposta in velocità (Intensità di Housner) al suolo di riferimento e SI è l'integrale dello spettro di risposta in velocità (o corrispondente grandezza di Intensità di Housner) alla superficie del sito per prefissati intervalli di periodi T : SI_1 per $0,1s \leq T \leq 0,5s$, SI_2 per $0,5s \leq T \leq 1,0s$.

I valori dei fattori di Amplificazione sono stati ricavati dalle tabelle allegate alla DGR n. 630 del 29 aprile 2019 della Regione Emilia-Romagna, in cui vengono distinti due ambienti geo-litologici omogenei principali relativi all'Appennino e alla Pianura Padana e Costa Adriatica.

La scelta dell'abaco per la stima è stata effettuata sulla base delle caratteristiche sismo stratigrafiche del sottosuolo, in particolare dalle peculiarità del substrato non rigido che, nel Comune di Longiano, è caratterizzato da $V_s \ll 800m/s$.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2020	0	41 di 48

PROGETTO	LIVELLO
COMUNE DI LONGIANO (FC) Studio di microzonazione sismica	Secondo

Per quanto riguarda le zone stabili (da Zona 1 a Zona 7) e quelle instabili (Zona 9 e Zona 10) sono state impiegate le tabelle degli indirizzi regionali denominate "Appennino", riferite alla presenza di substrato non rigido ($V_S \ll 800$ m/s) con sovrastanti depositi di copertura con spessore maggiore di 2,5 metri (tabella n. 4).

Per quanto riguarda invece la Zona 8, è stata considerata ricadente nella zona di Margine, definito come settore di transizione tra la zona collinare (Appennino) e la pianura, o la costa, caratterizzato da terreni alluvionali prevalentemente fini (argille, limi, sabbie) sovrastanti orizzonti grossolani (ghiaie, ghiaie sabbiose, sabbie ghiaiose); il substrato geologico è generalmente costituito da sabbie marine o transizionali pleistoceniche (Sabbie Gialle) o dalla successione pelitica plio-pleistocenica (Argille Azzurre); il tetto del substrato geologico è a profondità indicativamente comprese tra 50 e 100 m. In particolare, è stata utilizzata la tabella Margine Tipo B (tabella n. 5), caratterizzato da spessore dei terreni superficiali fini o grossolani poco consolidati superiore a 30 m; la successione sottostante è costituita da alternanze di orizzonti grossolani e orizzonti fini.

TABELLA N. 4 - TABELLE DA UTILIZZARE PER LA STIMA DI F.A., IN TERMINI DI PGA, SA E SI, NEL CASO DI SUBSTRATO MARINO NON RIGIDO ($V_S \ll 800$ M/S) CON SOVRASTANTI DEPOSITI DI COPERTURA MAGGIORI DI 2,5 METRI (DA ALLEGATO 2 DEGLI INDIRIZZI REGIONALI)

V_{SH} (m/s) → H (m) ↓	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

Fattore di Amplificazione PGA

V_{SH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1,6	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	
10	2,3	1,8	1,5	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	
15	2,8	2,3	1,9	1,5	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	
20	3,2	2,9	2,3	1,8	1,5	1,5	1,4	1,4	1,3	
25	3,4	3,2	2,7	2,0	1,7	1,5	1,5	1,4	1,3	
30		3,3	2,9	2,3	1,9	1,6	1,5	1,4	1,4	
35		3,3	3,0	2,5	2,1	1,8	1,6	1,5	1,4	1,2
40		3,2	3,1	2,7	2,3	2,0	1,7	1,5	1,4	1,2
50		3,0	3,0	2,8	2,5	2,2	1,9	1,7	1,5	1,3

Fattore di Amplificazione SA2 ($0,4s \leq T \leq 0,8s$)

V_{SH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	2,2	1,8	1,5	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,2	
10	2,5	2,3	1,9	1,7	1,5	1,4	1,3	1,3	1,2	
15	2,5	2,5	2,2	1,9	1,7	1,5	1,4	1,3	1,2	
20	2,4	2,4	2,3	2,1	1,8	1,6	1,5	1,3	1,3	
25	2,4	2,4	2,3	2,2	2,0	1,7	1,6	1,4	1,3	
30		2,3	2,3	2,2	2,0	1,8	1,6	1,5	1,3	
35		2,2	2,2	2,2	2,1	1,9	1,7	1,5	1,4	1,2
40		2,1	2,1	2,1	2,1	1,9	1,7	1,5	1,4	1,2
50		2,0	2,0	2,0	2,0	1,9	1,7	1,5	1,4	1,2

Fattore di Amplificazione SA1 ($0,1s \leq T \leq 0,5s$)

V_{SH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	
10	1,6	1,5	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	
15	1,9	1,7	1,5	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	
20	2,4	2,1	1,6	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	
25	3,4	2,5	1,9	1,5	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	
30		3,0	2,3	1,7	1,5	1,4	1,4	1,3	1,3	
35		3,3	2,7	1,9	1,6	1,5	1,4	1,3	1,3	1,1
40		3,6	3,1	2,2	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2
50		3,6	3,4	2,9	2,1	1,8	1,6	1,5	1,4	1,2

Fattore di Amplificazione SA3 ($0,7s \leq T \leq 1,1s$)

V_{SH} (m/s) →	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
H (m) ↓										
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

Fattore di Amplificazione SII ($0,1s \leq T \leq 0,5s$)

V_{SH} (m/s) →	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
H (m) ↓										
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

Fattore di Amplificazione SI2 ($0,5s \leq T \leq 1,0s$)

TABELLA N. 5 - TABELLA DA UTILIZZARE PER LA STIMA DI F.A., IN TERMINI DI PGA, SA E SI, NEL CASO DI MARGINE DI TIPO B (DA ALLEGATO 2 DEGLI INDIRIZZI REGIONALI)

V_{S30} (m/s) →	150	200	250	300	350	400
PGA	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,5

Fattore di Amplificazione PGA

V_{S30} (m/s) →	150	200	250	300	350	400
SA1	1,8	1,8	1,8	1,7	1,7	1,5
SA2	2,6	2,6	2,3	2,1	1,9	1,7
SA3	3,1	2,9	2,7	2,4	2,3	2,1
SA4	3,0	2,9	2,6	2,3	2,1	1,9

Fattori di Amplificazione SA1 ($0,1s \leq T \leq 0,5s$), SA2 ($0,4s \leq T \leq 0,8s$), SA3 ($0,7s \leq T \leq 1,1s$) e SA4 ($0,5s \leq T \leq 1,5s$)

V_{S30} (m/s) →	150	200	250	300	350	400
SII	1,9	1,9	1,9	1,8	1,7	1,6
SI2	2,9	2,8	2,5	2,3	2,1	2,0
SI3	3,3	3,1	2,7	2,4	2,2	2,0

Fattori di Amplificazione SII ($0,1s \leq T \leq 0,5s$), SI2 ($0,5s \leq T \leq 1,0s$), SI3 ($0,5s \leq T \leq 1,5s$)

PROGETTO	LIVELLO
COMUNE DI LONGIANO (FC) Studio di microzonazione sismica	Secondo

La tabella n. 6 riporta i Fattori di Amplificazione determinati secondo la DGR n. 630 del 29 aprile 2019.

TABELLA N. 6 - FATTORI DI AMPLIFICAZIONE DETERMINATI NEL II LIVELLO

MOPS	ZONA	TABELLA F.A.	VS	FORMAZIONE GEOLOGICA	FATTORI DI AMPLIFICAZIONE								NOTE
					PGA	SA 0,1-0,5S	SA 0,4-0,8S	SA 0,7-1,1S	SA 0,5-1,5S	SI 0,1-0,5 S	SI 0,5-1,0 S	SI 0,5-1,5 S	
STAB	2001	Appennino - Substrato affiorante con Vs <<800 m/s	Vs5 = 200	Arenarie di Borello	2,0	1,8	1,4	1,3	-	1,7	1,4	-	
	2001	Appennino - Substrato affiorante con Vs <<800 m/s	Vs15 = 200	Arenarie di Borello	2,2	2,5	2,3	1,7	-	2,6	1,9	-	
	2002	Appennino - Substrato con Vs <<800 m/s	Vs5 = 200	Argille Azzurre	2,0	1,8	1,4	1,3	-	1,7	1,4	-	
	2003	Appennino - Substrato con Vs <<800 m/s	Vs5 = 200	Depositi eluvio colluviali	2,0	1,8	1,4	1,3	-	1,7	1,4	-	
	2004	Appennino - Substrato con Vs <<800 m/s	Vs5= 200	AES7	2,0	1,8	1,4	1,3	-	1,7	1,4	-	
	2005	Appennino - Substrato con Vs <<800 m/s	Vs10= 250	AES7	2,0	1,9	1,5	1,4	-	1,9	1,4	-	
	2006	Appennino - Substrato con Vs <<800 m/s	Vs5 = 200	AES8	2,0	1,8	1,4	1,3	-	1,7	1,4	-	
	2007	Appennino - Substrato con Vs <<800 m/s	Vs15 = 200	AES8	2,2	2,5	2,3	1,7	-	2,6	1,9	-	
	2007	Appennino - Substrato con Vs <<800 m/s	Vs20 = 200	AES8	2,1	2,4	2,9	2,1	-	2,6	2,6	-	
	2008	Margine tipo B	Vs30 = 200	AES8	1,6	1,8	2,6	2,9	-	1,9	2,8	-	
INSTAB	2009	Appennino - Substrato con Vs <<800 m/s	Vs5 = 200	Depositi di frana	2,0	1,8	1,4	1,3	-	1,7	1,4	-	Instabilità di versante
	2010	Appennino - Substrato con Vs <<800 m/s	Vs15 = 200	Depositi di frana	2,2	2,5	2,3	1,7	-	2,6	1,9	-	Instabilità di versante

L'analisi delle condizioni morfologiche ha evidenziato che quasi tutte le aree di microzonazione ricadono in contesti caratterizzati da pendii con inclinazione media < 15°. Solo in prossimità del cimitero di Longiano sono state riscontrate inclinazioni medie > 15° che hanno richiesto la valutazione dell'amplificazione dell'impulso sismico generata dalle condizioni topografiche (figura n. 29).

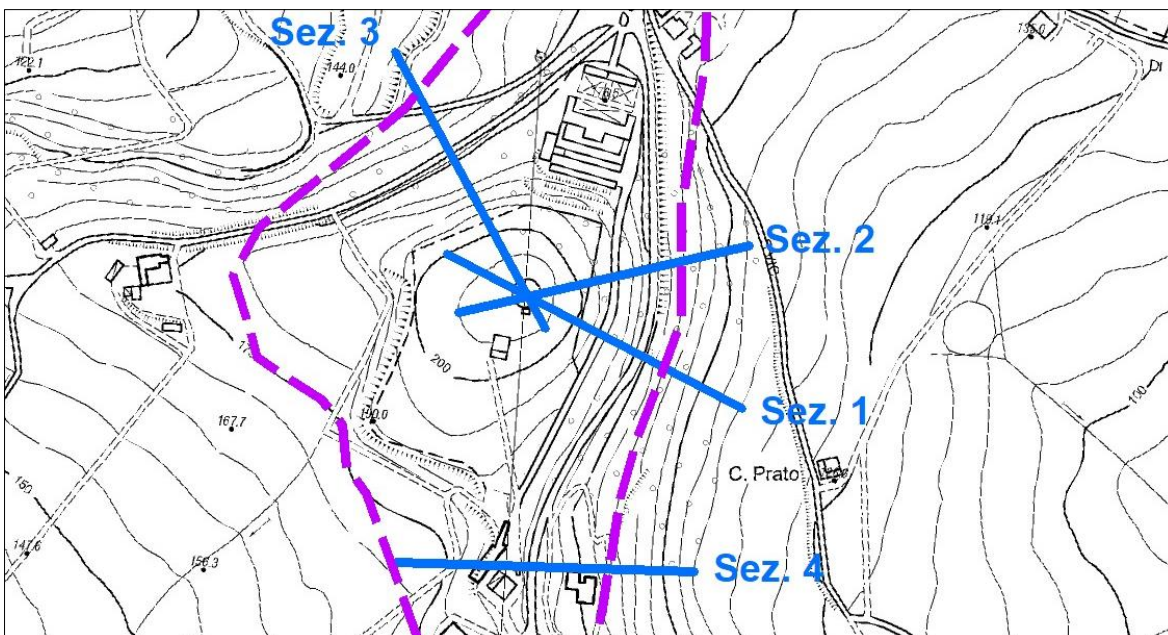


Figura n. 29 - Ubicazione delle tracce delle sezioni topografiche

Per il calcolo del Fattore di Amplificazione Topografica FT, sono state seguite le disposizioni e i suggerimenti contenuti nell'Allegato A2.2 degli indirizzi regionali (figura n. 30), i cui risultati sono rappresentati nelle sezioni presenti nella figura n. 31.

Trattandosi di un'area caratterizzata da valore massimo di FT prossimo all'unità e che interesserebbe una superficie di modeste dimensioni, si è ritenuto di trascurare l'effetto di amplificazione topografica perché non significativo.

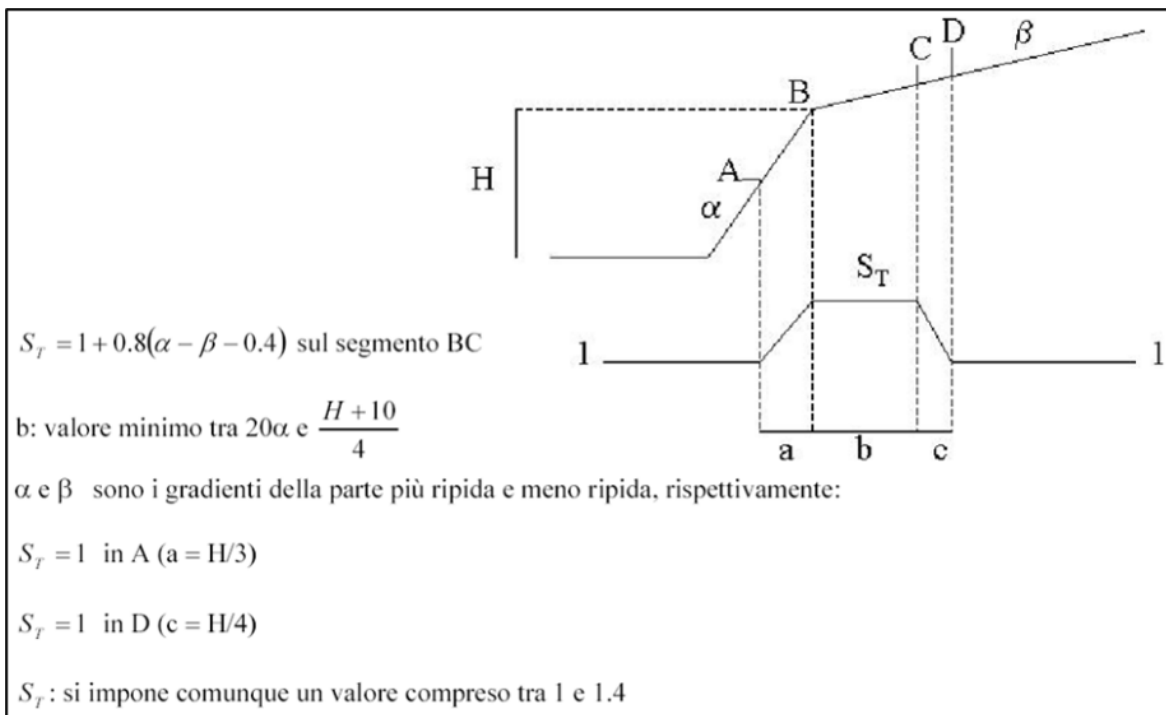


Fig. 30 - Calcolo del fattore di amplificazione topografica secondo gli indirizzi regionali

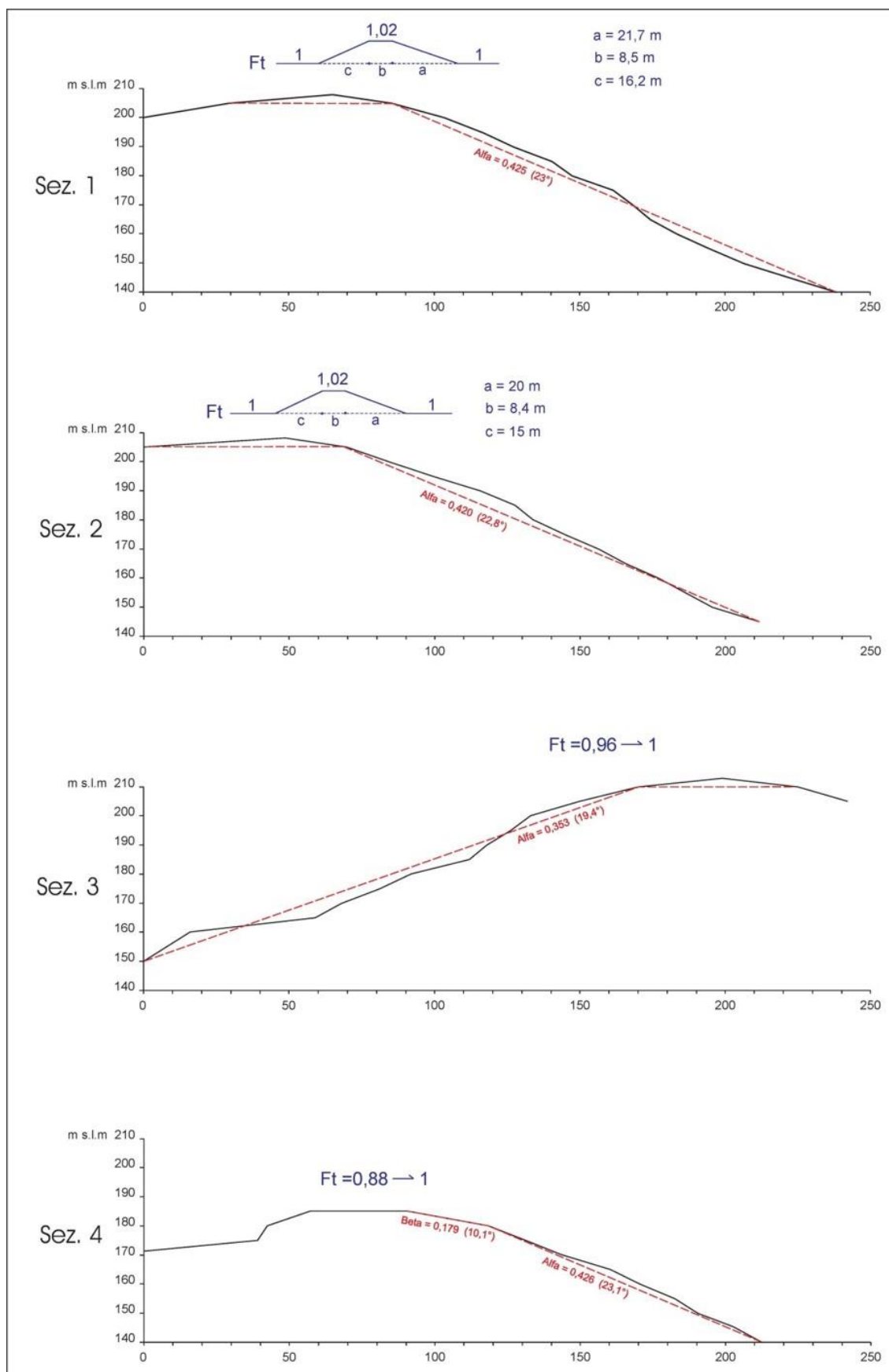


Figura n. 31 - Sezioni topografiche con indicati i valori del fattore di amplificazione topografica


PROGETTO	LIVELLO
COMUNE DI LONGIANO (FC) Studio di microzonazione sismica	Secondo

Lo scuotimento atteso al sito in valore assoluto (accelerazione in cm/s^2) è stato espresso attraverso il parametro H, dato dal prodotto dell'Acceleration Spectrum Intensity (ASI), integrale dello spettro di riferimento in accelerazione calcolato per determinati intervallo di periodi, diviso per ΔT e moltiplicato per il fattore di amplificazione in accelerazione (FA) calcolato per lo stesso intervallo di periodi:

$$H = \frac{ASI}{\Delta T} \times FA$$

I valori di ASI sono stati determinati attraverso gli spettri di risposta a pericolosità uniforme in pseudo-accelerazione con T_r pari a 475 anni, riferiti al baricentro di ogni MOPS.

Il periodo considerato per la determinazione dello scuotimento atteso è il seguente: $0,1\text{s} \leq T \leq 0,5\text{s} \rightarrow H_{sm}$

 Geologo Dott. Aldo Antoniazzi <small>STUDIO DI GEOLOGIA TECNICA E AMBIENTALE</small>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2020	0	47 di 48

PROGETTO	LIVELLO
COMUNE DI LONGIANO (FC) Studio di microzonazione sismica	Secondo


8. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Nel presente studio di Microzonazione Sismica, concernente il Comune di Longiano, sono stati acquisiti tutti i dati bibliografici e di archivio disponibili, sono stati condotti puntuali rilievi sul territorio ed è stata analizzata la cartografia geologica e geomorfologica fruibile. In seguito, tenendo conto dell'insieme degli elementi acquisiti, è stata predisposta ed eseguita un'attenta campagna di rilievi integrativi e di controllo. A conclusione dello studio sono stati predisposti i seguenti elaborati cartografici:

- Carta delle indagini in scala 1:10.000
- Carta geologico-tecnica in scala 1:10.000
- Carta delle frequenze naturali dei terreni in scala 1:10.000
- Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica in scala 1:10.000
- Carta delle velocità delle onde di taglio S in scala 1:10.000
- Carta di microzonazione sismica - FA P.G.A. in scala 1:10.000
- Carta di microzonazione sismica - FA SA 0,1 - 0,5 s in scala 1:10.000
- Carta di microzonazione sismica - FA SA 0,4 - 0,8 s in scala 1:10.000
- Carta di microzonazione sismica - FA SA 0,7 - 1,1 s in scala 1:10.000
- Carta di microzonazione sismica - FA SI 0,1 - 0,5 s in scala 1:10.000
- Carta di microzonazione sismica - FA SI 0,5 - 1,0 s in scala 1:10.000
- Carta di microzonazione sismica - H_{SM} in scala 1:10.000

Il presente studio di secondo livello ha individuato zone di attenzione per instabilità di versante, meritevoli di approfondimenti di terzo livello.

Forlì, 24 settembre 2020

 Geologo Dott. Aldo Antoniazzi <small>STUDIO DI GEOLOGIA TECNICA E AMBIENTALE</small>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2020	0	48 di 48