



Comune di Fontanellato

Sindaco
e Assessore all'Urbanistica
Dott. Luigi Spinazzi

Ufficio di Piano

Arch. Alessandra Storchi (RUP)
Arch. Valentina Sasso
D.ssa Stefania Ziveri
Segretario Comunale

PIANO URBANISTICO GENERALE

ai sensi della L.R. 24/2017

Gruppo di lavoro

PIANIFICAZIONE URBANISTICA
CAIRE Consorzio: Urb. Giulio Saturni,
Dott. Giampiero Lupatelli, Urb. Edy Zatta,
Dott. Davide Frigeri, Dott. Omar Tondelli,
Antonella Borghi

VALSAT – ANALISI AMBIENTALI
AMBITER S.r.l: Dott. Giorgio Neri,
Ing. Michele Neri, Dott. Davide Gerevini,
Dott.ssa Benedetta Rebecchi,
Dott.ssa Chiara Buratti

ANALISI GEOLOGICHE – SISMICA
STUDIO STEFANO CASTAGNETTI:
Dott. geol. Stefano Castagnetti,
Dott. geol. Marco Baldi

ANALISI ARCHEOLOGICHE
ABACUS S.r.l.

ZONIZZAZIONE ACUSTICA
STUDIO QSA – Qualità Sicurezza Ambientale:
Ing. Gabriella Magri, Dott. In Fis. Elisa Crema,
Dott. In Ing. Fabrizio Bonardi

QUADRO CONOSCITIVO

MS.01

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Assunzione proposta del PUG

Adozione proposta del PUG

Approvazione del PUG

Data di emissione
Febbraio 2023



INDICE

1.	INTRODUZIONE	1
2.	DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO	5
2.1	INQUADRAMENTO	5
2.2	STORIA SISMICA.....	8
2.3	CLASSIFICAZIONE SISMICA.....	10
3.	ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA	13
4.	DATI GEOTECNICI E GEOFISICI	19
5.	INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE	20
6.	METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI	22
7.	ELABORATI CARTOGRAFICI	24
7.1	Carta delle indagini	24
7.2	Carta geologico-tecnica per microzonazione sismica.....	25
7.3	Carta delle frequenze naturali dei terreni	29
7.4	Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica.....	30
7.5	Carta delle velocità delle onde di taglio S	33
7.6	Carte di microzonazione sismica	34
8.	ELENCO ELABORATI	39

1. INTRODUZIONE

Nella presente Relazione illustrativa vengono descritte le attività svolte e i risultati ottenuti nel corso dello Studio di Microzonazione Sismica di secondo livello del Comune di Fontanellato (PR), effettuato su incarico del Comune di Fontanellato nell'ambito della redazione del Quadro Conoscitivo – Diagnostico del nuovo Piano Urbanistico Generale.

Il presente studio è stato redatto in adeguamento alla D.G.R. n° 476 del 12.04.2021 aggiornamento "Atto di Coordinamento Tecnico sugli Studi di Microzonazione Sismica per la Pianificazione Territoriale e Urbanistica (Artt. 22 e 49, L.R. 24/2017), a partire dal precedente studio di Microzonazione Sismica condotto nel 2012 e ritenuto conforme ai contenuti dell'OPCM 3907/2010 e della DGR 1051/2011 con certificato PG 2012.0271097 del 19/11/2012.

Si ricorda che gli studi di Microzonazione Sismica hanno l'obiettivo di incrementare le conoscenze in merito alle alterazioni che lo scuotimento sismico può subire in superficie e di fornire informazioni utili al governo del territorio, alla progettazione, alla pianificazione per l'emergenza e alla ricostruzione post sisma.

La MS consente di suddividere il territorio esaminato 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 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 di trasformazione verso aree a minore pericolosità e più in generale concorrono alla riduzione del rischio sismico.

Le attività di ricerca, acquisizione ed implementazione dati oltre che la predisposizione degli elaborati prodotti nell'ambito del presente studio, sono stati condotti in ottemperanza delle direttive e agli atti tecnici sotto elencati:

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Febbraio 2023	0	1 di 39

- Allegato A della D.G.R. n° 476 del 12.04.2021 aggiornamento 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).

Il presente studio di Microzonazione Sismica, attuato in conformità a quanto stabilito dai riferimenti tecnici sopraelencati, è articolato in due distinti livelli di approfondimento:

➤ PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO con:

- individuazione delle aree suscettibili di effetti locali in cui effettuare le successive indagini di microzonazione sismica;
- descrizione delle caratteristiche delle unità geologiche del sottosuolo, in termini di litologia, stratigrafia, tettonica e geometria per definire il modello geologico di base per la microzonazione sismica;
- definizione del tipo di effetti attesi;
- indicazione, per ogni area, del livello di approfondimento necessario.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Febbraio 2023	0	2 di 39

➤ **SECONDO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO** con:

- conferma delle condizioni di pericolosità indicate dal 1° livello ed eventuale nuova perimetrazione delle aree ove effettuare la microzonazione sismica;
- suddivisione dettagliata del territorio, in base all'amplificazione attesa, secondo aree a maggiore e minore pericolosità sismica;
- conferma o migliore definizione delle aree, indicate dal livello di approfondimento precedente, in cui si ritengono necessari approfondimenti di terzo livello con l'indicazione delle indagini e analisi da effettuare.

Le aree oggetto di microzonazione sismica ricomprendono i centri abitati di Fontanellato, Albareto, Cannetolo, Casalbarbato, Parola, Paroletta, Sanguinaro e Toccalmatto (Fig. 1), coprendo una superficie di circa 1218 Ha, pari a circa il 23% del territorio comunale, dove risiede la stragrande maggioranza della popolazione.

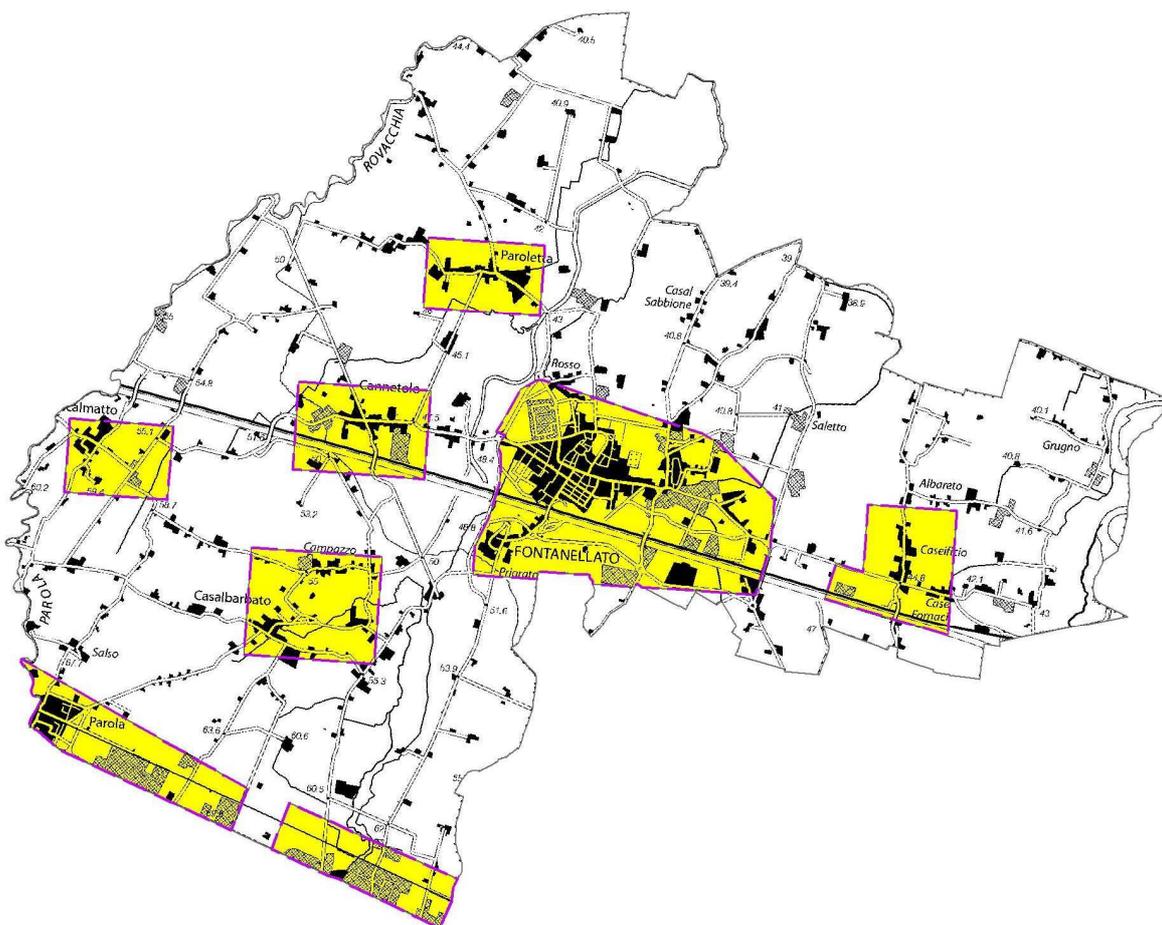


Fig. 1 – Aree oggetto di microzonazione sismica del Comune di Fontanellato

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Febbraio 2023	0	3 di 39

Gli elaborati redatti sono stati predisposti in versione cartacea e in versione digitale (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) versione 4.2.

Per l'inserimento dei dati alfanumerici dei siti, delle indagini e dei parametri è stato utilizzato l'apposito software: "MS - SoftMS", versione 4. 2.

Si ricorda che il precedente studio di MS era stato corredato dall'analisi della Condizione Limite per l'Emergenza (certificato in data 11/08/2016); in questa sede non si è ritenuto di riprendere tale studio in quanto dal 2016 ad oggi non sono intervenute modifiche a livello di Edifici Strategici, Aree di Emergenza e Viabilità di connessione ed accessibilità.

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Febbraio 2023	0	4 di 39

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

2.1 INQUADRAMENTO

Il Comune di Fontanellato appartiene alla Regione Emilia-Romagna e ricade nella fascia di passaggio tra l'Alta e la Media Pianura della Provincia di Parma (Fig. 2).



Fig. 2 - Ubicazione del Comune di Fontanellato

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 italiano, denominata "ZS9", che prevede una suddivisione in 36 zone (Fig. 3), i cui limiti sono stati tracciati sulla base di informazioni tettoniche, geologico – strutturali e/o di differenti caratteristiche della sismicità (distribuzione spaziale, frequenza degli eventi, massima magnitudo rilasciata, ecc.).

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Febbraio 2023	0	5 di 39

Essa risulta estremamente importante per gli studi pianificazione territoriale ed, in particolare, nelle valutazioni di pericolosità sismica.

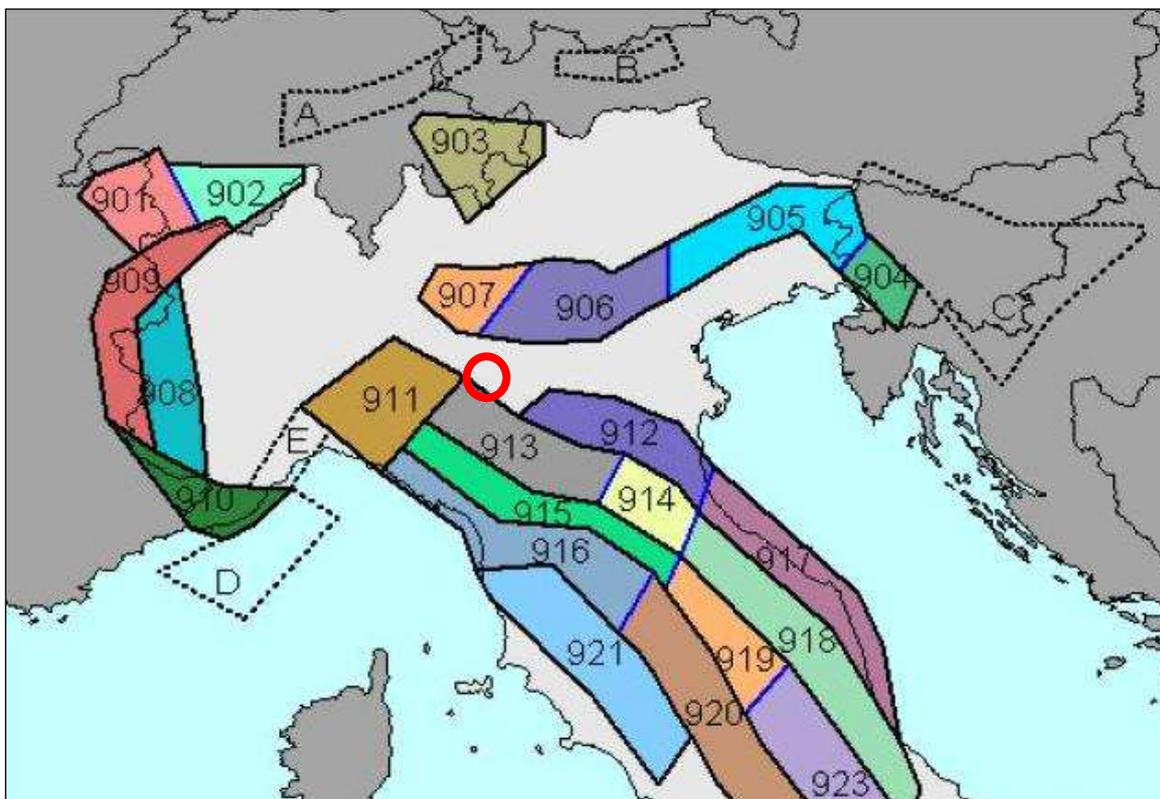


Fig. 3 – Zonazione sismogenetica ZS9 (Tratta da: “Redazione della Mappa di Pericolosità Sismica – Rapporto conclusivo – bozza aprile 2004” - INGV). Il cerchio rosso individua approssimativamente il Comune di Fontanellato.

Il territorio comunale di Fontanellato ricade nei pressi del limite settentrionale della zona sismogenetica “913”, che è caratterizzata da movimenti prevalentemente compressivi in direzione NW e da meccanismi trascorrenti nelle zone di svincolo, che interrompono la continuità longitudinale delle strutture attive.

Il maggior numero di terremoti che si verificano in questa zona, presenta il proprio ipocentro a profondità comprese tra 12 e 20 km e i valori di magnitudo massima previsti, sulla base dei meccanismi focali, sono pari a $M_{wmax} = 6,14$.

Per quanto concerne le caratteristiche sismotettoniche, l’inquadramento generale delle principali strutture attive sismogenetiche dell’Emilia-Romagna, è rappresentato nella

Mappa di sintesi realizzata dal Servizio Geologico Sismico e dei Suoli dell'Emilia-Romagna (Fig. 4).

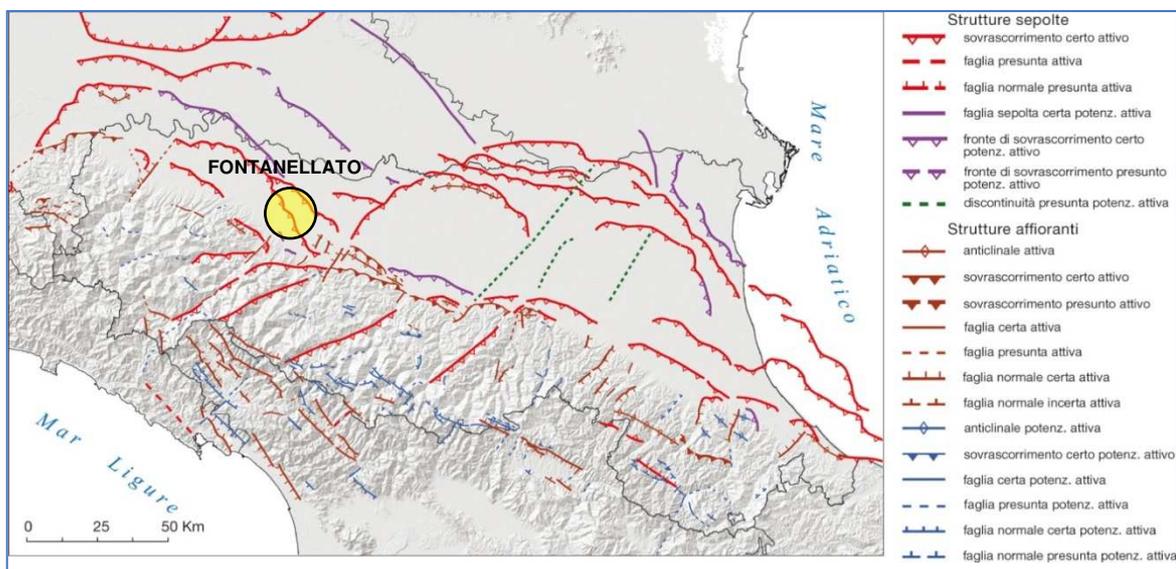


Fig. 4 - Mappa di sintesi delle strutture tettoniche attive e potenzialmente attive riconosciute in Emilia-Romagna (da: "Note illustrative della Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna ed aree limitrofe" - Servizio Geologico Sismico e dei Suoli - Regione Emilia-Romagna, 2017)

Le sorgenti sismogenetiche e le faglie potenzialmente attive e capaci, interessanti il territorio comunale di Fontanellato, sono state ricavate dal *Database of Individual Seismogenic Sources* (DISS) dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), Version 3.2.1, che costituisce il database delle sorgenti sismogenetiche italiane, potenzialmente in grado di generare sismi con magnitudo superiore a M 5,5 nell'area Italiana¹.

Con riferimento a Fig. 5, la sorgente sismogenetica composta più significativa per l'area in studio è la **ITCS009 – Busseto-Cavriago**, con una magnitudo massima attesa $M_w = 5,6$.

¹ 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*.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Febbraio 2023	0	7 di 39

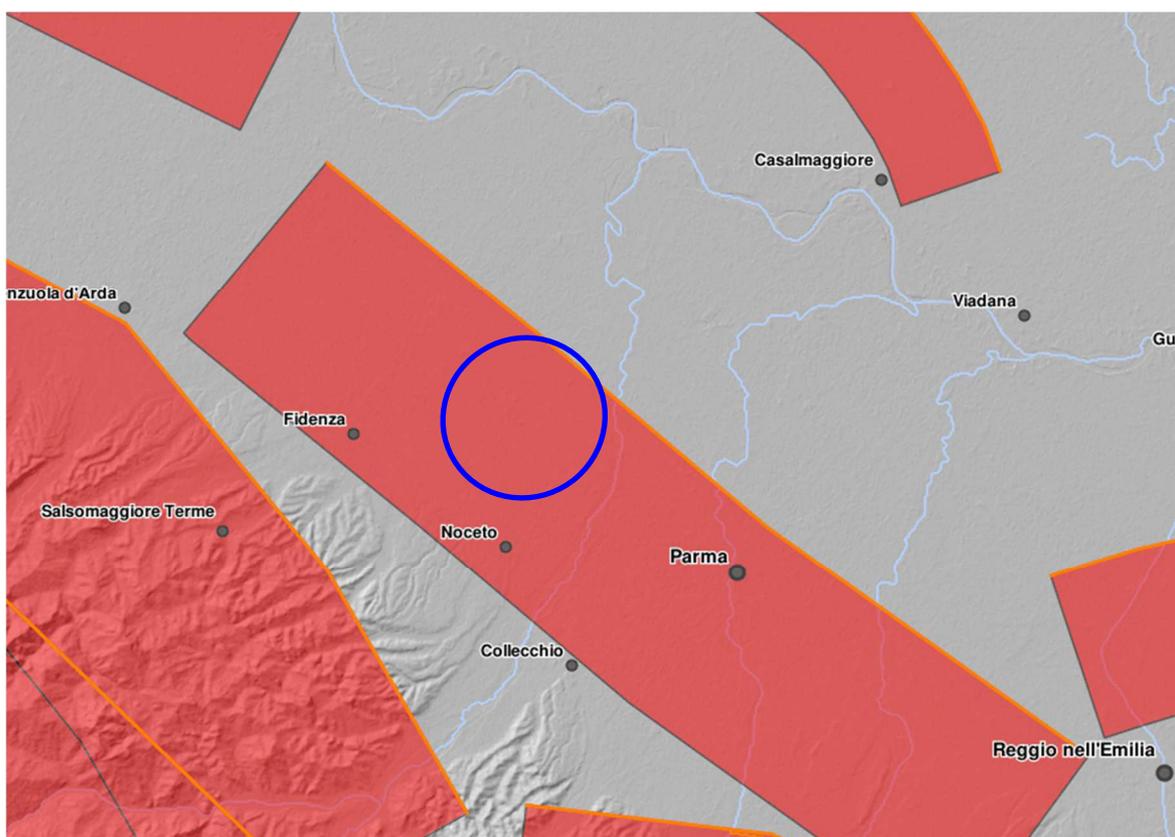


Fig. 5 - Ubicazione delle sorgenti sismogenetiche da DISS 3.2.1 <http://diss.rm.ingv.it/dissmap/dissmap.phtml>
Il cerchio di colore blu individua approssimativamente il territorio del Comune di Fontanellato.

2.2 STORIA SISMICA

La storia sismica del Comune di Fontanellato è stata desunta dal Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI v3.0) - Database Macrosismico Italiano (DBMI15 v3.0) che riportano informazioni per 4860 terremoti verificatisi in Italia nella finestra temporale 1000-2019.

La storia sismica di Fontanellato è riassunta graficamente nel diagramma riportato in Fig. 6, mentre in Tab. 1 sono elencati gli eventi di maggiore intensità, indicando per ciascuno di essi, oltre agli effetti provocati al sito, espressi come I(MCS), la data e l'ora in cui si è verificato, il numero di località in cui è stato registrato l'evento (Np), l'intensità massima epicentrale in scala MCS (Io) e la magnitudo momento (Mw).

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Febbraio 2023	0	8 di 39

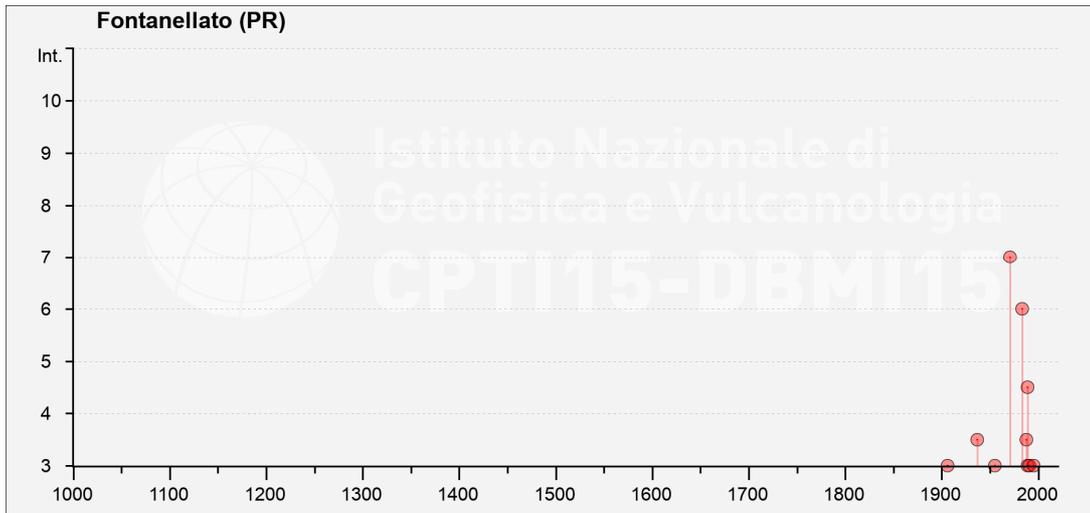


Fig. 6 – Eventi sismici di maggior intensità registrati nel Comune di Fontanellato

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
7	1971	07	15	01	33	23	Parmense	228	8	5.51
6	1983	11	09	16	29	52	Parmense	850	6-7	5.04
4-5	1989	09	13	21	54	1	Prealpi Vicentine	779	6-7	4.85
3-4	1937	09	17	12	19	05	Parmense	34	7	4.77
3-4	1988	03	15	12	03	1	Reggiano	160	6	4.57
3	1906	08	25	03	11		Parmense	31	5	4.25
3	1955	03	12	06	57	04	Parmense	15	5	4.15
3	1989	10	03	09	41	3	Appennino parmense	91	4	4.04
3	1991	10	31	09	31	1	Emilia occidentale	134	5	4.33
3	1995	10	10	06	54	2	Lunigiana	341	7	4.82
NF	1904	02	25	18	47	50	Reggiano	62	6	4.81
NF	1984	04	29	05	02	59	Umbria settentrionale	709	7	5.62
NF	1986	12	06	17	07	1	Ferrarese	604	6	4.43
NF	1996	12	16	09	09	5	Pianura emiliana	115	5-6	4.06
NF	2000	06	18	07	42	0	Pianura emiliana	304	5-6	4.40

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 CPTI15, espressa in scala MCS, Mercalli-Cancani-Sieberg [dettagli]
Mw	Magnitudo momento, da CPTI15

Tab. 1 - Elenco dei terremoti più forti risentiti nell'area di Fontanellato tra il 1000 ed il 2019. Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli, B., Gasperini P., Antonucci A., 2021. Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15),

versione 3.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/CPTI/CPTI15.3> - parz. modificato)

Dall'analisi di Fig. 6 e Tab. 1 si evidenzia che i massimi eventi sismici catalogati e osservati a Fontanellato si sono verificati in epoca recente e più precisamente nel 1971 e nel 1983.

2.3 CLASSIFICAZIONE SISMICA

A seguito dell'emanazione dell'OPCM n° 3274/2003 "*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*" e s.m.i., il Comune di Fontanellato è stato classificato sismico in Zona 3. In precedenza, sotto il profilo della normativa sismica, il Comune di Fontanellato risultava non classificato.

Con la DGR n° 1164/2018 "*Aggiornamento della classificazione sismica di prima applicazione dei comuni dell'Emilia-Romagna*", il Comune di Fontanellato è stato confermato sismico in Zona 3 (Fig. 7).

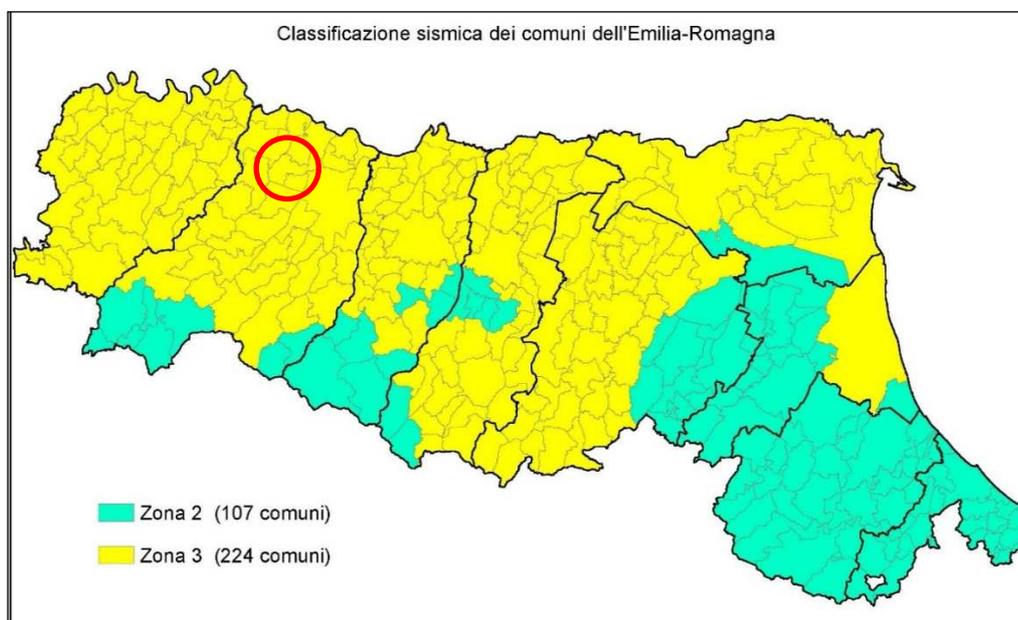


Fig. 7 - Classificazione sismica dell'Emilia-Romagna di cui alla DGR 1164 del 23.07.2018. Regione Emilia-Romagna. Il cerchio di colore rosso individua il Comune di Fontanellato

Sulla base della *Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale* elaborata dall'INGV (aprile 2004), il territorio comunale si colloca in un areale in cui si possono

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Febbraio 2023	0	10 di 39

verificare terremoti caratterizzati da un'accelerazione massima del suolo per lo più compresa tra 0,125÷0,150 g (Figg. 8 e 9).

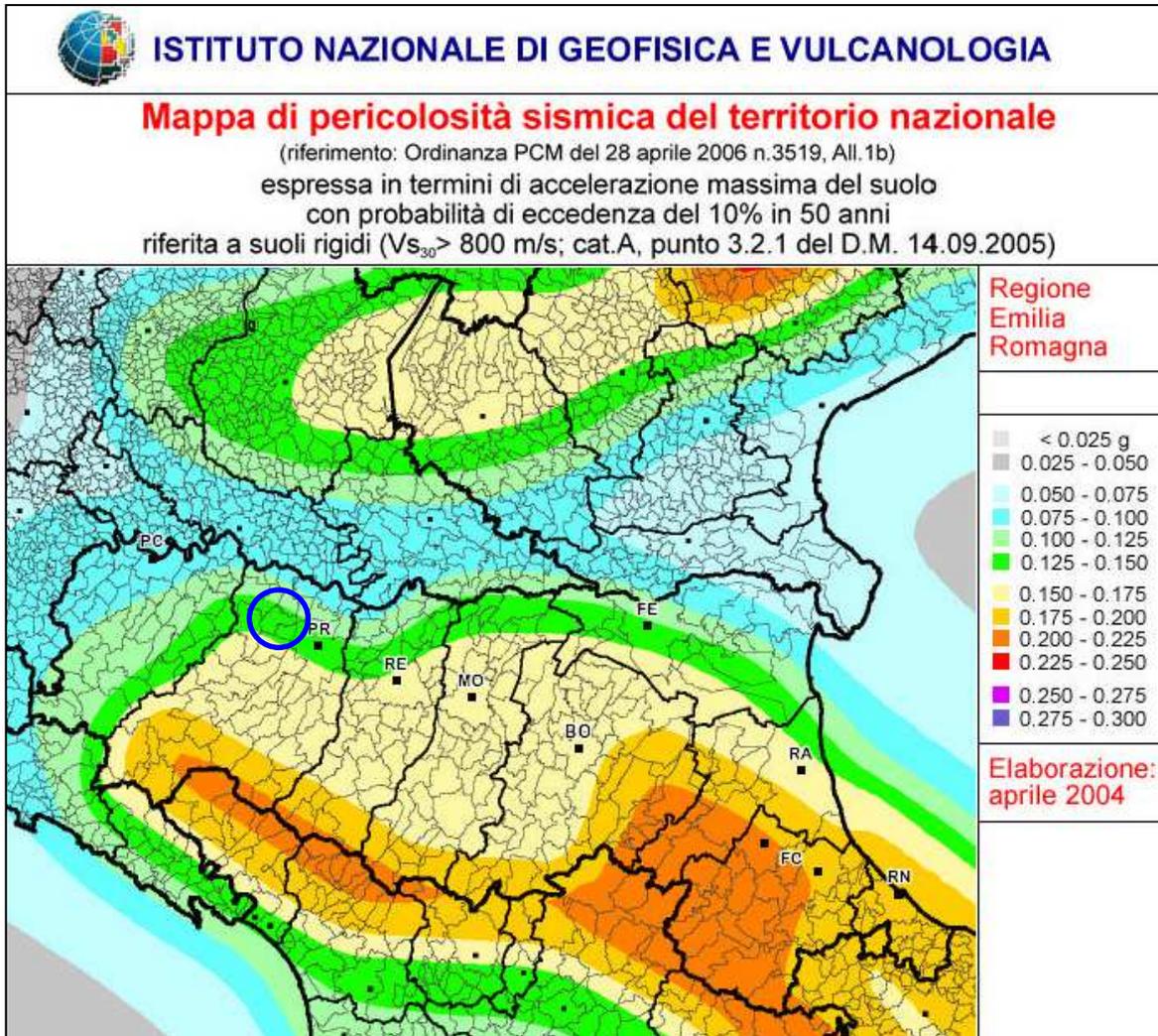


Fig. 8 - Estratto della Mapa di pericolosità sismica del territorio nazionale. Il cerchio di colore blu individua il Comune di Fontanellato

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Febbraio 2023	0	11 di 39

PUG

Studio di Microzonazione Sismica – Relazione illustrativa

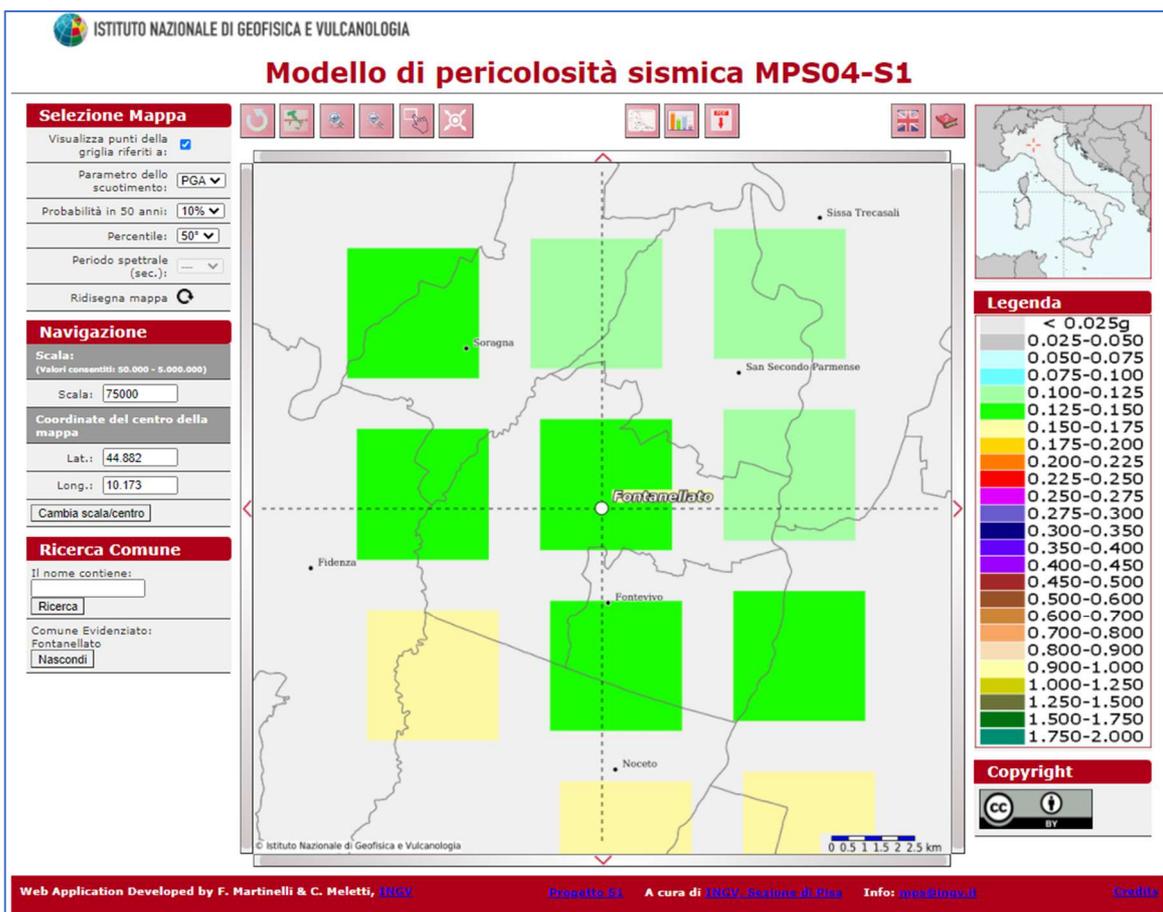


Fig. 9 - Stralcio della Mappa di pericolosità sismica del Comune di Fontanellato espressa in termini di $a(g)$ per un Tempo di ritorno di 475 anni

 <p>Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti</p>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Febbraio 2023	0	12 di 39

3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

La pianura emiliano-romagnola è il risultato del riempimento del Bacino Perisuturale Padano, vasta depressione delimitata a cintura dai rilievi appenninici ed alpini, avvenuto attraverso un potente accumulo di depositi marini ed alluvionali di età pliocenica e quaternaria.

L'attuale strutturazione del bacino trae origine dalle spinte deformative che, a partire dal Miocene superiore, hanno coinvolto l'Appennino Settentrionale e l'antistante substrato padano, provocandone la deformazione secondo un modello generale a falde sovrapposte ed embrici NE vergenti (PIERI & GROPPi, 1982).

In particolare nel settore di pianura sono presenti due archi di accavallamenti (Fig. 10), in gran parte sepolti, sviluppati con orientamento NO-SE. Si tratta di gruppi di strutture anticlinaliche, associate a piani di scollamento ed accavallamento (*thrust*) immergenti generalmente verso SO con inclinazioni comprese tra 20° e 30°, separati da ampie zone sinclinaliche fortemente subsidenti.

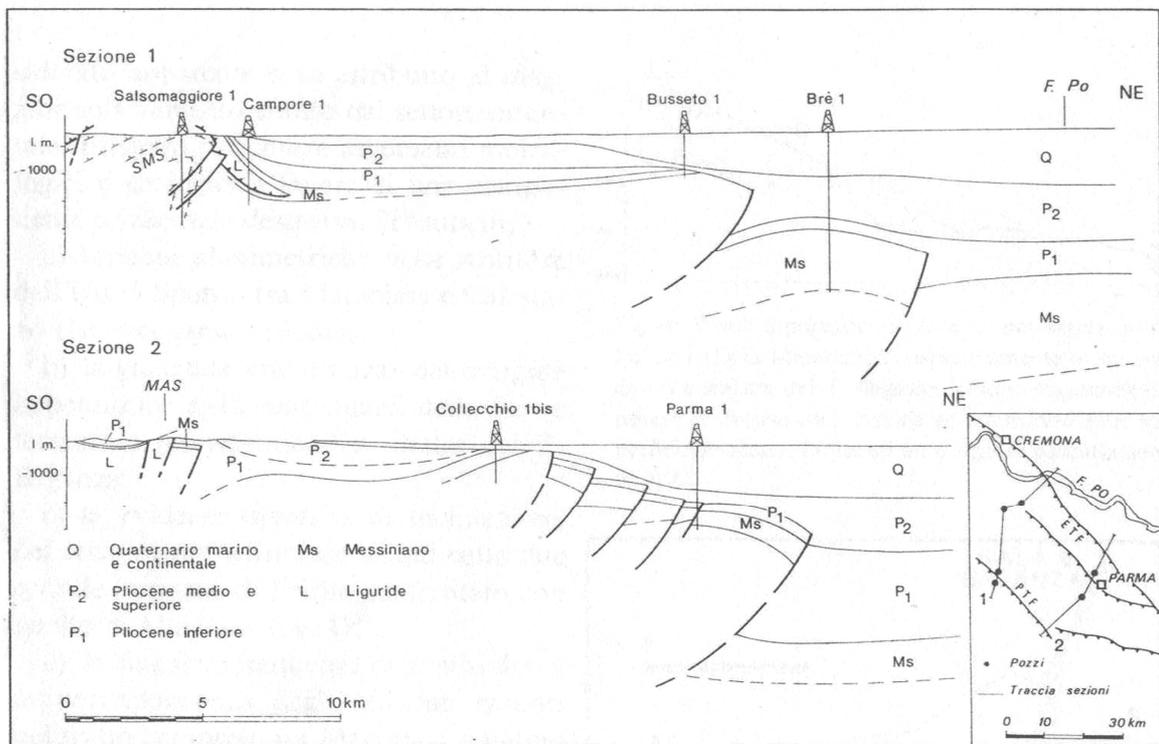


Fig. 10 – Sezioni geologiche (da Pieri e Groppi, 1981). SMS = Struttura di Salsomaggiore; MAS = Struttura di M. Ardone

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Febbraio 2023	0	13 di 39

Il primo arco è impostato in corrispondenza dell'attuale margine morfologico dell'Appennino, il secondo, più a settentrione, si estende dall'Appennino vogherese fino a Reggio Emilia sull'allineamento Cremona – Parma. L'arco di accavallamenti più meridionale è conosciuto nella letteratura geologica (PIERI & GROPPPI, 1982; BERNINI & PAPANI, 1987) con il nome di “Fronte di Sovrascorrimento Pedeappenninico” (*Pedeapenninic Thrust Front*, PTF); il secondo, più settentrionale, è conosciuto con il nome di “Fronte di Sovrascorrimento Esterno” (*External Thrust Front*, ETF) e costituisce l'arco di accavallamenti sepolti attualmente attivi nel Bacino Padano, come dimostrano i recenti terremoti.

Il riempimento del bacino è costituito da una successione di depositi a carattere regressivo, con alla base sabbie e peliti torbiditiche seguite da un prisma sedimentario fluvio-deltizio progradante, ricoperto al tetto da depositi continentali. Tale riempimento non è avvenuto in maniera progressiva e continua, ma è il risultato di eventi tettonico-sedimentari “parossistici”, separati nel tempo da periodi di marcata subsidenza bacinale e movimenti ridotti delle strutture compressive.

L'interpretazione dei profili sismici eseguiti nel corso degli anni dall'AGIP (Di Dio, 1997) ha permesso di riconoscere due direzioni di progradazione: la prima, assiale, est-vergente, connessa al paleodelta del Po; la seconda, trasversale, nord-vergente, originata dai sistemi deltizi ad alimentazione appenninica.

Sulla base dei moderni concetti di stratigrafia sequenziale, ossia del metodo stratigrafico che utilizza le discontinuità e le superfici di continuità ad esse correlabili per suddividere la successione sedimentaria in sequenze deposizionali, nell'ambito dei depositi quaternari del margine appenninico padano e dell'antistante pianura sono state riconosciute due sequenze principali, in risposta ad altrettanti eventi tettonici di sollevamento regionale, così denominate:

- **SUPERSINTEMA DEL QUATERNARIO MARINO** (affiorante nella fascia collinare)
- **SUPERSINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO**

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Febbraio 2023	0	14 di 39

L'organizzazione verticale delle facies di questi sistemi deposizionali è costituita dall'alternanza ciclica di corpi sedimentari a granulometria fine, con corpi sedimentari a granulometria prevalentemente grossolana, indotta dalle disattivazioni e dalle successive riattivazioni dei sistemi deposizionali.

All'interno delle sequenze deposizionali principali (Supersintemi) sono state distinte sequenze di rango inferiore, denominate Sintemi, delimitate da superfici di discontinuità indotte da eventi tettonici minori a carattere locale e/o da oscillazioni climatico-eustatiche; a loro volta i Sintemi vengono suddivisi in unità minori (Subsintemi e Unità).

Il Supersintema Emiliano-Romagnolo, è composto da due unità principali: una unità inferiore, detta "Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore" ed un'unità superiore detta "Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore", separate da una superficie di discontinuità stratigrafica, individuata in affioramento e seguita nel sottosuolo tramite l'interpretazione dei profili sismici.

Il contesto geodinamico locale in cui si sviluppa il Supersintema Emiliano- Romagnolo è quello di un bacino di *piggyback* adiacente all'avanfossa padana, allungato in senso SE – NO e limitato a tergo (SO) e sul fronte (NE) dai due archi di strutture compressive (rispettivamente PTF e ETF) fortemente attive. Fino a quando il sollevamento del margine appenninico determinato dal PTF risulta tale da continuare a produrre una forte subsidenza relativa del bacino di *piggyback* posto ai suoi piedi, in quest'ultimo persistono le condizioni per avere prevalente aggradazione sedimentaria. A questa fase corrisponde la deposizione dei sedimenti di piana e conoide alluvionale distale appartenenti al Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore.

Nel momento in cui diminuisce la subsidenza relativa del bacino di *piggyback*, come conseguenza del forte sollevamento regionale prodotto in corrispondenza dell'ETF, si determinano significativi spostamenti verso Nord del margine appenninico e quindi si assiste, allo sviluppo di depositi di conoide alluvionale, terrazzati. Quest'ultimi, nel loro insieme, costituiscono il Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore.

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Febbraio 2023	0	15 di 39

Il Supersistema Emiliano-Romagnolo giace in discordanza sul Supersistema Quaternario Marino, di età Pliocene superiore (?) - Pleistocene inferiore, il quale risulta costituito da terreni paralici e marini, che si sono depositi al di sopra di una estesa superficie di discontinuità al termine di un evento di sollevamento tettonico di importanza regionale.

A sua volta il Supersistema Quaternario Marino giace al di sopra della formazione delle Argille di Lugagnano (o Argille Azzurre), affioranti nella fascia collinare, deposte in un bacino profondo a sedimentazione torbidityca, compreso tra l'ambiente neritico inferiore e la piana batiale (Iaccarino & Papani, 1982), probabilmente corrispondente al settore interno dell'avanfossa pliocenica del fronte appenninico.

Più in particolare le unità affioranti nel territorio comunale di Fontanellato possono essere distinte con riferimento alla "Carta Geologica della Regione Emilia-Romagna – Progetto CARG" che utilizza una suddivisione geologica delle unità basata su un metodo stratigrafico che utilizza le discontinuità e le superfici di continuità ad esse correlabili, per suddividere la successione sedimentaria in sequenze deposizionali.

DEPOSITI QUATERNARI CONTINENTALI

Depositi alluvionali in evoluzione

I depositi alluvionali in evoluzione e recenti occupano l'alveo attuale dei corsi d'acqua e tratti temporaneamente abbandonati, ma che sono potenzialmente interessati dalle dinamiche fluviali in regime di piena ordinaria e sono quindi depositi soggetti ancora a rimobilizzazione.

Risultano costituiti da ghiaie, talora embriciate, sabbie e subordinati limi argillosi di origine fluviale. Nel territorio del Comune di Fontanellato sono localizzati in corrispondenza dell'alveo del Fiume Taro e delle adiacenti fasce golenali.

SUCCESSIONE NEOGENICA-QUATERNARIA DEL MARGINE APPENNINICO PADANO

Si tratta di depositi appartenenti alla successione post-evaporitica, sedimentatasi successivamente alla crisi di salinità che ha interessato il bacino del Mediterraneo nel corso del Messiniano.

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Febbraio 2023	0	16 di 39

Nell'ambito dei depositi quaternari del margine appenninico padano e dell'antistante pianura, sono state riconosciute due sequenze principali (stratigrafia sequenziale), in risposta ad altrettanti eventi tettonici di sollevamento regionale, così denominate:

- Supersistema del Quaternario Marino (non affiorante sul territorio comunale)
- Supersistema Emiliano-Romagnolo

L'organizzazione verticale delle facies di questi sistemi deposizionali è costituita dall'alternanza ciclica di corpi sedimentari a granulometria fine, con corpi sedimentari a granulometria prevalentemente grossolana, indotta dalle disattivazioni e dalle successive riattivazioni dei sistemi deposizionali.

All'interno delle sequenze deposizionali principali (Supersistemi) sono state distinte sequenze di rango inferiore, denominate Sintemi, delimitate da superfici di discontinuità indotte da eventi tettonici minori a carattere locale e/o da oscillazioni climatico-eustatiche; a loro volta i Sintemi vengono suddivisi in unità minori (Subsintemi e Unità).

Supersistema Emiliano-Romagnolo

Il Supersistema Emiliano-Romagnolo, deposti a partire da circa 650.000 anni b.p. sino all'Olocene, è costituito da una successione sedimentaria di ambiente continentale, articolata in due sintemi:

- Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (**AES**);
- Sintema Emiliano Romagnolo Inferiore (**AEI**).

Il Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (Pleistocene medio – Olocene) è un'unità alluvionale prevalentemente grossolana.

Le unità di rango inferiore del AES affioranti nella zona sono:

- Subsintema di Ravenna (AES8) (Pleistocene sup. – Olocene; post circa 20.000 anni b.p.): ghiaie sabbiose, sabbie e limi con copertura di limi argillosi di spessore variabile. Localmente sono presenti limi e limi sabbiosi prevalenti: depositi di interconoide e del reticolo idrografico minore. Il profilo di alterazione varia da qualche decina di cm fino ad 1 m ed i suoli presentano gli orizzonti superficiali

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Febbraio 2023	0	17 di 39

decarbonatati o parzialmente decarbonatati. Il tetto dell'unità è rappresentato dalla superficie deposizionale, per gran parte relitta, corrispondente al piano topografico, mentre il contatto di base è discordante sulle unità più antiche. Lo spessore massimo dell'unità è inferiore a 20 m.

- *Unità di Modena (AES8a)* (Olocene; post IV-VII sec. d.C.): sabbie prevalenti con livelli e lenti di ghiaie, ricoperte da una coltre limoso argillosa discontinua. Il profilo di alterazione è di esiguo spessore (poche decine di cm). Lo spessore massimo dell'unità è di alcuni metri.

I depositi riferibili al Subsistema di Ravenna affiorano esclusivamente nel settore meridionale del territorio comunale e si spingono verso nord sino circa all'altezza di Casalbarbato.

La restante porzione del territorio comunale è interessata dall'affioramento dei depositi riferibili all'Unità di Modena.

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Febbraio 2023	0	18 di 39

4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

La ricerca effettuata presso l'archivio dell'Ufficio Tecnico Comunale ha consentito di esaminare le relazioni geologiche, prodotte a corredo di varianti agli strumenti urbanistici, di progetti edilizi, di PUA e di opere pubbliche e di acquisire copia delle indagini geognostiche eseguite.

Si è inoltre provveduto a consultare le indagini del DataBase Geognostico della Regione Emilia-Romagna, selezionando quelle utili per lo studio di microzonazione sismica.

Tutte le indagini sono state trasformate in formato digitale con modalità georiferita, al fine di consentirne l'elaborazione in ambiente GIS. A tal proposito sia i dati di base, che i dati elaborati sono stati organizzati in formato vettoriale (*shapefile*).

In Tab. 2 è rappresentato il quadro d'insieme delle prove acquisite ricadenti nel territorio comunale o appositamente realizzate nelle aree interessate dal secondo livello d'approfondimento.

Prove in sito	Archivio UTC	RER	Totale
Sondaggi a carotaggio continuo	8	28	36
Prove penetrometriche dinamiche leggere (DL)	-	4	4
Prove penetrometriche dinamiche medie (DN)	4	-	4
Prove penetrometriche dinamiche super-pesanti (DS)	11	-	11
Prove penetrometriche statiche con punta meccanica (CPT)	117	12	129
Prove penetrometriche statiche con punta elettrica (CPTE)	-	10	10
Prove penetrometriche statiche con piezocono (CPTU)	1	7	8
MASW	23	-	23
Stazione microtremore a stazione singola (HVSR)	44	-	44
Pozzi per acqua	-	44	44
Pozzi per idrocarburi	-	8	8
Profilo sismico a rifrazione	1	-	1
Prova REfractionMicrotremors	1	-	1
Totali			323

Tab. 2 – Prove in sito disponibili per il Comune di Fontanellato

L'ubicazione degli elementi stratigrafici e geofisici acquisiti è riportata nella Carta delle indagini in scala 1:10.000 (Elab. MS.02).

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Febbraio 2023	0	19 di 39

5. INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE

La valutazione della risposta sismica locale, sia con approccio semplificato, sia con modellazioni avanzate, non può prescindere da un'accurata ricostruzione del modello geosismico del sottosuolo tramite l'utilizzo di indagini geofisiche specifiche. Le prove MASW e le misurazioni effettuate tramite stazione singola (HVSR), hanno permesso di ricostruire con una certa precisione i modelli sismo-stratigrafici locali, poiché spesso i segnali si presentano con un'elevata coerenza nel modo fondamentale.

Le misure HVSR si presentano chiare anche se, a volte, la presenza di disturbi antropici ne hanno alterato il naturale andamento; in generale i rapporti spettrali H/V, non sono particolarmente elevati e sono in genere compresi tra 2 e 3.

Per ciascuna prova è stato riportato il grafico del rapporto spettrale H/V naturale, in cui si possono osservare gli eventuali picchi caratteristici, in corrispondenza di determinate frequenze (Fig. 11).

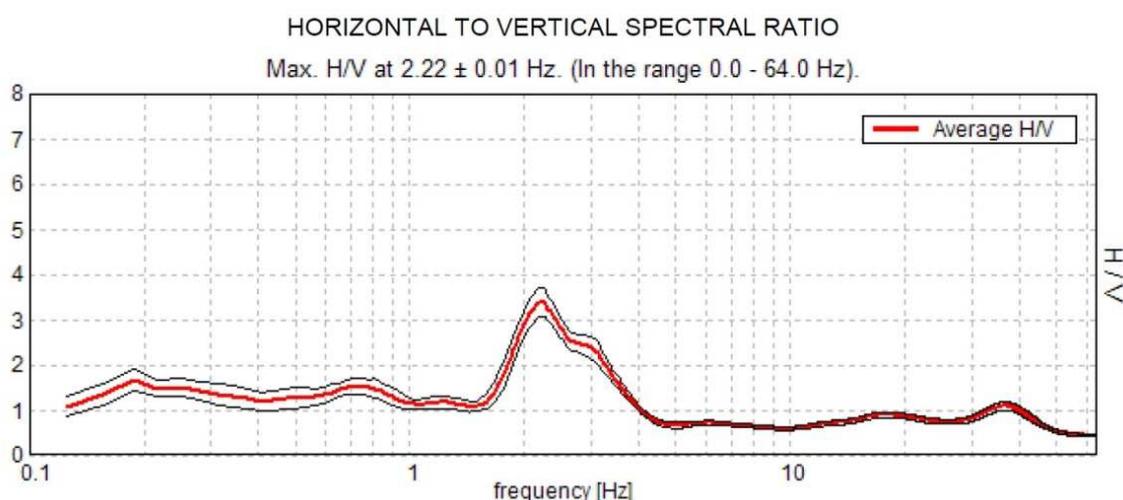


Fig. 11 – Esempio di curva H/V naturale della prova 034015P14HVSR14

Al fine di determinare la qualità delle singole misure HVSR effettuate e la loro relativa affidabilità, si è provveduto alla classificazione delle prove valutando, in accordo con i più recenti studi in materia, le caratteristiche dei fondamentali principi su cui si basa la tecnica di indagine a sismica passiva utilizzata.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Febbraio 2023	0	20 di 39

Nello specifico si è proceduto all'analisi della durata complessiva delle singole registrazioni, utilizzando esclusivamente quelle capaci di produrre stime "robuste" del campo medio delle vibrazioni ambientali, soddisfacendo in tal senso i primi 3 criteri del progetto SESAME (linee guida 2005), relativi alla robustezza statistica del segnale. Inoltre, per ogni singola acquisizione è stato 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® – MOHO), 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

Quanto ai criteri delle linee guida SESAME 2005 relativi alla "chiarezza" del picco di possibile risonanza, in alcuni casi non risultano soddisfatti, in quanto le caratteristiche geologiche del territorio esaminato fanno sì che spesso, nelle curve H/V, non siano presenti picchi ben pronunciati.

 Studio di geologia <i>dott. Stefano Castagnetti</i>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Febbraio 2023	0	21 di 39

6. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI

Nella prima fase di lavoro, come descritto in precedenza, 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 una campagna di rilievi integrativi e di controllo. A conclusione di questa fase sono stati predisposti i seguenti elaborati alla scala 1:10.000:

- **Carta delle indagini** (Elab. MS.02) - 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** (Elab. MS.03) - Questa carta prende in esame i terreni di copertura, gli elementi geologici, morfologici e idrogeologici e gli ambienti genetico-deposizionali dei terreni di copertura.
- **Carta delle frequenze naturali dei terreni** (Elab. MS.04) - In questa carta, estesa all'intero territorio comunale, sono riportate le ubicazioni dei punti ove sono state eseguite le indagini sismiche HVSR, con simbolicamente rappresentato 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 e, qualora presente, è indicata anche la frequenza di un secondo picco (*frequenza secondaria*). Le misure inoltre sono state suddivise in classi sulla base delle frequenze e dell'ampiezza del picco.
- **Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica** (Elab. MS.05) - In questa carta sono state individuate le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, distinte in nove zone, le zone di attenzione per instabilità di versante e i punti di misura di rumore ambientale.

Successivamente è stato predisposto il seguente elaborato:

- **Carta delle velocità delle onde di taglio S** (Elab. MS.06) - In questa carta, estesa all'intero territorio comunale, è stata riportata l'ubicazione delle prove geofisiche

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Febbraio 2023	0	22 di 39

e a fianco di ciascuna prova è stato riportato il rispettivo valore di V_{S30} e/o V_{SH} in m/s.

Infine si è proceduto con la terza ed ultima fase di lavoro, che ha portato alla determinazione dei fattori di amplificazione e sono stati prodotti i seguenti elaborati:

➤ **Carte di microzonazione sismica** (Elabb. MS.07-15) - In queste carte sono raffigurate le amplificazioni stimate, tramite procedure semplificate, per i vari settori di territorio in esame. Più in particolare sono stati predisposti i seguenti elaborati cartografici:

- Carta di microzonazione sismica - FA PGA (Elab. MS.07)
- Carta di microzonazione sismica - FA SA 0,1 - 0,5 s (Elab. MS.08)
- Carta di microzonazione sismica - FA SA 0,4 - 0,8 s (Elab. MS.09)
- Carta di microzonazione sismica - FA SA 0,7 - 1,1 s (Elab. MS.10)
- Carta di microzonazione sismica - FA SA 0,5 - 1,5 s (Elab. MS.11)
- Carta di microzonazione sismica - FA SI 0,1 - 0,5 s (Elab. MS.12)
- Carta di microzonazione sismica - FA SI 0,5 - 1,0 s (Elab. MS.13)
- Carta di microzonazione sismica - FA SI 0,5 - 1,5 s (Elab. MS.14)
- Carta di microzonazione sismica - HSM (Elab. MS.15)

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Febbraio 2023	0	23 di 39

7. ELABORATI CARTOGRAFICI

7.1 Carta delle indagini

Nell'aggiornamento della Carta delle indagini (Elab. MS.02) sono state riportate le ubicazioni delle prove relative a indagini geognostiche e/o geofisiche a corredo di pratiche urbanistiche edilizie depositate presso l'Ufficio Tecnico Comunale.

Esse sono state distinte in base alla tipologia (Fig. 12).

	Sondaggio a carotaggio continuo
	Prova penetrometrica statica con punta meccanica
	Prova penetrometrica statica con piezocono
	Prova penetrometrica statica con punta elettrica
	Prova penetrometrica dinamica superpesante
	Prova penetrometrica dinamica media
	Prova penetrometrica dinamica leggera
	Pozzo per acqua
	Pozzo per idrocarburi
	Stazione microtremore a stazione singola (HVSR)
	MASW
	Prova REfractionMicrotremors
	Profilo sismico a rifrazione

Fig. 12 – Legenda della Carta delle indagini

Nelle carte sono indicate anche alcune indagini esterne ai perimetri delle aree oggetto di microzonazione sismica di Livello 2 dove sono state indirizzate le analisi, ma ugualmente utili a definire le caratteristiche litostratigrafiche e/o geofisiche dei terreni.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Febbraio 2023	0	24 di 39

7.2 Carta geologico-tecnica per microzonazione sismica

Nella Carta geologico-tecnica (Elab. MS.03) sono state riportate le informazioni di base (geologia, geomorfologia, caratteristiche litotecniche, geotecniche e idrogeologiche) derivate da elaborati esistenti e da indagini geognostiche pregresse.

Questi dati hanno consentito di definire il modello di sottosuolo e sono risultate funzionali alla realizzazione delle Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (livello 1), che saranno descritte nel successivo paragrafo **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

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

- elaborati del Quadro Conoscitivo del redigendo Piano Urbanistico Comunale;
- “Carta Geologica d’Italia” alla scala 1: 50.000, Foglio 199 “Parma”, realizzati secondo le specifiche tecniche del Progetto CARG;
- Carta Geologica di Pianura dell’Emilia-Romagna, alla scala 1:250.000, realizzata dalla Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli Regione della Emilia-Romagna;
- indagini puntuali (cfr. Cap. 4).

L’assetto giaciturale e strutturale delle formazioni geologiche è rappresentato dalle sezioni litostratigrafiche profonde elaborate dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna. Più in particolare si tratta delle sezioni n° 39 e n° 87 nei tratti di attraversamento del territorio comunale di Fontanellato (Figg. 13 e 14).

Sebbene le tracce delle sezioni non risultino baricentriche rispetto al territorio comunale, queste ricostruzioni sono comunque ben rappresentative dell’andamento geologico nel sottosuolo.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Febbraio 2023	0	25 di 39

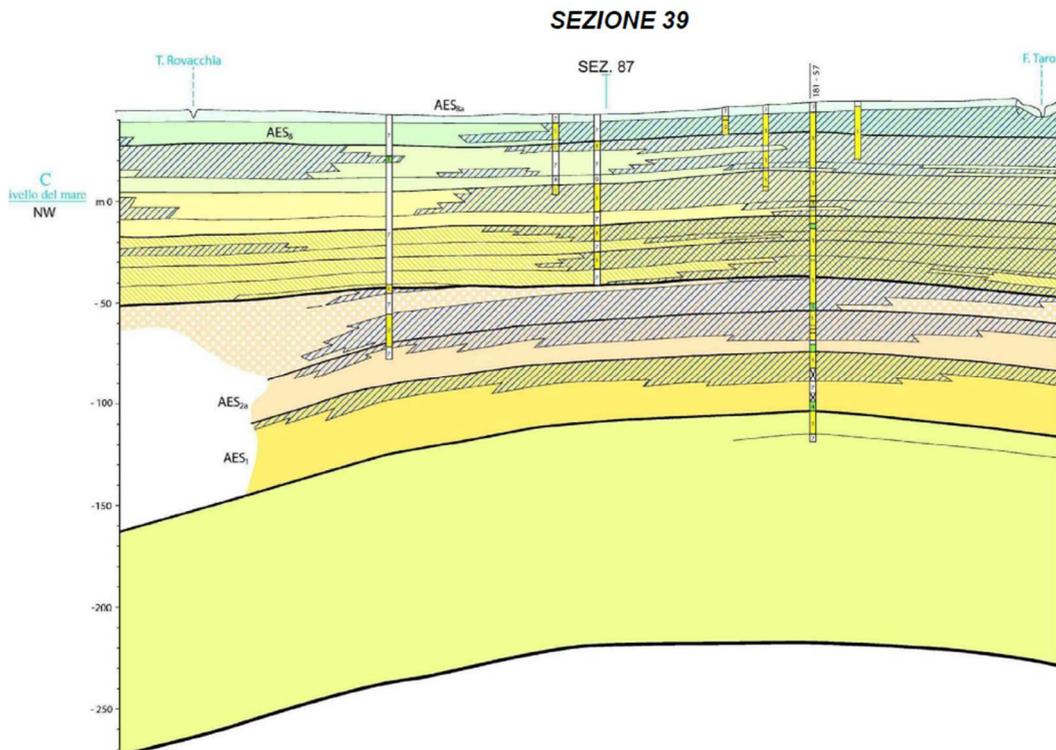


Fig. 13 – Sezione geologica n° 39 Regione Emilia-Romagna

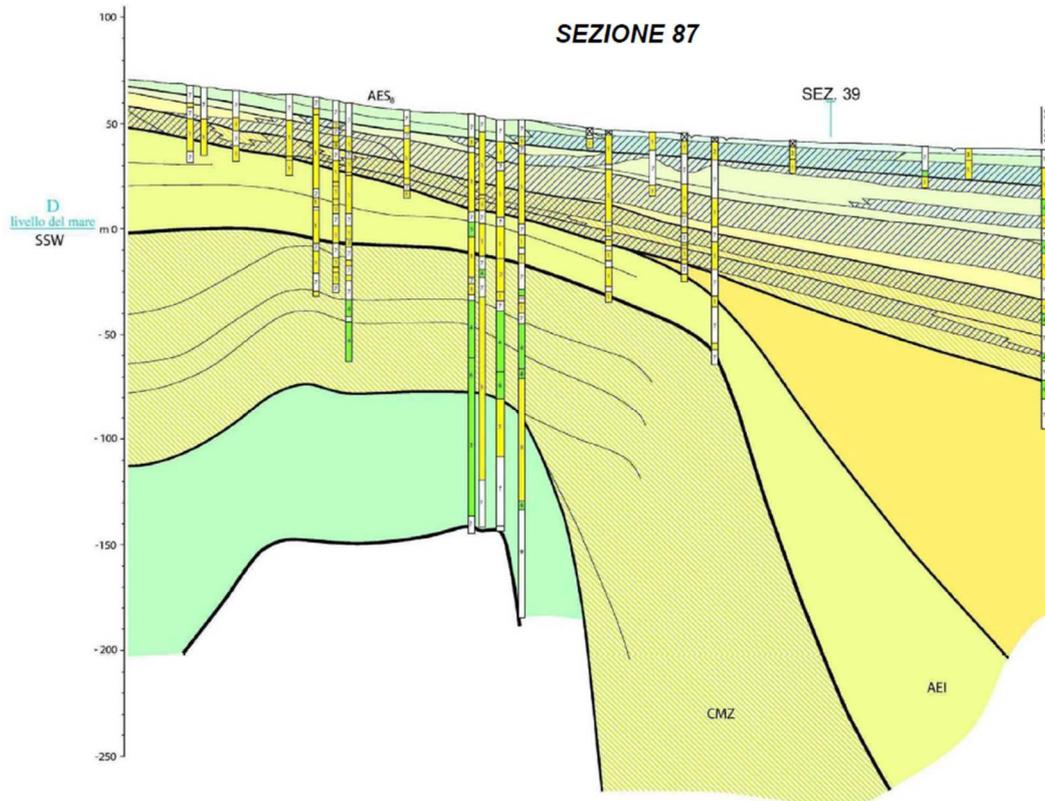


Fig. 14 – Sezione geologica n° 87 Regione Emilia-Romagna

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Febbraio 2023	0	26 di 39

In particolare nella sezione 87 emerge con evidenza la struttura anticlinale presente nel sottosuolo e riconducibile al Fronte di accavallamento esterno di cui al capitolo precedente.

Viceversa nella sezione 39 sono riconoscibili i due principali sistemi appenninici, che si sviluppano nel sottosuolo del territorio comunale: nel settore occidentale prevalgono i sedimenti grossolani della conoide maggiore del F. Taro, mentre in quello orientale si osserva una minore estensione dei lobi ghiaiosi connessi alla conoide minore del T. Parola – T. Rovacchia.

Va evidenziata una zona intermedia tra le ghiaie appartenenti rispettivamente al sistema del F. Taro e a quelle dei sistemi alluvionali minori, caratterizzata da prevalenza di sedimenti fini, che può essere interpretata come zona di traccimazione interposta tra le due conoidi.

La legenda della carta geologico-tecnica è la seguente (Fig. 15):

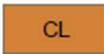
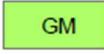
TERRENI DI COPERTURA	
	Argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre
	Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo
ELEMENTI GEOLOGICI E IDROGEOLOGICI	
	Sondaggio o pozzo che ha raggiunto il substrato geologico
	Profondità (m) della falda in aree con sabbie e/o ghiaie
	Traccia di sezione geologica rappresentativa del modello del sottosuolo
AMBIENTI GENETICO-DEPOSIZIONALI DEI TERRENI DI COPERTURA	
ca	Conoide alluvionale
pi	Piana inondabile

Fig. 15 – Legenda della Carta geologico tecnica

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Febbraio 2023	0	27 di 39

In estrema sintesi il sottosuolo del territorio comunale presenta le seguenti caratteristiche:

- il settore orientale del territorio, su cui sorgono gli abitati di Albareto e Ghiara, è caratterizzato dalla presenza di una coltre di depositi fini di spessore inferiore a 6 metri, che ricopre orizzonti ghiaiosi;
- il restante territorio è caratterizzato da depositi fini di spessore maggiore di 10 metri, che ricoprono alternanze di ghiaie e argille, in cui la componente ghiaiosa tende a diminuire spostandosi verso il limite occidentale del territorio comunale.

Nelle Carta geologico tecnica, dovendo attenersi agli standard di rappresentazione dettati dagli SRAI, sono state distinte, sulla base delle caratteristiche tessiturali, le seguenti unità di terreni di copertura:

- **CL** - Argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre;
- **GM** – Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo: sono cartografate nel settore orientale del territorio comunale.

Sono stati altresì distinti gli ambienti genetico - deposizionali dei terreni di copertura secondo le seguenti classi:

- **ca** – conoide alluvionale;
- **pi** – piana inondabile.

Nella Carta geologico tecnica sono stati altresì riportati i pozzi e i sondaggi profondi che hanno raggiunto il substrato geologico e la profondità dello stesso e, limitatamente alle aree caratterizzate da sabbie e ghiaie subaffioranti, la profondità della falda.

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Febbraio 2023	0	28 di 39

7.3 Carta delle frequenze naturali dei terreni

Sulla base di tutti i dati tomografici disponibili, sia contenuti nell'archivio comunale, sia di nuova acquisizione, è stata redatta la Carta delle frequenze naturali dei terreni a scala 1:10.000 (Elab. MS.04). Si tratta di una carta derivata dalle indagini speditive di sismica passiva (HVSr sulle vibrazioni ambientali). In questa carta sono stati riportati tutti i punti di misura, con associato il risultato della prova (valore di F_0 del picco significativo a più bassa frequenza corrispondente alla frequenza di risonanza fondamentale e di eventuali altri picchi significativi a più alta frequenza).

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

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

Inoltre, sono state utilizzate simbologie diverse a seconda che la prova sia caratterizzata, in corrispondenza della frequenza principale, da un contrasto d'impedenza più o meno alto.

In Fig. 16 si riporta uno stralcio della legenda di tale elaborato cartografico.

frequenza picco significativo (Hz)	ampiezza picco			spessore atteso (m)
	$1,5 \leq \text{HVSr} < 2$	$2 \leq \text{HVSr} < 3$	$\text{HVSr} \geq 3$	
$F_0 \leq 0,6$				> 200
$0,6 < F_0 \leq 1$				200 - 100
$1 < F_0 \leq 2$				100 - 30
$2 < F_0 \leq 8$				30 - 10
$F_0 > 8$				< 10
Assenza di picchi significativi				

A lato del simbolo sono riportate la frequenza relative al primo picco significativo (in rosso) e al secondo picco (in blu) se presente

Fig. 16 – Legenda della Carta delle frequenze

7.4 Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica

La Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS) (Elab. MS.05), rappresenta il documento fondamentale del primo livello di approfondimento.

In tale elaborato l'intero territorio comunale viene distinto a seconda dell'appartenenza a una delle seguenti categorie:

- 1) **zone stabili.** Si tratta di zone con affioramento di un substrato rigido e morfologia pianeggiante o poco acclive, nelle quali non si ipotizzano effetti locali di alcuna natura e in cui non sono richiesti ulteriori approfondimenti. Questa categoria non è presente sul territorio del Comune di Fontanellato.
- 2) **zone stabili suscettibili di amplificazioni locali.** Si tratta di aree in cui sono attese amplificazioni del moto sismico, causate dall'assetto litostratigrafico e/o morfologico locale. All'interno di queste aree si è operata un'ulteriore distinzione sulla base delle caratteristiche litostratigrafiche, identificando profili stratigrafici tipo ai quali possono essere ricondotti gli areali esaminati. In queste zone sono richiesti approfondimenti di secondo livello;
- 3) **zone suscettibili di instabilità.** Si tratta di zone nelle quali effetti sismici attesi e predominanti, oltre i fenomeni di amplificazione, sono riconducibili a deformazioni permanenti del territorio, quali instabilità di versante (frane attive e quiescenti), liquefazioni e densificazione. In queste zone sono richiesti approfondimenti di terzo livello. Questa categoria non è presente sul territorio del Comune di Fontanellato.

L'unica categoria presente è quella delle zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, all'interno della quale sono state operate ulteriori distinzioni. Infatti, sulla base delle caratteristiche litostratigrafiche, sono stati identificate 7 microzone omogenee ognuna con un proprio profilo stratigrafico tipo (cfr. Fig. 17):

- Zona 1 - Successione stratigrafica costituita da una ridotta copertura di depositi fini dello spessore variabile di 3-6 m, che ricoprono uno spesso orizzonte ghiaioso

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Febbraio 2023	0	30 di 39

che si spinge oltre la profondità di -35 m da p.c., al cui interno è intercalato un livello argilloso limoso generalmente localizzato tra le profondità di -17 e -22 m da p.c.. Affiora nel settore orientale del territorio comunale in corrispondenza dell'abitato di Albareto e alla periferia orientale di Ghiara.

- Zona 2 - Successione stratigrafica costituita da una ridotta copertura di depositi fini dello spessore variabile di 3-5 m, che ricoprono un orizzonte ghiaioso che si spinge sino a profondità variabili da -8 a -10 m da p.c., cui fa seguito un livello argilloso limoso sino alla profondità di -22-25 m da p.c.. Oltre tale profondità è presente un secondo orizzonte ghiaioso che si spinge oltre la profondità di -35 m da p.c.. Si individua in una ristretta fascia di territorio compresa tra l'abitato di Ghiara ad est ed il Capoluogo ad ovest.
- Zona 3 - Successione stratigrafica costituita da una copertura di depositi fini dello spessore di 17-20 metri, che ricoprono un orizzonte ghiaioso che si spinge sino a profondità variabili da -24 a -32 m da p.c., cui fa seguito un livello argilloso limoso che si spinge oltre la profondità di -35 m da p.c.. Si individua in una porzione di territorio a monte dell'Autostrada del Sole interessando gli abitati di Priorato e di Casalbarbato.
- Zona 4 - Successione stratigrafica costituita da una copertura dello spessore di circa 25 metri di depositi fini con locali e subordinate intercalazioni di argille sabbiose, che ricoprono un orizzonte ghiaioso che si spinge oltre la profondità di -30 m da p.c... Interessa ampie estensioni di territorio coinvolgendo l'areale della via Emilia immediatamente ad est dell'abitato di Parola, l'abitato di Paroletta spingendosi fino alla periferia nord-occidentale di Casalbarato, il settore orientale di Cannetolo e il settore meridionale del Capoluogo.
- Zona 5 - Successione stratigrafica costituita da una copertura dello spessore di circa 30-35 metri di depositi fini con locali e subordinate intercalazioni di argille sabbiose, che ricoprono un orizzonte ghiaioso. È stata individuata nel settore settentrionale del territorio comunale, coinvolgendo la porzione nord del

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Febbraio 2023	0	31 di 39

Capoluogo, il settore occidentale di Cannetolo e l'abitato di Paroletta, per poi ricomparire in corrispondenza dell'abitato di Parola.

- Zona 6 - Successione stratigrafica costituita da una copertura di depositi fini dello spessore medio di 10 metri, sovrastante un orizzonte ghiaioso-argilloso e ghiaioso che si spinge oltre la profondità di -35 m da p.c.. Si individua in corrispondenza dell'abitato di Sanguinaro lungo la via Emilia.
- Zona 7 - Successione stratigrafica costituita da prevalenti depositi fini argilloso-limosi che si spingono oltre la profondità di -50 m da p.c.. Si individua nell'estremo settore occidentale del territorio comunale, in corrispondenza dell'abitato di Toccalmatto.

La Fig. 17 mostra le colonne stratigrafiche sintetiche che caratterizzano le MOPS delle zone stabili suscettibili di amplificazioni locali sopra descritte.

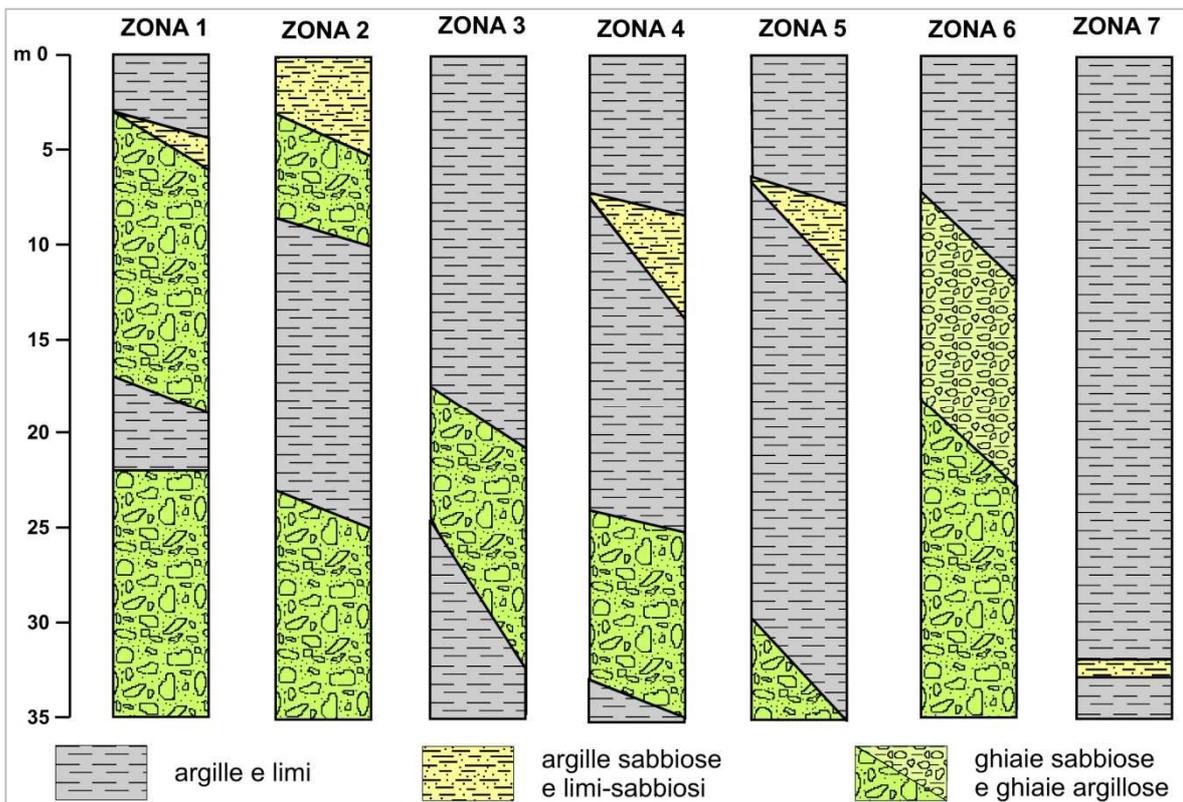


Fig. 17 - Colonne stratigrafiche sintetiche relative alle zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

7.5 Carta delle velocità delle onde di taglio S

In ottemperanza ai riferimenti tecnici citati nelle premesse, per tutte le aree oggetto di studio è stata redatta la Carta delle velocità delle onde di taglio S (V_s) (Elab. MS.06).

In tali elaborati sono ubicati tutti i punti di misura, indicando il corrispondente valore di V_{sH} (in m/s), dove:

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

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

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

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

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

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{V_{s_i}}}$$

h_i = spessore (in metri) dello strato i -esimo (fino alla profondità di 30 m);

V_{s_i} = velocità (in m/s) dello strato i -esimo (fino alla profondità di 30 m).

In Fig. 19 si riporta uno stralcio della legenda di tale elaborato cartografico:

VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO	
210 	MASW o RE.MI. con indicato il valore di V_{sh} o V_{s30} in m/s
205 	Interpretazione misura microtremori a stazione singola con indicato il valore di V_{sh} o V_{s30} in m/s

Fig. 19 – Legenda della Carta delle velocità delle onde di taglio S

7.6 Carte di microzonazione sismica

Le Carte di microzonazione sismica di Livello 2 in scala 1:10.000 fanno parte degli elaborati grafici conclusivi del presente studio.

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 (Elab. MS.07);
- $FA = SA/SA_0$, 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 : $SA1$ per $0,1s \leq T \leq 0,5s$, $SA2$ per $0,4s \leq T \leq 0,8s$, $SA3$ per $0,7s \leq T \leq 1,1s$ e $SA4$ per $0,5s \leq T \leq 1,5s$ (Elabb. MS.08-11);
- $FH = SI/SI_0$, 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 : $SI1$ per $0,1s \leq T \leq 0,5s$, $SI2$ per $0,5s \leq T \leq 1,0s$ e $SI3$ per $0,5s \leq T \leq 1,5s$ (Elabb. MS.12-14).

Per le aree sottoposte ad analisi di secondo livello i valori dei fattori di amplificazione (FA) sono stati ricavati dalle tabelle allegate alla DGR n° 476 del 12.04.2021 della Regione Emilia-Romagna (Tabb. 3, 4 e 5).

La scelta dell'abaco per la stima dei fattori di amplificazione è stata effettuata sulla base delle caratteristiche sismo-stratigrafiche del sottosuolo.

In Fig. 21 sono state rappresentate le Zone oggetto di studio, distinte sulla base delle tabelle utilizzate per l'attribuzione dei fattori di amplificazione.

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Febbraio 2023	0	34 di 39

PUG

Studio di Microzonazione Sismica – Relazione illustrativa

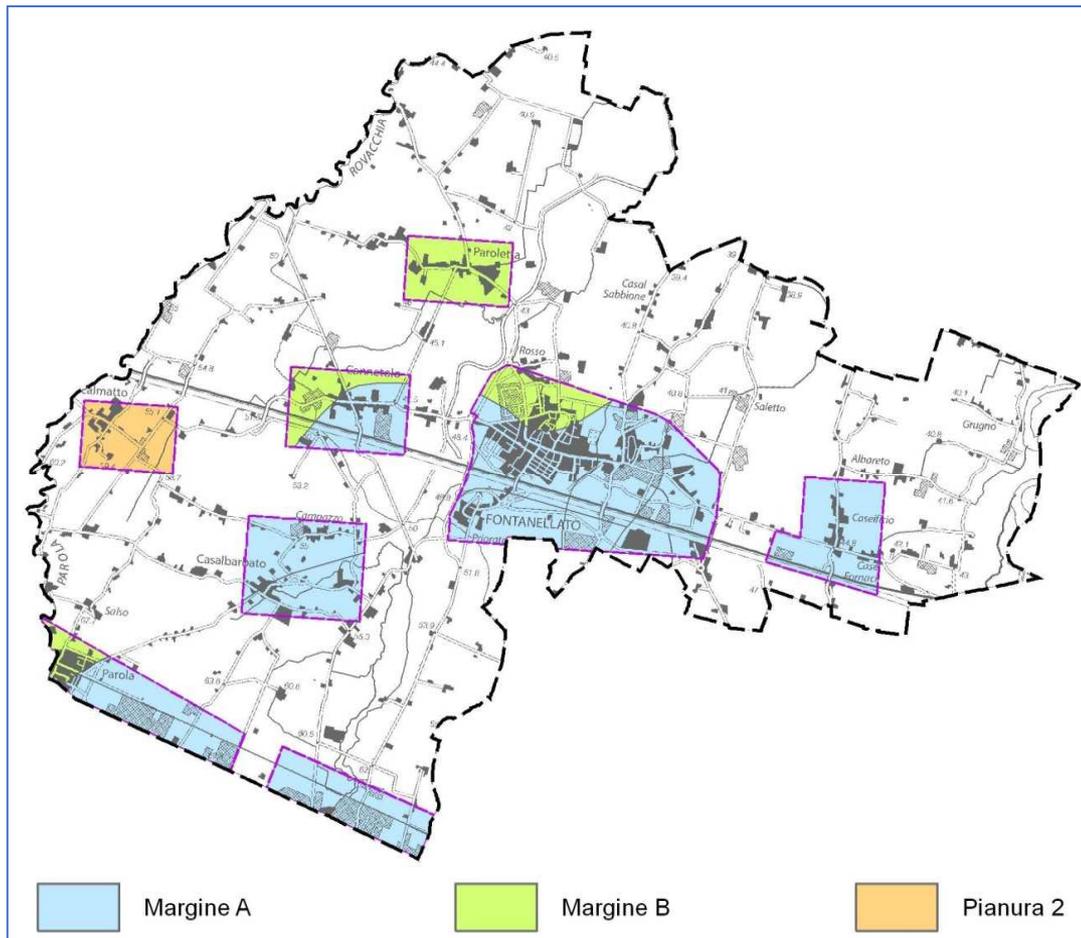


Fig. 21 - Suddivisione delle zone in base alle tabelle allegate alla DGR n. 476/2021 utilizzate per la determinazione dei fattori di amplificazione

V_{s30} (m/s) →	150	200	250	300	350	400
PGA	1,7	1,7	1,7	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	1,6	1,5
SA2	2,6	2,5	2,4	2,2	2,0	1,9
SA3	3,2	3,2	3,0	2,7	2,5	2,2
SA4	3,1	3,0	2,7	2,4	2,2	2,0

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

V_{s30} (m/s) →	150	200	250	300	350	400
SI1	1,9	1,9	1,9	1,8	1,6	1,5
SI2	3,0	2,9	2,7	2,5	2,3	2,1
SI3	3,4	3,2	2,8	2,5	2,2	2,0

Fattori di Amplificazione **SI1** ($0,1s \leq T \leq 0,5s$), **SI2** ($0,5s \leq T \leq 1,0s$), **SI3** ($0,5s \leq T \leq 1,5s$)

Tab. 3 – Tabella Margine tipo A da utilizzare per la stima di F.A., in termini di PGA, SA e SI (da Allegato A2 degli indirizzi regionali)

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Febbraio 2023	0	35 di 39

PUG

Studio di Microzonazione Sismica – Relazione illustrativa

V_{SH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400
5	2,3	2,1	1,8	1,5		
10	2,3	2,2	2,0	1,8		
15	2,1	2,1	2,0	1,8		
20	2,1	2,1	2,0	1,9		
25	2,0	2,0	2,0	1,9		
30	1,9	1,9	1,9	1,9		

Fattore di Amplificazione **PGA**

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

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

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

Fattore di Amplificazione **SI1** ($0,1s \leq T \leq 0,5s$)

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

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

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

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

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

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

Tab. 4 – Tabella Margine tipo B da utilizzare per la stima di F.A., in termini di PGA, SA e SI (da Allegato A2 degli indirizzi regionali)

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

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

V_{S30} (m/s) →	150	200	250	300	350	400
SI1	2,0	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6
SI2	3,1	3,0	2,7	2,4	2,1	2,0
SI3	3,6	3,3	2,9	2,5	2,2	2,0

Fattori di Amplificazione **SI1** ($0,1s \leq T \leq 0,5s$), **SI2** ($0,5s \leq T \leq 1,0s$), **SI3** ($0,5s \leq T \leq 1,5s$)

Tab. 5 – Tabella Pianura 2 da utilizzare per la stima di F.A., in termini di PGA, SA e SI (da Allegato A2 degli indirizzi regionali)

La tabella n. 6 riporta i Fattori di Amplificazione determinati secondo la DGR n. 476/2021.

MOPS	ZONA	TABELLA F.A.	VS	FATTORI AMPLIFICAZIONE							
				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	Margine tipo A	Vs5 = 200	2,1	2,0	1,7	1,6	-	1,9	1,7	-
	2002	Margine tipo A	Vs20 = 250	2,0	2,1	2,6	2,3	-	2,3	2,5	-
	2002	Margine tipo A	Vs25 = 250	2,0	2,1	2,8	2,7	-	2,2	2,8	-
	2003	Margine tipo A	Vs5 = 200	2,1	2,0	1,7	1,6	-	1,9	1,7	-
	2003	Margine tipo A	Vs15 = 200	2,1	2,4	2,9	2,3	-	2,5	2,6	-
	2004	Margine tipo A	Vs20= 200	2,1	2,3	3,1	2,8	-	2,5	3,1	-
	2004	Margine tipo A	Vs25= 200	2,0	2,2	3,2	3,4	-	2,3	3,4	-
	2005	Margine tipo B	Vs30= 200	1,6	1,8	2,6	2,9	2,9	1,9	2,8	3,1
	2005	Margine tipo B	Vs30= 250	1,6	1,8	2,3	2,7	2,6	1,9	2,5	2,7
	2006	Margine tipo A	Vs10 = 200	2,2	2,3	2,2	1,8	-	2,4	2,0	-
2007	Pianura 2	Vs30= 200	1,7	1,8	2,7	3,2	3,1	2,0	3,0	3,3	

Tab. 6 - Fattori di Amplificazione determinati attraverso la DGR 476/2021

Dallo studio è emerso che le amplificazioni maggiori della PGA (accelerazione massima del suolo) si riscontrano nel settore del territorio comunale dove sono presenti livelli di ghiaie sepolte entro i primi 30 metri di profondità, che determinano un netto incremento della velocità delle onde di taglio rispetto alla sovrastante copertura di depositi fini. Tale settore ricomprende gli abitati di Sanguinaro e, parzialmente, quello di Parola e si spinge sino all'altezza dell'allineamento Cannetolo-Capoluogo per poi interessare l'estremità orientale del territorio comunale.

Viceversa amplificazioni minori della PGA interessano il settore settentrionale e l'estremità occidentale del territorio comunale, dove prevalgono depositi fini riconducibili ad una sedimentazione di conoide alluvionale distale del F. Taro o di conoide minore del T. Rovacchia.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Febbraio 2023	0	37 di 39

Le variazioni di amplificazione in termini di spettro in accelerazione e spettro in velocità per bassi periodi (0,1-0,5 s), evidenziano un andamento simile a quella della PGA, anche se con valori differenti dei fattori di amplificazione.

L'amplificazione degli spettri in accelerazione e velocità per periodi superiori a 0,5 s, è caratterizzata da un andamento differente rispetto a quella per bassi periodi, con valori più ridotti nel settore orientale (Sanguinaro e Albareto) e valori maggiori nella restante parte del territorio comunale.

Infine è stata prodotta la carta Hsm (Elab. MS.15), che rappresenta lo scuotimento atteso al sito in valore assoluto (accelerazione in cm/s^2) per l'intervallo di periodo $0,1 \leq T \leq 0,5\text{s}$.

Tale scuotimento è 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.

I valori di accelerazione sono compresi tra 500 e 800 cm/s^2 .

 Studio di geologia <i>dott. Stefano Castagnetti</i>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Febbraio 2023	0	38 di 39

8. ELENCO ELABORATI

- MS.01 – Relazione illustrativa
- MS.02 – Carta delle indagini (scala 1:10.000)
- MS.03 – Carta geologico-tecnica (scala 1:10.000)
- MS.04 – Carta delle frequenze naturali dei terreni (scala 1:10.000)
- MS.05 – Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (scala 1:10.000)
- MS.06 – Carta delle velocità delle onde di taglio S (V_s) (scala 1:10.000)
- MS.07 – Carta di microzonazione sismica - FA_{PGA} (scala 1:10.000)
- MS.08 – Carta di microzonazione sismica - $FA_{SA\ 0,1 - 0,5\ s}$ (scala 1:10.000)
- MS.09 – Carta di microzonazione sismica - $FA_{SA\ 0,4 - 0,8\ s}$ (scala 1:10.000)
- MS.10 – Carta di microzonazione sismica - $FA_{SA\ 0,7 - 1,1\ s}$ (scala 1:10.000)
- MS.11 – Carta di microzonazione sismica - $FA_{SA\ 0,5 - 1,5\ s}$ (scala 1:10.000)
- MS.12 – Carta di microzonazione sismica - $FA_{SI\ 0,1 - 0,5\ s}$ (scala 1:10.000)
- MS.13 – Carta di microzonazione sismica - $FA_{SI\ 0,5 - 1,0\ s}$ (scala 1:10.000)
- MS.14 – Carta di microzonazione sismica - $FA_{SI\ 0,5 - 1,5\ s}$ (scala 1:10.000)
- MS.15 – Carta di microzonazione sismica - H_{SM} (scala 1:10.000)

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Febbraio 2023	0	39 di 39