

## PIANO STRUTTURALE COMUNALE



*Tutele paesaggistico ambientali*  
*Microzonazione sismica*  
*Relazione*

**QS 006**



amministrazione comunale

Sindaco

**Giovanni Compiani**

Assessore all'urbanistica

**dott.ssa Carla Danani**

Responsabile del procedimento

**arch. Elena Trento**

consulente tecnico-scientifico

Politecnico di Milano  
Dipartimento di Architettura e Pianificazione

Laboratorio di Progettazione Ecologica (LPE)  
del territorio per lo sviluppo locale autosostenibile  
**prof. Giorgio Ferraresi**



approfondimento tematico

**geol. Giorgio Neri**  
**geol. Marco Rogna**



procedura amministrativa

dpp

**DELIBERAZIONE DI GIUNTA COMUNALE n.**

DEL

psc

**ADOZIONE DELIBERAZIONE DI CONSIGLIO COMUNALE n.**

DEL

**APPROVAZIONE: DELIBERAZIONE DI CONSIGLIO COMUNALE n.**

DEL

## INDICE

<b>1. INTRODUZIONE.....</b>	<b>1</b>
<b>2. INQUADRAMENTO TETTONICO.....</b>	<b>3</b>
<b>3. SISMICITÀ DEL TERRITORIO .....</b>	<b>5</b>
3.1.    CATALOGO NT4.1 (1997).....	5
3.2.    CATALOGO PARAMETRICO ("UNIFICATO") DEI TERREMOTI ITALIANI (CPTI).....	6
3.3.    BOLLETTINO DELLA SISMICITÀ STRUMENTALE DEL CENTRO NAZIONALE TERREMOTI - INGV ....	8
3.4.    ANALISI DELLA SISMICITÀ NEL TERRITORIO COMUNALE DI FIORENZUOLA .....	8
<b>4. CARATTERISTICHE SISMOTETTONICHE.....</b>	<b>9</b>
4.1.    PERICOLOSITÀ SISMICA.....	10
4.2.    LA CLASSIFICAZIONE SISMICA .....	11
4.2.1.    Definizione della pericolosità sismica locale.....	12
4.2.2.    Aree potenzialmente soggette ad effetti locali.....	14
<b>5. INDAGINI GEOGNOSTICHE .....</b>	<b>18</b>
<b>6. MODELLO GEOFISICO E GEOTECNICO.....</b>	<b>18</b>
6.1.    STRATIGRAFIA DEL TERRENO DI FONDAZIONE .....	18
6.2.    CALCOLO DELLA VELOCITÀ DELLE ONDE DI TAGLIO.....	20
6.3.    CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRENO DI FONDAZIONE .....	21
<b>7. CARATTERIZZAZIONE SEMI-QUANTITATIVA DEGLI EFFETTI D'AMPLIFICAZIONE.....</b>	<b>24</b>
7.1.    PROCEDURA PER LA CARATTERIZZAZIONE SEMI-QUANTITATIVA.....	25
7.2.    SCELTA DEI PARAMETRI .....	26

## FIGURE

1. Struttura tettonica semplificata dell'Appennino settentrionale e dell'avanfossa padano - adriatica (AGIP 1983; modificato).
2. Epicentri dei terremoti che hanno interessato l'area in esame, in funzione dell'intensità macrosismica ( $I_{MCS} > 4$ ) e della magnitudo.
3. Epicentri degli eventi registrati nell'area in esame dalla Rete Sismica INGV-CNT con magnitudo inferiore a 4.9..
4. Zonizzazione sismogenetica
5. PGA (g) con una probabilità di superamento del 10% in 50 anni (periodo di ritorno di 475 anni).
6. Distribuzione granulometrica critica di terreni soggetti a liquefazione sia nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  sia nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$

**TAVOLE**

MICROZONAZIONE SISMICA – scala 1:10.000

## 1. INTRODUZIONE

Lo studio sismico del territorio di Fiorenzuola ha come obiettivo la valutazione della risposta sismica locale e la microzonazione sismica.

Con atto n. 1677/2005 del 24.10.2005 la Giunta regionale ha emanato le prime indicazioni applicative in merito al decreto ministeriale 14 settembre 2005 recante "Norme tecniche per le costruzioni", secondo le quali, in via di prima applicazione, si richiama l'esigenza che le scelte del PSC siano fondate su una adeguata analisi delle caratteristiche sismiche del territorio, attraverso la consolidata prassi seguita per l'elaborazione degli strumenti urbanistici nella Regione Emilia-Romagna a partire dalla L.R. 47/1978.

Inoltre, si sottolinea che nei Comuni sismici l'analisi delle caratteristiche sismiche del territorio non può essere limitata alle sole condizioni geomorfologiche, ma va estesa alle condizioni di pericolosità locale degli aspetti fisici del territorio.

Infatti, "oltre agli elementi geomorfologici, gli aspetti fisici del territorio che influiscono sulla pericolosità locale comprendono le caratteristiche geologiche, geotecniche e idrogeologiche che possono determinare effetti di amplificazione del moto sismico, addensamento e liquefazione."

Il presente studio, in riferimento all'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", ha effettuato un'indagine di primo e secondo livello del territorio Comunale di Fiorenzuola.

Tale indagine è stata effettuata in conformità agli *"Indirizzi per gli studi di micro zonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica"* di cui alla deliberazione n. 112 del 2/5/2007 dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna" (D.A.L. 112/2007).

Il primo livello è diretto 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.).

L'individuazione delle aree soggette ad effetti locali si basa su rilievi, osservazioni e valutazioni di tipo geologico e geomorfologico, svolte a scala territoriale, associati a raccolte di informazioni sugli effetti indotti dai terremoti passati. Tale analisi è stata svolta sulla base dei dati disponibili che derivano dalla banca dati geognostici della Regione Emilia Romagna.

Il secondo livello è diretto a definire la pericolosità sismica locale, oltre che sull'acquisizione di dati geologici e geomorfologici più dettagliati di quelli rilevati nel primo livello, su prove geofisiche in sito e su prove geotecniche di tipo standard. Il numero delle verticali indagate deve essere tale da

consentire un'adeguata caratterizzazione geotecnica spaziale dei terreni e delle formazioni presenti nell'area di studio.

Si tratta di un'analisi semplificata richiesta per gli ambiti suscettibili di urbanizzazione e per gli interventi sul territorio urbanizzato, nelle aree pianeggianti e sub-pianeggianti, con stratificazione orizzontale e sub-orizzontale.

Tale analisi ha lo scopo di valutare l'effettivo grado di pericolosità sismica locale per l'elaborazione della carta di microzonazione. Questa fornisce indicazioni essenziali per l'elaborazione e approvazione del PSC e delle sue varianti indicando:

- quali ambiti di riqualificazione e nuovo insediamento possano essere attuati senza la necessità di eseguire nuove indagini;
- quali ambiti di riqualificazione e nuovo insediamento siano subordinati allo svolgimento di ulteriori indagini sismiche (terzo livello di approfondimento).

## 2. INQUADRAMENTO TETTONICO

Il margine padano meridionale è di tipo “complesso” (secondo Ricci Lucchi, 1986), perché interessato da sovrascorrimenti, faglie, duplicazioni, pieghe e bacini che si estendono da est ad ovest (Fig. 1).

In particolare nel sottosuolo antistante il margine morfologico dell'Appennino settentrionale sono presenti, a livello delle formazioni mesozoiche e mio-plioceniche (sepolte quindi da una più o meno spessa coltre alluvionale quaternaria), due serie principali di thrusts a sviluppo sequenziale frontale.

Essi costituiscono due sistemi di grandi pieghe asimmetriche con andamento anticlinalico, formati attraverso molteplici faglie inverse e sovrascorrimenti, immergenti verso sud/sud-ovest con inclinazioni comprese tra i 15° e i 30°, che racchiudono un bacino satellite ad esse parallelo.

In letteratura geologica queste zone di scollamento tettonico sono note come “External Thrust Front” (ETF), sull'allineamento di Foce Ticino - Cremona – Parma, e “Pedeapenninic Thrust Front” (PTF), lungo il margine morfologico dell'Appennino Settentrionale.

Da nord a sud la pianura piacentina e l'antistante pianura di Cremona e Lodi è quindi caratterizzato dalle seguenti strutture sismicamente attive:

1. External Thrust Front (ETF): alto strutturale (involgimento delle rampe frontali dei *thrust* sepolti) che esprime la zona di confine tra la Monoclinale pedealpina<sup>1</sup>, che si apre in direzione nord a partire dal fronte settentrionale dell'alto strutturale medesimo, e la regione “Apennines” (zolla Corso - Sarda) a sud;
2. bacino minore o satellite: depressione racchiusa a nord dall'alto strutturale dell'ETF e a sud dalle strutture embricate del PTF; si estende in zona antistante al margine morfologico dell'Appennino emiliano romagnolo con allungamento in direzione ovest/nord-ovest ed est/sud-est, presentandosi con geometrie non costanti che esprimono settori strutturalmente svicolati tra loro in relazione all'andamento planimetrico delle strutture sepolte associate all'External Thrust Front” (ETF) e al Pedeapenninic Thrust Front (PTF);
3. Pedeapenninic Thrust Front (PTF); esprime la zona di confine tra il margine morfologico appenninico e il suddetto bacino satellite.

Il territorio comunale di Fiorenzuola si colloca in corrispondenza del bacino minore o satellite.

---

<sup>1</sup> L'avanfossa (Dennis 1967) antistante al sistema progradante della falde tettoniche di ricoprimento appenniniche.

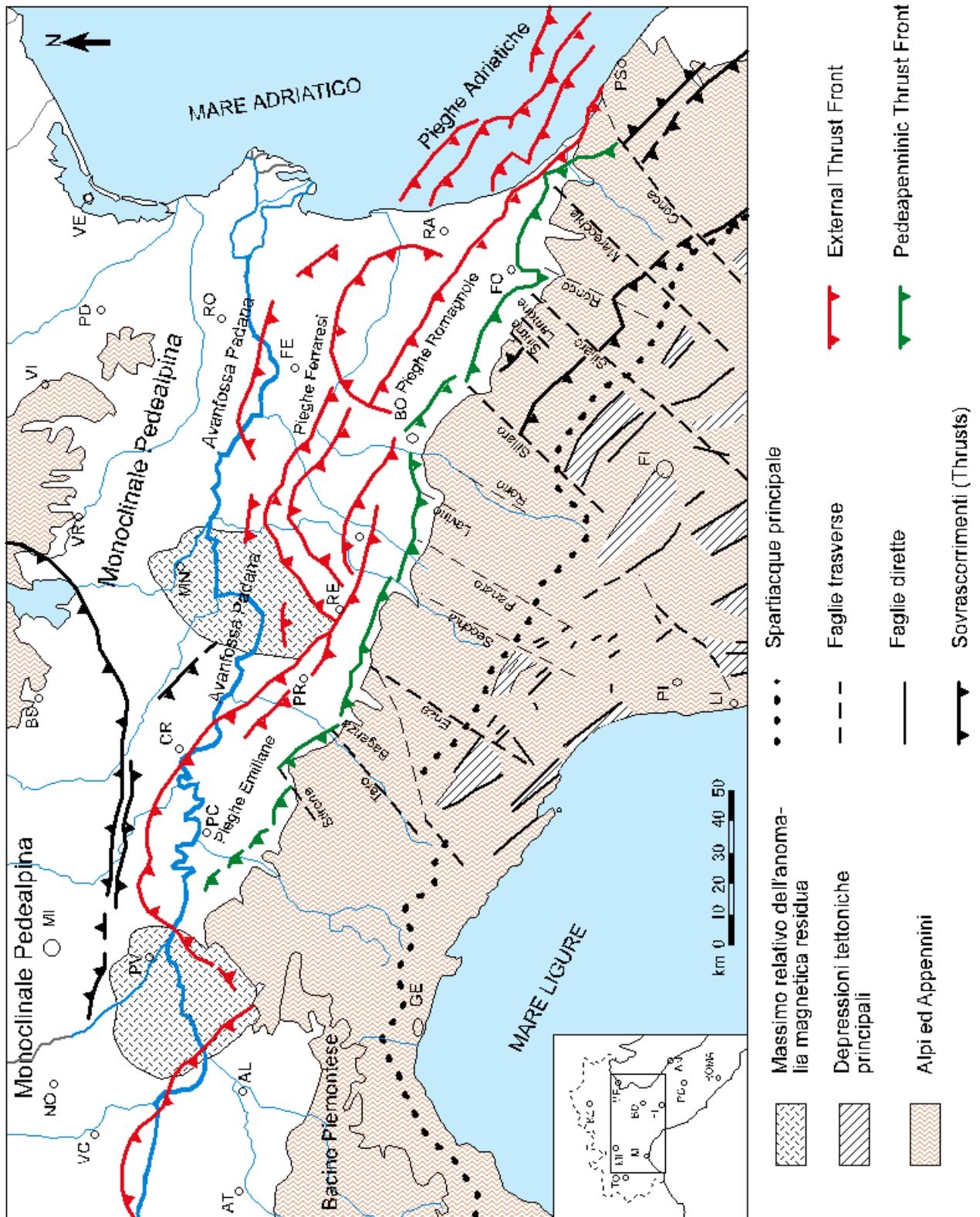


Figura 1: Struttura tettonica semplificata dell'Appennino settentrionale e dell'avanfossa padano - adriatica (AGIP 1983; modificato).

### 3. SISMICITÀ DEL TERRITORIO

L'analisi della sismicità che ha interessato in passato il territorio comunale di Fiorenzuola è stata affrontata analizzando i cataloghi riportati nei successivi capitoli

#### 3.1. Catalogo NT4.1 (1997)

Il Catalogo NT4.1 è stato realizzato nell'ambito del GNDT, in cui sono stati considerati solamente gli eventi principali con soglia di magnitudo  $M \geq 4.0$ , avvenuti dal 1000 al 1980: l'osservazione ha permesso di estrarre e riportare nella Figura 2 gli epicentri dei terremoti che hanno interessato l'area in esame, in funzione dell'intensità macrosismica ( $I_{MCS} > 4$ ) e della magnitudo.

Nell'area del comune di Fiorenzuola e nelle aree circostanti, entro un raggio di qualche centinaio di km sono documentati circa una decina di terremoti, con intensità epicentrale MCS compresa tra IV e VI e 5 terremoti con intensità epicentrale MCS compresa tra VI e VIII; in termini di magnitudo tali eventi sono compresi tra 5 e 6.

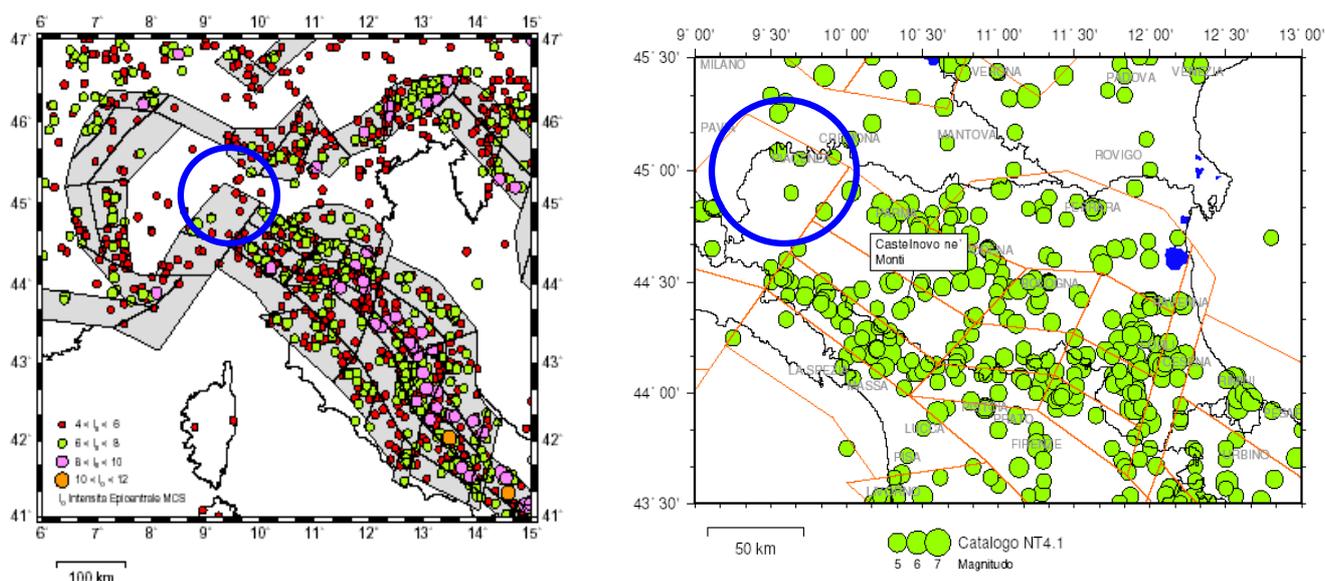


Figura 2 – Epicentri dei terremoti che hanno interessato l'area in esame, in funzione dell'intensità macrosismica ( $I_{MCS} > 4$ ) e della magnitudo.

### 3.2. **Catalogo Parametrico ("unificato") dei Terremoti Italiani (CPTI)**

Il *Catalogo Parametrico ("unificato") dei Terremoti Italiani (CPTI)*, primo prodotto comune di riferimento per le stime di hazard, è nato nel 1999 come risultato degli studi operati nel settore della sismologia storica e della macrosismica degli ultimi venti anni.

Il catalogo contiene 2480 eventi di cui sono riportate le seguenti informazioni:

Tr	tipo di record
Ye	anno
Mo	mese
Da	giorno
Ho	ora
Mi	minuto
Se	secondo
AE	denominazione dell'area dei massimi effetti
Rt	codice bibliografico dello studio di riferimento
Np	numero dei punti di intensità
Imx	intensità massima (scala MCS)
Io	intensità epicentrale (scala MCS)
Lat	latitudine in gradi e decimali
Lon	longitudine in gradi e decimali
Me	Magnitudo equivalente
dE	errore associato alla stima di Me
Mm	magnitudo macrosismica
dM	errore associato alla stima di Mm
tM	codice di determinazione di Mm
Ms	magnitudo strumentale
dS	errore associato alla stima di Ms
tS	codice di determinazione di Ms
Ma	magnitudo media pesata

dA errore associato alla stima di Ma

A tale catalogo è associato un database di riferimento per poter compiere le necessarie correlazioni tra ciascun evento e il sito in esame.

Da tutti gli eventi con dati di base è possibile selezionare le notizie in modo da definire "*storie sismiche*" dei singoli siti, identificanti cioè la successione temporale delle intensità risentite (in una definita località) rispetto alle intensità epicentrali dei vari eventi nel corso dei secoli.

Analizzando i dati di sito è necessario comunque tener conto che la ricostruzione dell'impatto di ogni singolo terremoto dipende sia dal livello di approfondimento delle ricerche, in relazione al contesto antropico in cui si è verificato un evento (densità e rilevanza degli insediamenti abitati), sia da fattori più propriamente fisici (condizioni di sito da cui dipendono i possibili effetti locali e di sito).

Per l'area in esame sono stati estratti 8 eventi principali (Tabella 1) con intensità macrosismica al sito maggiore di 5: per gli eventi del 11/4/1837 (Alpi Apuane) e del 23/1/1910 (Ponte dell'Olio), non essendo disponibili dati ed informazioni di risentimento al sito nel database del catalogo, il valore di intensità macrosismica al sito è stato valutato esclusivamente tramite specifiche leggi di attenuazione.

Per l'evento del 7/4/1786 (Piacenza) è possibile notare una sostanziale differenza tra il valore di intensità macrosismica desunto dal database del catalogo CPTI e quello ricavato con legge di attenuazione, testimonianza di particolari condizioni di sito che potrebbero influenzare l'effettivo impatto del sisma sul territorio.

Tabella 1 – Caratteristiche dei principali eventi sismici verificatisi nell'area in esame.

Anno	Mese	Giorno	Latitudine	Longitudine	Intensità Epicentrale	Distanza epicentrale	Località con massimi effetti
1303	3	22	45,05	9,69	5,5	4	Piacenza
1738	11	5	44,91	10,03	7		Parma
1786	4	7	45,30	9,59	6,5	27	Piacenza
1837	4	11	44,17	10,18	9,5	106	Alpi Apuane
1887	2	23	43,92	8,07	9		Liguria occidentale
1901	10	30	45,58	10,50	8		Salò
1910	1	23	44,90	9,63	5,5	18	Ponte dell'Olio
1951	5	15	45,25	9,55	6,5		Lodigiano

### 3.3. Bollettino della sismicità strumentale del Centro Nazionale Terremoti - INGV

Il *Bollettino della sismicità strumentale del Centro Nazionale Terremoti - INGV*, registrati nel periodo 1984-2001, riporta gli epicentri degli eventi registrati dalla Rete Sismica INGV-CNT con magnitudo inferiore a 4.9: per l'area in esame si nota una bassa sismicità, piuttosto dispersa, con alcune concentrazioni di eventi superficiali (profondità ipocentrali comprese tra 5 e 10 km) e con alcuni eventi più profondi isolati (profondità ipocentrali superiori a 30 km) (Figura 3).

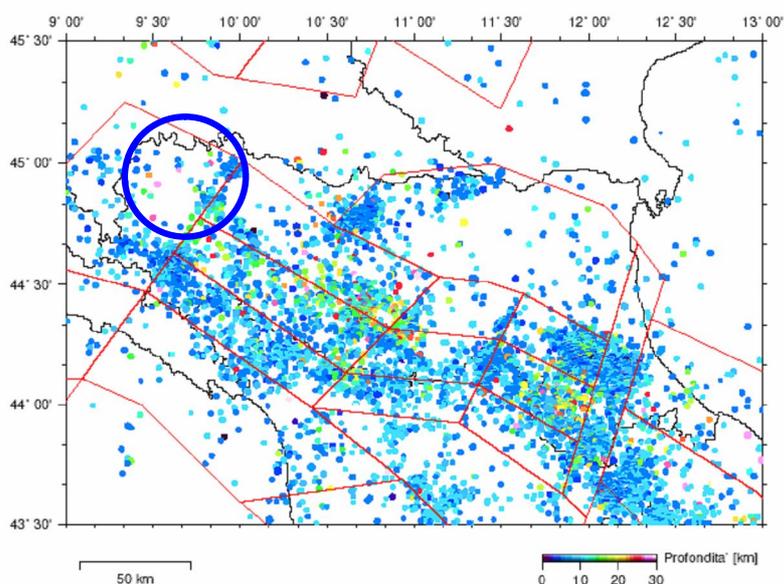


Figura 3 – Epicentri degli eventi registrati nell'area in esame dalla Rete Sismica INGV-CNT con magnitudo inferiore a 4.9.

### 3.4. Analisi della sismicità nel territorio comunale di Fiorenzuola

L'osservazione della sismicità storica dai cataloghi sopra riportati denota per l'area:

- una storia sismica di estensione temporale ampia con il primo evento riportato risalente al 1303;
- un ampio intervallo tra il primo e il secondo evento riportato, che denota una probabile scarsa completezza del catalogo unita ad una relativamente bassa sismicità dell'area;

- una concentrazione degli eventi più dannosi (il massimo grado osservato corrisponde al settimo) posteriori al 1700.

Nel complesso le informazioni disponibili delineano un quadro in cui la pericolosità sismica appare determinata dall'alta frequenza di eventi moderati (intensità macrosismica compresa tra 5 e 6) e dalla bassa frequenza di eventi più intensi (intensità macrosismica superiore a 6 - 7).

#### 4. CARATTERISTICHE SISMOTETTONICHE

L'Istituto di Geofisica e Vulcanologia ha prodotto una zonizzazione sismogenetica (ZS) del territorio nazionale che tiene conto dell'analisi cinematica degli elementi geologici, cenozoici e quaternari coinvolti nella dinamica delle strutture litosferiche profonde e della crosta superficiale.

Il rapporto conclusivo, previsto in ottemperanza all'Ordinanza PCM 20 marzo 2003, n. 3274, è a cura di Stucchi et al. (2004).

La zonizzazione è stata condotta tramite l'analisi cinematica degli elementi geologici, cenozoici e quaternari coinvolti nella dinamica delle strutture litosferiche profonde e della crosta superficiale. Il confronto, tra le informazioni che hanno condotto alla costruzione del modello geodinamico e la sismicità osservata, ha permesso di costruire la carta nazionale delle zone sismogenetiche.

Per il reperimento dei dati relativi alla sismicità osservata è stato considerato il catalogo storico contenente 2.488 eventi degli ultimi 1.000 anni con intensità epicentrali maggiore o uguale al V – VI grado MCS la cui magnitudo è maggiore o uguale a 4.

Il territorio nazionale è stato quindi suddiviso in 36 Zone Sismogenetiche e il territorio comunale di Fiorenzuola, ricade nel settore settentrionale della Zona Sismogenetica 911 (Tortona - Bobbio):

- Zona Sismogenetica 911: rappresenta la porzione più esterna ed occidentale della fascia in compressione dell'Appennino Settentrionale, caratterizzata dallo sprofondamento passivo della litosfera adriatica (placca tettonica "Adria") sotto il sistema di catena nell'Arco Appenninico Settentrionale (placca tettonica "Northern Apenninic Arc") con cinematismi attesi di sovrascorrimenti e faglie trascorrenti aventi assi SW-NE; i terremoti storici hanno raggiunto il valore massimo pari a  $M_d = 4,1$ ; le zone ipocentrali si verificano generalmente a profondità comprese tra 8 e 12 Km con profondità efficace di 8 km; nella Zona Sismogenetica 911 è previsto, sulla base dei meccanismi focali, valori di massima magnitudo pari a  $M_{max} = 6,14$ .

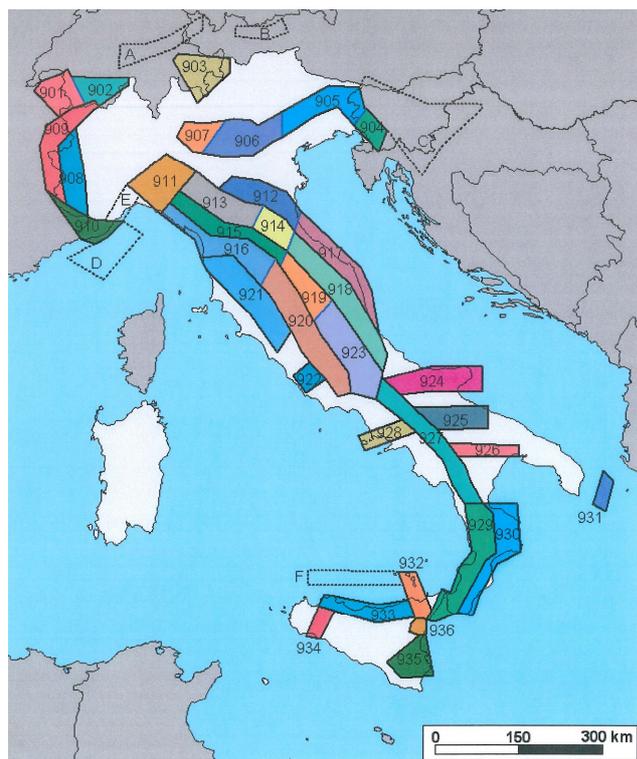


Figura 4 – Zonizzazione sismogenetica.

#### 4.1. Pericolosità sismica

La pericolosità e il rischio sismico del territorio nazionale sono stati affrontati dal Servizio Sismico Nazionale (SSN), utilizzando il calcolo probabilistico di Cornell, risalente alla fine degli anni '60, in grado di considerare tutte le possibili sorgenti influenzanti il moto del terremoto. Il Comune di Fiorenzuola presenta i seguenti dati di pericolosità:

- accelerazione di picco per suoli di tipo A con una probabilità di superamento del 10% in 50 anni per un periodo di ritorno di 475 anni (v. Fig. 5):  $PGA = 0,100 - 0,150$ ;
- intensità macrosismica: MCS = VI grado;
- magnitudo:  $M = 6,14$

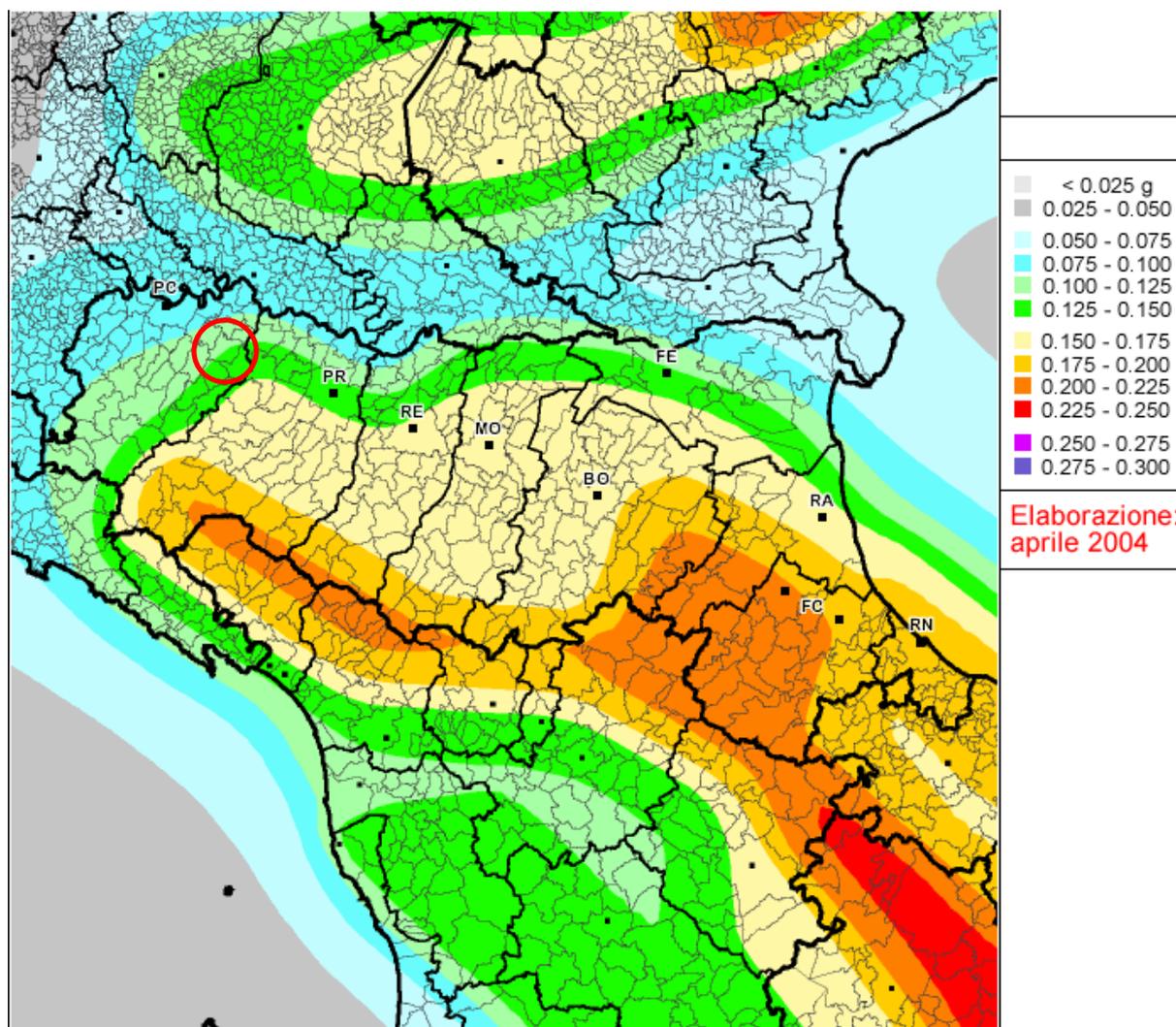


Figura 5 – PGA (g) con una probabilità di superamento del 10% in 50 anni (periodo di ritorno di 475 anni).

#### 4.2. La classificazione sismica

La classificazione sismica è formulata sulla base degli studi del Servizio Sismico Nazionale (SSN), del Gruppo Nazionale per la Difesa dei Terremoti (GNDT) e dell'Istituto Nazionale di Geofisica (ING).

La classificazione è stata approvata con l'Odinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20/03/2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica".

Il territorio nazionale è stato suddiviso in 4 classi con livelli decrescenti di pericolosità sismica in relazione a 4 differenti valori di accelerazione orizzontale ( $a_g/g$ ) d'ancoraggio dello spettro di risposta

elastico e a 4 differenti valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo ( $a_g/g$ ), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

Nella seguente Tab. 2 sono riportate le zone sismiche con i valori d'accelerazione orizzontale associati.

Tabella 2: Zone sismiche con associati i valori di accelerazione orizzontale.

zona	accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10 % in 50 anni $a_g/g$	accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) $a_g/g$
1	> 0,25	0,35
2	0,15 - 0,25	0,25
3	0,05 - 0,15	0,15
4	< 0,05	0,05

Il territorio comunale di Fiorenzuola è classificato in classe 3 con conseguente accelerazione sismica orizzontale per suoli tipo A, con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, pari a  $a_g/g = 0,05 - 0,15$ .

#### 4.2.1. Definizione della pericolosità sismica locale

Partendo dalle caratteristiche sismotettoniche complessive della pianura paicentina e delle principali manifestazioni sismiche, sia epicentrali, sia di risentimento dalle altre zone sismogenetiche presenti nel bacino padano, la pericolosità sismica del territorio comunale di Fiorenzuola è stata approfondita in relazione alle condizioni geologiche e morfologiche locali.

Le caratteristiche sismiche di un'area sono definite dalle sorgenti sismogenetiche, dall'energia, dal tipo e dalla frequenza dei terremoti. Questi aspetti sono comunemente indicati come "pericolosità sismica di base" e sono quelli considerati per la classificazione sismica.

Da queste caratteristiche deriva il moto di *input* atteso, per il calcolo del quale non sono considerate le caratteristiche locali e il territorio è trattato come se fosse uniforme ed omogeneo cioè pianeggiante e costituito da suolo rigido in cui la velocità di propagazione delle onde S ( $V_s$ ) è maggiore di 800 m/s (suolo A dell'Eurocodice 8 - parte 1, EN 1998-1, 2003, dell'OPCM 3274/2003, del DM 14/9/2005 e DM 14.1.2008).

Il moto sismico può essere però modificato dalle condizioni geologiche e morfologiche locali. Alcuni depositi e forme del paesaggio possono amplificare il moto sismico in superficie e favorire fenomeni di instabilità dei terreni quali cedimenti, frane o fenomeni di liquefazione. Queste modificazioni dovute alle caratteristiche locali sono comunemente definite "effetti locali".

La zonazione del territorio sulla base della risposta sismica del terreno è perciò uno dei più efficaci strumenti di definizione e rappresentazione della pericolosità sismica e, quindi, di prevenzione e

riduzione del rischio sismico, poiché fornisce un contributo essenziale per l'individuazione delle aree a maggiore pericolosità sismica e agevola la scelta delle aree urbanizzabili con minor rischio e la definizione degli interventi ammissibili.

La Tav. 005 "Microzonazione sismica" risulta particolarmente efficace per la scelta delle aree di nuova previsione edificatoria, per la definizione delle indagini di approfondimento e degli interventi ammissibili, anche nelle aree già urbanizzate, soprattutto se utilizzate fino dalle fasi preliminari dei processi di pianificazione territoriale e urbanistica.

Tale cartografia è stata redatta in conformità agli *"Indirizzi per gli studi di micro zonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica"* di cui alla deliberazione n. 112 del 2/5/2007 dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna" (D.A.L. 112/2007).

Esiste ormai un generale accordo su quali depositi e forme del paesaggio possono, durante o a seguito di un terremoto, determinare amplificazioni del moto sismico in superficie o concorrere a modificare in maniera permanente l'assetto del territorio causando cedimenti, franamenti e rotture del terreno.

Le conoscenze territoriali oggi disponibili in Emilia-Romagna, soprattutto grazie alle carte geologiche, alle banche dati geognostiche, alle carte topografiche e ai modelli digitali del terreno, permettono la rapida individuazione degli elementi geologici e morfologici che possono favorire gli effetti locali.

Nella Tabella 3 sono elencati i principali elementi del territorio che concorrono alla pericolosità sismica locale in Emilia-Romagna.

Depositi che possono determinare amplificazione (spessore $\geq 5$ m): <ul style="list-style-type: none"><li>- detriti di versante (frane, detriti di falda, detriti eluvio-colluviali, detriti di versante s.l., depositi morenici, depositi da geliflusso);</li><li>- detriti di conoide alluvionale;</li><li>- depositi alluvionali terrazzati e di fondovalle;</li><li>- accumuli detritici in zona pedemontana (falde di detrito e cono di deiezione);</li><li>- depositi fluvio-lacustri</li><li>- riporti antropici poco addensati;</li><li>- substrato affiorante alterato o intensamente fratturato (per uno spessore <math>\geq 5</math> m);</li><li>- litotipi del substrato con <math>V_s &lt; 800</math> m/sec<sup>2</sup>.</li></ul>
Elementi morfologici che possono determinare amplificazione: <ul style="list-style-type: none"><li>- creste, cocuzzoli, dorsali allungate, versanti con acclività <math>&gt; 15^\circ</math> e altezza <math>\geq 30</math> m</li></ul>
Depositi suscettibili di amplificazione, liquefazione e cedimenti: <ul style="list-style-type: none"><li>- depositi granulari fini (sabbie) con livello superiore della falda acquifera nei primi 15 m dal piano campagna, (fattori predisponenti al fenomeno di liquefazione);</li><li>- depositi (spessore <math>\geq 5</math> m) di terreni granulari sciolti o poco addensati o di terreni coesivi poco consistenti, caratterizzati da valori NSPT <math>&lt; 15</math> o <math>c_u &lt; 70</math> kpa.</li></ul>
Aree soggette ad instabilità di versante: <ul style="list-style-type: none"><li>- aree instabili: aree direttamente interessate da fenomeni franosi attivi;</li><li>- aree potenzialmente instabili: aree in cui sono possibili riattivazioni (frane quiescenti) o attivazioni di movimenti franosi (tutti gli accumuli detritici incoerenti, indipendentemente dalla genesi, con acclività <math>&gt; 15^\circ</math>; pendii costituiti da terreni prevalentemente argillosi e/o intensamente fratturati<sup>3</sup> con acclività <math>&gt; 15^\circ</math>; versanti con giacitura degli strati a franapoggio con inclinazione minore o uguale a quella del pendio; aree prossime a zone instabili che possono essere coinvolte dalla riattivazione del movimento franoso; scarpate subverticali; accumuli detritici incoerenti prossimi all'orlo di scarpate).</li></ul>
Elementi che possono determinare effetti differenziali, sia amplificazione che cedimenti: <ul style="list-style-type: none"><li>- contatto laterale tra litotipi con caratteristiche fisico – meccaniche molto diverse;</li><li>- cavità sepolte.</li></ul>

Tabella 3: Principali condizioni geologiche e geomorfologiche che possono determinare effetti locali in Emilia-Romagna (da *“Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica”*, D.A.L. n. 112/2007).

#### 4.2.2. Aree potenzialmente soggette ad effetti locali

La carta di microzonazione sismica è realizzata secondo le procedure indicate negli *“Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica”* (D.A.L. 112/2007).

---

<sup>2</sup> Possono rientrare in questa categoria le argille e le argille marnose oligo-mioceniche della Successione Epiligure, le argille e le argille marnose tardo messiniane e plio-pleistoceniche, le sabbie poco cementate plio-pleistoceniche.

<sup>3</sup> Rientrano in questa categoria i terreni con spaziatura della fratturazione  $< 20$  cm.

I dati di base disponibili utilizzati sono:

- Carta geologica;
- Carta geomorfologica;
- Carta della litologia e litotecnica;
- la banca dati della Carta geologica Appennino emiliano-romagnolo 1:10.000 aggiornata, con i dati IFFI, al 2006 (Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli);
- la legenda della Carta geologica Appennino emiliano-romagnolo 1:10.000 per il territorio provinciale di Parma (Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli);
- la banca dati della Carta geologica di pianura 1:25.000 della Regione Emilia-Romagna (Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli);
- la banca dati geognostici di pianura del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli.

Dalla cartografia tematica sopra citata sono stati individuate le seguenti classi:

1. Successione stratigrafica TIPO 1 caratterizza i settori più meridionali del territorio comunale. In termini geologici si tratta delle zone d'interconoide e della parte distale delle conoide alluvionali. La successione stratigrafica è costituita prevalentemente da livelli di ghiaie e sabbie intercalati da intercalazioni di argille e/o limi di limitato sviluppo spaziale, anche se localmente possono avere spessori di oltre 5 metri. Il rapporto ghiaia ed argilla è superiore all'unità;
2. Successione stratigrafica TIPO 2 caratterizza il settore centrale del territorio comunale immediatamente a valle della successione stratigrafica TIPO 1. In termini geologici si tratta delle zone più distali dei sistemi di conoide relativi alle unità depositatesi nell'Olocene e nel Pleistocene superiore (gli ultimi 20.000 anni). La successione stratigrafica è caratterizzata da argille e limi prevalenti che presentano bassi e medio-bassi valori di resistenza al taglio ed alti e medio alti indici di compressibilità. I livelli ghiaiosi si attestano generalmente a profondità di circa 8 metri dal piano campagna. Il rapporto ghiaia ed argilla è circa pari all'unità. Nella parte settentrionale del territorio comunale i livelli ghiaiosi sono sostituiti da depositi sabbiosi;
3. Successione stratigrafica TIPO 3: caratterizza il settore settentrionale del territorio comunale. In termini geologici si tratta dell'ambiente deposizionale della piana alluvionale ad alimentazione appenninica. Le condizioni di sedimentazione, contraddistinte da una netta perdita di competenza dei corsi d'acqua appenninici, hanno determinato la formazione di una successione stratigrafica costituita da argille e limi prevalenti con bassi valori di resistenza al taglio ed alti indici di compressibilità, spesso organici e sottoconsolidati. Generalmente è presente un livello di argille e/o limi di spessore variabile da 10 a 30 metri con bassa consistenza ed alti indici di plasticità ( $PI > 40\%$ ) e contenuto d'acqua. Il rapporto ghiaia (o sabbia) ed argilla è decisamente inferiore all'unità, tendente a zero.

I depositi delle classi 2 e 3 sono tutti suscettibili di amplificazione per le caratteristiche litologiche e, nel caso di forti scosse, soggetti a cedimenti per la presenza di terreni a comportamento coesivo con proprietà meccaniche scadenti.

In entrambi i suddetti litotipi potrebbero essere presenti le condizioni predisponenti alla liquefazione:

- depositi sabbiosi nei primi 20 m di profondità dal piano campagna;
- granulometria costituita in prevalenza da sabbie fini e medie con contenuto di fine inferiore o uguale al 35%;
- falda idrica nei primi 15 m dalla superficie;
- terreni da poco a mediamente addensati.
- resistenza penetrometrica normalizzata  $(N_1)_{60} < 30$  colpi/30 cm oppure  $q_{c1N} < 180$  kPa; dove  $(N_1)_{60}$  è il valore della resistenza determinato dalle prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $q_{c1N}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa.

*La liquefazione secondo la definizione riportata nell'eurocodice EU8, è la riduzione di resistenza al taglio e/o di rigidità causata durante il moto sismico dall'aumento delle pressioni interstiziali in terreni saturi non coesivi, tale da provocare deformazioni permanenti significative o persino da indurre nel terreno una condizione di sforzi efficaci quasi nulla.*

Relativamente al potenziale pericolo di liquefazione occorre sottolineare che per il verificarsi di tale fenomeno oltre alla presenza di caratteri predisponenti (sedimenti granulari fini nei primi venti metri di profondità e tetto della falda acquifera media stagionale nei primi 15 metri di profondità) è necessaria anche la presenza dei fattori scatenanti.

Nel comune di Fiorenzuola il rischio insito ad eventuali processi di liquefazione è legato ad eventi sismici di magnitudo superiore a  $M > 5$  ed ad accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) superiori di  $a_g > 0,1g$ ,

La liquefazione, nei casi documentati in letteratura, (Kishida 1969, Gibbs 1979, Bureau of Reclamation degli Stati Uniti, Atomic Energy Commission degli Stati Uniti), si è verificata solo in sabbie relativamente sciolte, caratterizzate da valori della densità relativa  $D_r < 75\%$ .

Il fenomeno non appare probabile in terreni con valori superiori della densità relativa, e soprattutto quando le sabbie includono ghiaie o ciottoli. In quest'ultimo caso se il deposito ghiaioso è compreso tra terreni poco permeabili, indipendentemente dalla sua capacità drenante, può essere soggetto al fenomeno della liquefazione.

Nei terreni a grana fine (limi ed argilla), sebbene caratterizzati da bassi valori della permeabilità, la possibilità che si possa verificare il fenomeno è molto ridotta o addirittura nulla, grazie all'influenza determinante dei legami interparticellari, ovvero della coesione.

La composizione granulometrica dei terreni all'interno dei quali si è possibile il fenomeno della liquefazione è riportato in Figura 6.

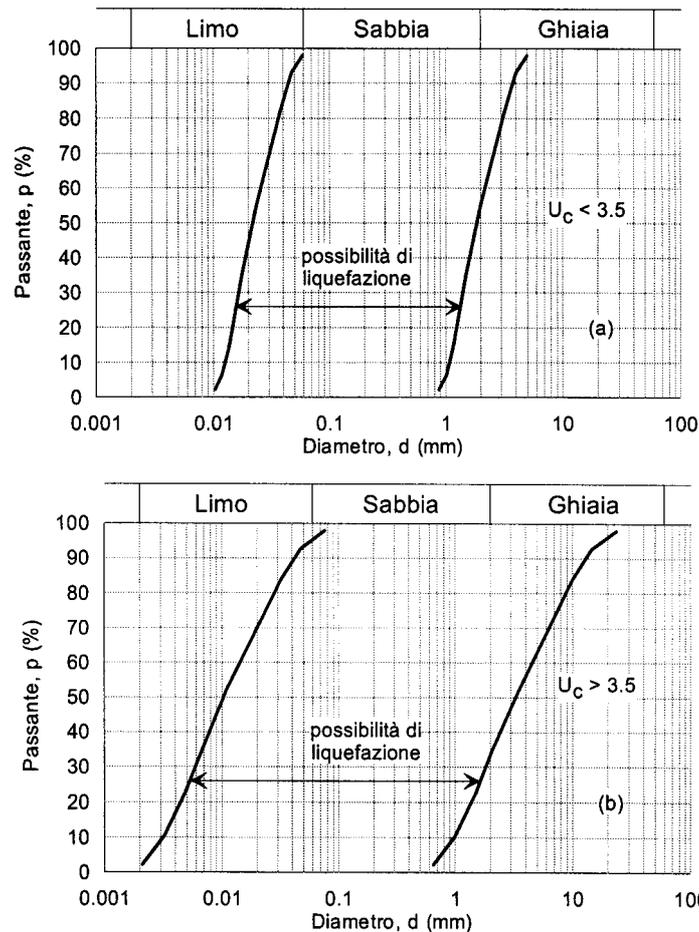


Figura 6 – Distribuzione granulometrica critica di terreni soggetti a liquefazione sia nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  sia nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$

*Secondo l'Eurocodice 8 la liquefazione può verificarsi in terreni di fondazione composti da estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda, anche se contenenti una frazione fine limoso-argillosa e falda al piano campagna. Inoltre la norma, in presenza di un contenuto di ghiaia, non esclude il verificarsi del fenomeno, però non dà indicazioni in merito.*

Da osservazioni in sito si è anche visto che la resistenza alla liquefazione aumenta con la profondità. In particolare, la liquefazione si è verificata in depositi sabbiosi saturi fino ad una profondità di circa 15 - 20 m per pressioni litostatiche inferiori a 200 kPa.

## 5. INDAGINI GEOGNOSTICHE

La valutazione del rischio sismico, dopo una prima parte d'analisi generali, riguardanti le caratteristiche sismogenetiche, è stata condotta mediante un approccio analitico dei depositi che interessano il sottosuolo dell'area di Fiorenzuola.

La procedura d'analisi consiste nella ricerca dei seguenti parametri:

- litologia prevalente dei materiali presenti nel sito;
- stratigrafia del sito;
- andamento delle Vs con la profondità fino a valori pari o superiori a 800 m/s;
- spessore e velocità di ciascun strato;
- modello geofisico - geotecnico.

A tale proposito sono stati considerati i profili stratigrafici dei sondaggi geognostici eseguiti direttamente nell'ambito del territorio comunale; le fonti sono:

1. Autori Vari (2008 - 2009): Indagini sismiche con misura indiretta della velocità delle onde di taglio  $V_{s30}$ ;
2. Regione Emilia Romagna (2000): prove penetrometriche statiche CPT e profili stratigrafici di pozzi idrici.

## 6. MODELLO GEOFISICO E GEOTECNICO

### 6.1. Stratigrafia del terreno di fondazione

Il Comune di Fiorenzuola è nel complesso caratterizzato da 3 litotipi principali:

- i terreni sabbiosi e tendenzialmente sabbiosi a comportamento granulare, caratterizzati principalmente da medio alti valori di resistenza al taglio e medio-bassi indici di compressibilità;
- i terreni Ghiaiosi e tendenzialmente ghiaiosi a comportamento granulare, caratterizzati principalmente da alti valori di resistenza al taglio e bassi indici di compressibilità;
- i terreni prevalentemente argillosi e/o limosi a comportamento coesivo, caratterizzati principalmente da bassi valori di resistenza al taglio ed alti indici di compressibilità.

Tale suddivisione, apparentemente grossolana in relazione alla vasta gamma di classi granulometriche e di situazioni stratigrafiche presenti, esprime in linea generale il tipo di ambiente deposizionale.

I terreni ghiaiosi e tendenzialmente ghiaiosi sono, infatti, caratteristici di ambienti deposizionali di alta energia, in cui la sedimentazione è dominata dagli apporti grossolani lasciati dalle correnti trattive. Si tratta del tipico ambiente di canale, riscontrabile nel T. Arda nel tratto pedemontano della conoide alluvionale.

I terreni sabbiosi e tendenzialmente sabbiosi sono, caratteristici di ambienti deposizionali di medio-alta energia, in cui la sedimentazione è dominata dagli apporti grossolani lasciati dalle correnti trattive. Si tratta del tipico ambiente di canale, riscontrabile nel T. Arda nel tratto distale al passaggio tra l'alta pianura e la bassa pianura piacentina.

I terreni prevalentemente argillosi e/o argilloso-limosi sono invece caratteristici d'ambienti deposizionali di bassa energia, in cui le fasi di sedimentazione avvengono per sola decantazione o per correnti trattive molto deboli.

Questi ambienti si rinvencono nelle piane alluvionali esterne agli argini fluviali e al dominio delle correnti canalizzate, dove le acque, alimentate dai flussi di tracimazione, hanno occasione di ristagnare per lungo tempo.

Le indagini geognostiche prese in considerazione hanno mostrato una situazione litologica schematizzabile, fino alla profondità di circa 30 metri dal piano campagna, in 3 livelli. Nonostante l'irregolarità delle geometrie e delle caratteristiche geomeccaniche, tali livelli possono esser presi come riferimento per la costruzione del modello geotecnico e geofisico del territorio comunale di Fiorenzuola.

## **LIVELLO A**

Livello superficiale costituito da argille e limi prevalenti soffici al quale può essere attribuito un comportamento coesivo.

Il livello A si estende dal piano campagna fino alla profondità di 1,0 – 8.0 nel settore meridionale del territorio comunale e fino alla profondità di 15.0 - 30,0 metri nel settore settentrionale del territorio comunale, presentando bassi valori di resistenza al taglio ed alti indici di compressibilità.

I valori rappresentativi della resistenza alla punta del penetrometro statico sono compresi tra  $q_c = 0,9 - 2,0$  [MPa].

## **LIVELLO B**

Livello costituito da sabbie medie e grossolane dense e mediamente dense, al quale può essere attribuito un comportamento granulare.

Il tetto del livello B sulla base dell'interpretazione delle isobate, ricostruite attraverso le correlazioni dei profili stratigrafici di pozzi idrici e prove penetrometriche, si estende nella parte settentrionale del territorio comunale a profondità generalmente superiori a 15 – 19 metri.

Siccome il livello B è relativo al sistema di medio alta energia della rete idrica principale che nel corso del riempimento del bacino padano ha sedimentato sulla verticale strati prevalentemente sabbiosi, presenta spessori di circa 10 – 15 metri.

I valori rappresentativi della resistenza alla punta del penetrometro statico sono compresi tra  $q_c = 9,0 - 18,0$  [MPa].

### **LIVELLO C**

Livello costituito da ghiaie poligeniche immerse in matrice sabbiosa e/o limosa, al quale può essere attribuito un comportamento granulare.

Il tetto del livello C sulla base dell'interpretazione delle isobate, ricostruite attraverso le correlazioni dei profili stratigrafici di pozzi idrici e prove penetrometriche, si estende nella parte centro - settentrionale del territorio comunale a profondità generalmente superiori a 15 metri, mentre nella parte meridionale a profondità comprese tra 1.0 e 8.0 metri dal piano campagna.

Il livello C è rappresentativo di sistemi di alta energia relativi all'ambiente de posizionale della conoide alluvionale del T. Arda. Gli spessori degli strati di ghiaia possono essere erilevanti con valori di oltre 10 metri. Nel caso di strati amalgamati sulla verticale lo spessore della ghiaia può superare i 20 – 25 metri di spessore.

Le prove penetrometriche in corrispondenza dei livelli ghiaiosi registrano sempre valori di rifiuto.

## **6.2. Calcolo della velocità delle onde di Taglio**

La velocità delle onde di Taglio è stata determinata attraverso le correlazioni delle indagini sismiche eseguite sul territorio comunale e partendo dal valore di resistenza alla punta del penetrometro statico, attraverso le quali si sono ricavati i valori delle velocità delle onde di taglio mediante l'esplicazione delle relazioni di seguito riportate.

Andrus, Piratheepan e Hsein Juang (2002)

$$V_s = 26,3 \times q_c^{0,199} \times f^{0,003} \quad \text{terreni a comportamento granulare}$$

$$V_s = 14,3 \times q_c^{0,280} \times f^{0,108} \quad \text{terreni a comportamento coesivo}$$

$V_s$  = velocità delle onde di taglio

$q_c$  = resistenza alla punta del penetrometro statico

$f$  = resistenza laterale del penetrometro statico

Sulla base dell'interpretazione dei risultati delle indagini sismiche e delle prove penetrometriche statiche (CPT), tramite le correlazioni note in letteratura geotecnica, è stato possibile determinare la velocità delle onde di taglio per i livelli riconosciuti (Livelli A, B e C)

#### **LIVELLO A**

$$V_s = 140 - 170 \quad [\text{m/s}]$$

#### **LIVELLO B**

$$V_s = 300 - 360 \quad [\text{m/s}]$$

#### **LIVELLO C**

$$V_s = 390 - 420 \quad [\text{m/s}]$$

dove:

$V_s$  = velocità delle onde di taglio;

### **6.3. Classificazione sismica del terreno di fondazione**

Il capitolo 3.1 dell'Allegato 2 dell'Ordinanza del PCM n. 3274 del 20/03/2003 definisce le seguenti categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione:

- A - *Formazioni litoidi o terreni omogenei*: caratterizzati da valori di  $V_{S30}$  superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m.

- B - *Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti*: con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità, caratterizzati da valori di  $V_{S30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica  $N_{SPT} > 50$ , o coesione non drenata  $c_u > 250$  kPa).
- C - *Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media rigidità*: con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di  $V_{S30}$  compresi tra 180 e 360 m/s ( $15 < N_{SPT} < 50$ ,  $70 < c_u < 250$  kPa).
- D - *Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti*: caratterizzati da valori di  $V_{S30} < 180$  m/s ( $N_{SPT} < 15$ ,  $c_u < 70$  kPa).
- E - *Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali*: con valori di  $V_{S30}$  simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con  $V_{S30} > 800$  m/s.

In aggiunta a queste categorie se ne definiscono altre due:

- S1 - *Depositi* costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10 m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità ( $PI > 40$ ) e contenuto di acqua, caratterizzati da valori di  $V_{S30} < 100$  m/s ( $10 < c_u < 20$  kPa)
- S2 - *Depositi* di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti

Nelle definizioni precedenti  $V_{S30}$  è la velocità media di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio ed è calcolata con la seguente espressione (D.M. del 15 settembre 2005 “Norme Tecniche per le Costruzioni”):

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

dove  $h_i$  e  $V_i$  indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio  $\gamma < 10^{-6}$ ) dello strato  $i$ -esimo, per un totale di  $N$  strati presenti nei 30 m superiori.

In tutte le verticali analizzate, relative alla porzione di terreno tra il piano campagna e la profondità di 30 metri (rappresentate nel precedente cap. 6.2), si sono potute individuare all'interno del territorio comunale di Fiorenzuola 4 microzone, individuate nella Tavola 005 “Microzonazione Sismica:

- Depositi prevalentemente argillosi e limosi (Olocene e Pleistocene superiore) con locali intercalazioni di sabbie fini e limi sabbiosi:  $V_{S30(Rappresentativa)} \approx 200$  m/s;

- Successione stratigrafica caratterizzata da argille e limi prevalenti. Le sabbie sono presenti in intercalazioni con estensione e spessore limitati a profondità variabile, prevalentemente ad oltre 15 metri dal piano campagna;  $V_{s30(Rappresentativa)} \approx 250$  m/s;
- Successione stratigrafica caratterizzata da argille e limi prevalenti. Le ghiaie sono presenti in intercalazioni con estensione e spessore limitati a profondità variabile, prevalentemente ad oltre 8 metri dal piano campagna;  $V_{s30(Rappresentativa)} \approx 300$  m/s;
- Depositi ghiaiosi e sabbiosi con intercalazioni di argille e/o limi, talora con spessori di oltre 5 metri (Olocene e Pleistocene superiore);  $V_{s30(Rappresentativa)} \approx 400$  m/s.

## 7. CARATTERIZZAZIONE SEMI-QUANTITATIVA DEGLI EFFETTI D'AMPLIFICAZIONE

La caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti d'amplificazione (analisi di secondo livello) è applicabile al territorio di Fiorenzuola, prevedendo quale scenario d'amplificazione litologica il modello geotecnico e geofisico descritto nel precedente cap. 6.

Oltre la profondità di 30 metri dal piano campagna si può fare riferimento ai dati stratigrafici reperibili dalla bibliografia con i quali è possibile ricostruire l'assetto del sottosuolo fino al Bedrock sismico.

Le caratteristiche di bedrock sismico sono state assegnate al Supersistema del Quaternario Marino (come indicato dalla Servizio Geologico della Regione Emilia Romagna), collocato in corrispondenza del centro abitato di Fiorenzuola alla profondità di 200 metri dalla superficie topografica.

Il passaggio tra il Supersistema del Quaternario Marino e il Supersistema Emiliano-Romagnolo, rappresenta, infatti, uno dei principali riflettori sismici, ampiamente visibile nelle sezioni sismiche a riflessione eseguite per le ricerche petrolifere.

Il Supersistema del Quaternario Marino è costituito da terreni parali e costieri, rappresentati da:

- depositi d'ambiente litorale: limi sabbiosi in strati spessi e molto spessi con intercalazioni sabbiose;
- depositi d'ambiente deltizio: ghiaie solitamente alterate, in corpi discontinui a geometria lenticolare;
- depositi d'ambiente lagunare: sabbie medio-fini in strati sottili e medi con laminazione piano-parallela oppure di tipo hummocky, intercalate a limi argillosi verdi, debolmente bioturbati, contenenti talora macrofaune oligotipiche;
- depositi prossimali di delta-conoide: sabbie e ghiaie argillose in strati spessi, frequentemente gradati e amalgamati, con intercalati livelli argillosi sottili, discontinui, biancastri, sterili, alternate a banconi argilloso-limosi con livelli ricchi in resti vegetali lignitizzati;
- depositi di delta-conoide ad alta energia fluviale e marina: sabbie, sabbie ghiaiose e subordinatamente ghiaie ciottolose in strati massivi o con una gradazione diretta poco sviluppata e comunque sovente mascherata dalle frequenti amalgamazioni tra strati successivi che possono inglobare clasti pelitici di dimensioni anche metriche.

La litologia rilevata, non è tipica di un suolo rigido tipo A (bedrock sismico  $V_s \geq 800$  m/s), caratteristico invece di formazioni rocciose dure. A seguito del carico litostatico, rappresentato dallo spesso pacco di alluvioni fluviali (circa 200 metri) e della profondità rilevante, è plausibile sostenere comunque caratteristiche similari a quelle di un suolo rigido tipo A con velocità delle onde di taglio pari a  $V_s \geq 800$  m/s.

## 7.1. Procedura per la caratterizzazione semi-quantitativa

La procedura per la caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti d'amplificazione consiste nella stima quantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di amplificazione (F.A.); lo studio nel caso del comune di Fiorenzuola è condotto con metodi quantitativi semplificati, validi per la valutazione delle amplificazioni litologiche.

Il valore di F.A. si riferisce agli intervalli di periodo tra 0.1 - 0.5 s e 0.5 - 1.5 s: in particolare l'intervallo tra 0.1 - 0.5 s si riferisce a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide, mentre l'intervallo tra 0.5 - 1.5 s si riferisce a strutture più alte e più flessibili. In altri termini si tratta di quelle strutture che comunemente sono realizzate nel territorio comunale di Fiorenzuola.

I Fattori di Amplificazione (F.A.) sono riferiti al Suolo A come previsto dall'Eurocodice 8, parte 1, e dal D.M. 14/9/2005 "Norme tecniche per le costruzioni", punto 3.2.1.

La scheda di riferimento, messa a punto dalla Regione Emilia Romagna "Indirizzi per gli studi di micro zonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica" di cui alla deliberazione n. 112 del 2/5/2007 dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna" (D.A.L. 112/2007), che si adatta meglio al modello geofisico – geotecnico è definita PIANURA 2.

Si tratta di un ambito di pianura caratterizzato da profilo stratigrafico costituito da alternanze di sabbie e peliti, con spessori anche decametrici, talora con intercalazioni di orizzonti di ghiaie (di spessore anche decine di metri), con substrato profondo ( $\geq 100$  m da p.c.).

In tale contesto geologico per la determinazione dei fattori di amplificazione (F.A.) si deve usare la seguente tabella 4.

### F.A. P.G.A.

$V_{S30}$	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.1	1.0	1.0

### F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.1s < T_0 < 0.5s$

$V_{S30}$	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	1.8	1.8	1.7	1.7	1.5	1.4	1.3	1.2	1.0	1.0

### F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.5s < T_0 < 1.0s$

$V_{S30}$	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	2.5	2.3	2.3	2.0	1.8	1.7	1.7	1.5	1.2	1.0

Tabella 4: Fattori di Amplificazione per la scheda PIANURA 2

All'interno della precedente Tabella 4, in funzione della velocità  $V_{S30}$ , per le due microzone individuate all'interno del territorio comunale, sono individuati i fattori di amplificazione elencati nella successiva Tab. 5.

Litologia	Velocità delle onde di taglio	F.A. P.G.A.	F.A. Intensità spettrale: 0.1s < To < 0.5s	F.A. Intensità spettrale: 0.5s < To < 1.0s
Depositi prevalentemente argillosi e limosi conlocali intercalazioni di sabbie fini e limi sabbiosi	200	1.5	1.8	2.5
Successione stratigrafica caratterizzata da argille e limi prevalenti. Le sabbie sono presenti in intercalazioni con estensione e spessore limitati a profondità variabile, prevalentemente ad oltre 15 metri dal piano campagna	250	1.5	1.8	2.3
Successione stratigrafica caratterizzata da argille e limi prevalenti. Le ghiaie sono presenti in intercalazioni con estensione e spessore limitati a profondità variabile, prevalentemente ad oltre 8 metri dal piano campagna	300	1.5	1.7	2.3
Depositi ghiaiosi e sabbiosi con intercalazioni di argille e/o limi, talora con spessori di oltre 5 metri	400	1.4	1.5	1.8

Tabella 5: Fattori di Amplificazione per le microzone del territorio Comunale di Fiorenzuola

## 7.2. Scelta dei parametri

La scelta dei dati stratigrafici, geotecnici e geofisici, in termini di valori di  $V_s$ , utilizzati nella procedura di 2° livello deve essere opportunamente motivata e a ciascun parametro utilizzato deve essere assegnato un grado di attendibilità, secondo la seguente Tabella 6:

Tabella 6.4 – Livelli di attendibilità da assegnare ai risultati ottenuti dall'analisi

Dati	Attendibilità	Tipologia
Litologici	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Alta	Da prove di laboratorio su campioni e da prove in sito
Stratigrafici (spessori)	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Media	Da prove indirette (penetrometriche e/o geofisiche)
	Alta	Da indagini dirette (sondaggi a carotaggio continuo)
Geofisici ( $V_s$ )	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Media	Da prove indirette e relazioni empiriche
	Alta	Da prove dirette (sismica in foro o sismica superficiale)

Il livello di attendibilità dello studio di secondo livello effettuato è da ritenersi basso per le seguenti motivazioni:

- il territorio del comune di Fiorenzuola è stato in passato oggetto di sporadici studi non sempre approfonditi che hanno permesso di ricostruire in modo sommario la litostratigrafia fino alla profondità di 30 metri dal piano campagna; l'attendibilità dei dati litologici può essere ritenuta alta, ma la scarsa distribuzione delle indagini non consente di eseguire correlazioni di dettaglio;
- l'attendibilità dei dati geofisici è da ritenersi media basata sia da relazioni empiriche applicate alla resistenza alla punta del penetrometro statico sia da indagini geofisiche con metodi indiretti;
- la microzonazione sismica del territorio comunale anche se fondata attraverso modelli che possono essere ritenuti attendibili, non è esaustiva per i futuri interventi edificatori nel territorio comunale;
- occorre quindi sottolineare che per ogni intervento edilizio previsto nel prossimo futuro l'esecuzione di indagini sismiche è imprescindibile.