

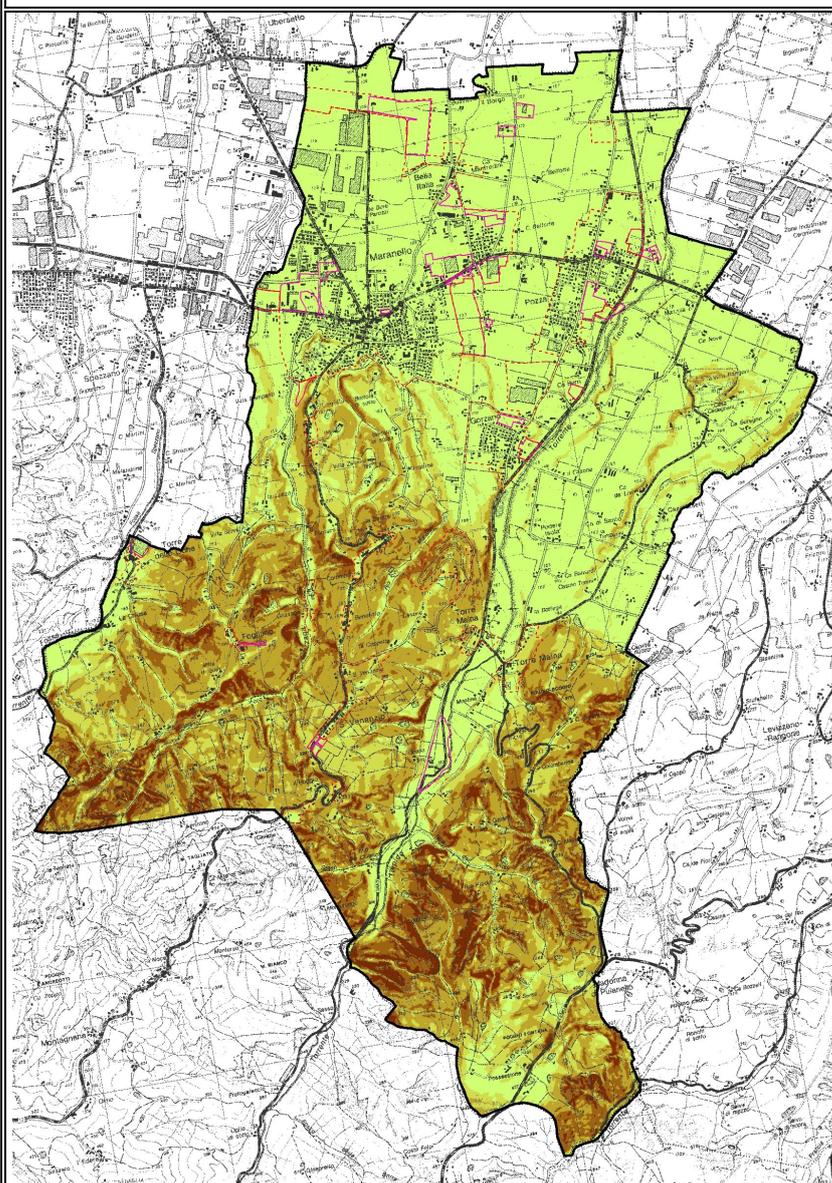
COMUNE DI MARANELLO

*Provincia di Modena*

PSC

PIANO STRUTTURALE COMUNALE

STUDIO DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DEL TERRITORIO



DATA:

Giugno 2008

PROT. N°:

PRATICA N°

66/08

COMMITTENZA:

Comune di Maranello

I TECNICI:

*Dott. Geol. Stefano Cavallini*  
*Dott. Geol. Marco Santi Bortolotti*

*Studio Geologico Associato DOLCINI – CAVALLINI*

Via Michelangelo, 1 - 41051 – Castelnuovo Rangone (Mo)

Part. I.V.A.: 02350480360

TEL.: (059) 536629-535499 FAX.:5331612 – E-mail: sgadc@tiscalinet.it

---

## INDICE

1.	PREMESSA	PAG 2
1.1	METODOLOGIA DI STUDIO	" 2
2	SISMICITA' DEL COMUNE DI MARANELLO	" 5
3	NORMATIVA SISMICA DI RIFERIMENTO	" 9
3.1	NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI – AZIONE SISMICA	" 12
4	INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO E STRUTTURALE	" 14
4.1	CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE E GEOLITOLOGICHE	" 15
4.2	CARATTERISTICHE GEOLOGICO-STRUTTURALI	" 15
5	PERICOLOSITÀ SISMICA ED EFFETTI LOCALI	" 16
6	SEQUENZE LITOSTRATIGRAFICHE TIPO	" 18
7	DESCRIZIONE DELLA CARTOGRAFIA PRODOTTA	" 24
7.1	CARTA DEGLI EFFETTI LOCALI ATTESI 1:5.000 (TAV. 1)	" 24
7.2	CARTA DI SINTESI 1:10.000 (TAV. 2)	" 24
7.3	CARTA DELLA PERICOLOSITÀ 1:5.000 (TAV. 3)	" 25
8	SPETTRI DI RISPOSTA TIPO	" 36
9	CONSIDERAZIONI FINALI	" 37

## ALLEGATO 1

CARTA CLIVOMETRICA (1:25.000)

CARTA DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE LITOSTRATIGRAFICA (1:25.000)

CARTA DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA (1:25.000)

CARTA DELL'ACCELERAZIONE MAX IN SUPERFICIE (1:25.000)

---

# STUDIO DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DEL TERRITORIO

## **1. PREMESSA**

Scopo del presente studio è stato quello di valutare la pericolosità sismica del territorio comunale di Maranello attraverso l'individuazione delle aree soggette ad effetti locali.

Sulla base dei risultati ottenuti, è poi stata elaborata una cartografia finale che divide il territorio comunale in zone a diversa pericolosità sismica; questa carta permette di orientare le scelte della pianificazione verso aree caratterizzate da minore pericolosità.

I riferimenti normativi sono:

- l'O.P.C.M. n° 3274 del 20/03/2003 “Primi elementi in materia di criteri per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica” e s.m..
- Del Reg n. 112/2007 “Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica” .
- D.M. del 14-01-2008 “Norme Tecniche per le Costruzioni”.

### **1.1 Metodologia di studio**

Nel rispetto della Del. Reg. 112/2007, l'analisi si è svolta in due fasi:

- 1) definizione degli scenari di pericolosità sismica locale, cioè identificazione delle parti di territorio suscettibili di effetti locali (amplificazione del segnale sismico, cedimenti, instabilità dei versanti, fenomeni di liquefazione, rotture del terreno, ecc.);
- 2) suddivisione del territorio in zone a diversa pericolosità sismica locale e stima quantitativa della risposta sismica locale dei depositi e delle morfologie presenti nelle aree indagate (“Microzonazione Sismica”, MZS).

La prima fase ha permesso l'individuazione delle aree soggette ad effetti locali attraverso rilievi, osservazioni e valutazioni di tipo geologico e geomorfologico, svolte a scala comunale; l'analisi viene svolta mediante l'elaborazione dei dati e delle indagini disponibili redatti in fase di adozione del PSC di Maranello.

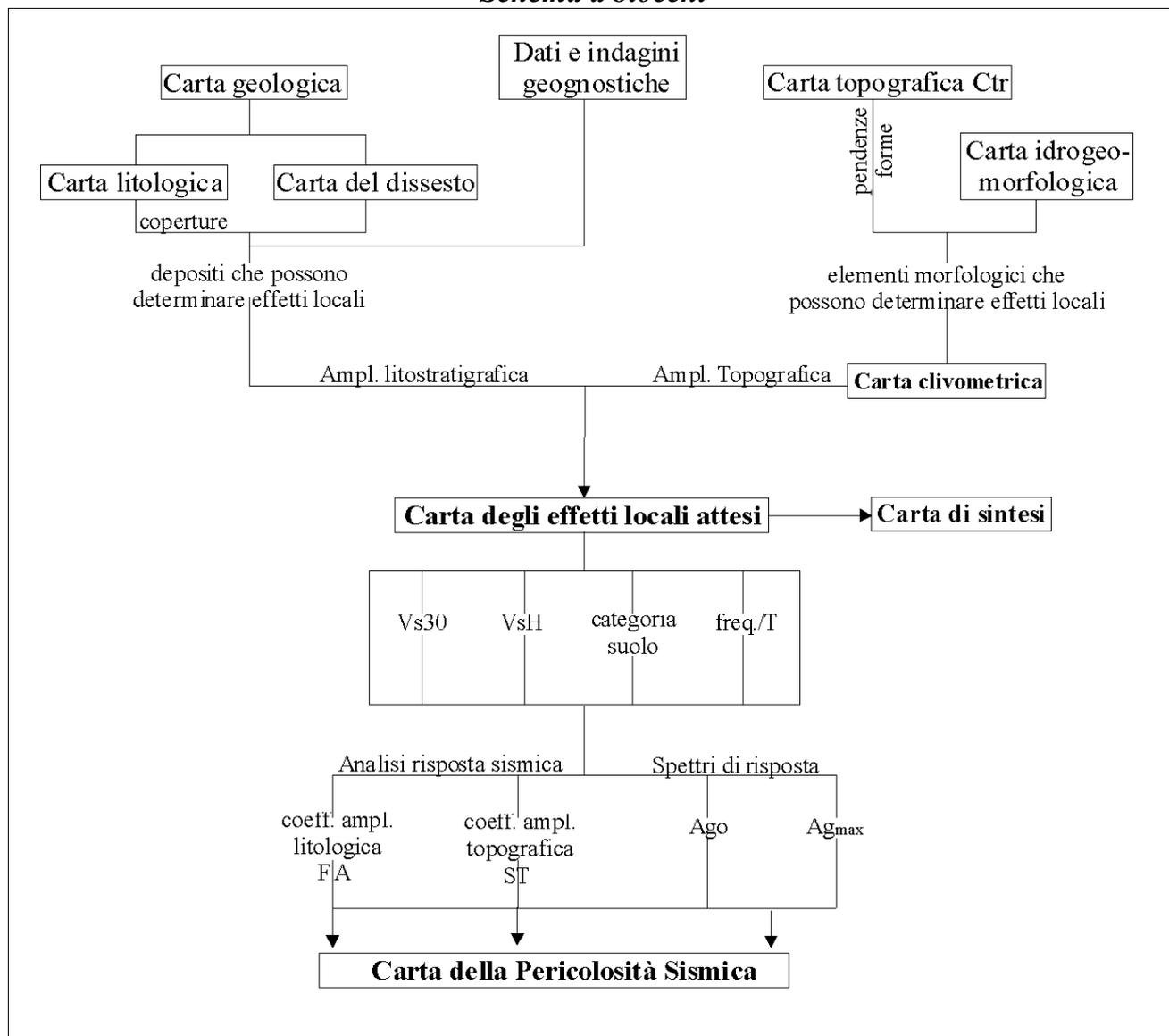
L'analisi della pericolosità locale si è basata, oltre che sull'acquisizione dei dati geologici e geomorfologici litotecnici delle carte del PSC, su ulteriori dati (stratigrafie di pozzi, prove penetrometriche, sondaggi a carotaggio continuo, indagini geofisiche di superficie, prove geotecniche di laboratorio). eseguite all'interno dei perimetri urbanizzati e negli ambiti soggetti a futura urbanizzazione (All.- Indagini Geognostiche).

Nella seconda fase, sulla base degli scenari individuati dalle analisi svolte nel corso della prima fase, si è attuato il secondo livello di approfondimento, ovvero è stata condotta un'analisi della risposta sismica locale attraverso la valutazione dei coefficienti di amplificazione sia litostratigrafica che topografica e dell'accelerazione massima al suolo. Il risultato finale è una carta che divide il territorio in zone a diversa pericolosità sismica.

Per quanto riguarda gli ambiti suscettibili di urbanizzazione e i perimetri urbanizzati, laddove sono stati ottenuti dati da indagini dirette, vengono fornite delle schede informative contenenti i parametri utili per un'analisi quantitativa della risposta sismica locale.

Sulla base dei dati geognostici in possesso e in funzione degli effetti locali individuati si è ritenuta adeguata, per la carta finale della pericolosità, una scala di rappresentazione al 5'000.

### *Schema a blocchi*



---

A supporto del presente studio oltre alle indagini utilizzate per l'elaborazione delle carte del Sistema naturale a ambientale del Quadro conoscitivo (Gasparini e a. 2005-2007), sono state consultate le seguenti indagini geognostiche, ricadenti all'interno dei perimetri urbanizzati e ambiti urbanizzabili:

- n° 23 stratigrafie di pozzi
- n° 66 prove penetrometriche dinamiche
- n° 15 prove penetrometriche statiche
- n° 5 sondaggi a carotaggio continuo
- n° 20 MASW comprensivi di sismica a rifrazione
- n° 1 REMI
- n° 3 stendimenti di sismica a rifrazione con determinazione di Vp
- prove geotecniche di laboratorio

Sulla base delle informazioni acquisite sono state elaborate le seguenti cartografie che si aggiungono a quelle già prodotte in fase di adozione del PSC (31/07/2007):

- Carta degli effetti locali attesi (TAV.1 - 1:5.000)
- Carta di Sintesi (TAV.2 - 1:10.000)
- Carta clivometrica (1:25.000)
- Carta del fattore di amplificazione topografica (1:25.000)
- Carta della pericolosità sismica (TAV.3 - 1:5.000)

## 2. SISMICITÀ DEL COMUNE DI MARANELLO

### Zonazione sismogenetica

È stata utilizzata la zonazione sismogenetica dell'INGV, chiamata ufficialmente ZS9. Rispetto alle zonazioni precedenti, in questo caso le zone sorgente sono state disegnate più vincolate rispetto alle sorgenti sismogenetiche e alla sismicità storica e strumentale e le aree circostanti sono state cautelate attraverso i normali effetti di propagazione della pericolosità sismica al di fuori delle zone sorgente.

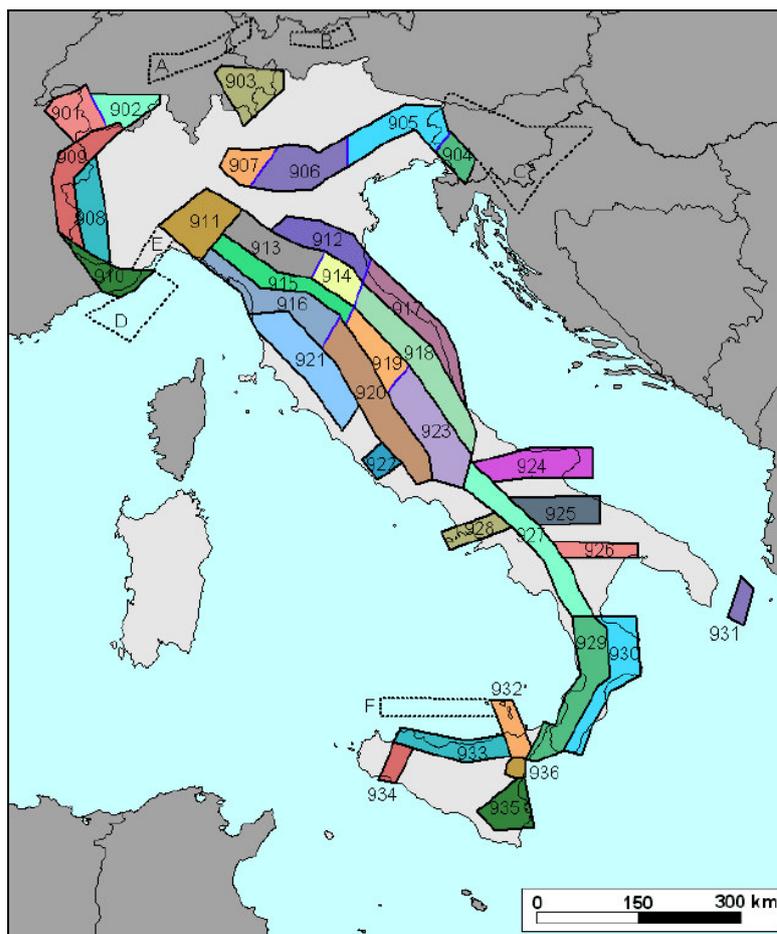


Figura 1 – Zonazione sismogenetica ZS9 (INGV).

La zonizzazione ZS9 risulta basata prevalentemente sulle informazioni di ZS4; recepisce le informazioni sulle sorgenti sismogenetiche italiane messe a disposizione da DISS 2.0 (Database of Potential Sources for Earthquake Larger than M5.5 in Italy, 2001) e da altre compilazioni regionali di faglie attive; considera inoltre le indicazioni che derivano dall'analisi dei dati relativi ai terremoti più importanti verificatisi successivamente alla predisposizione di ZS4, alcuni dei quali localizzati al di fuori delle zone sorgente in essa definite; supera il problema delle ridotte dimensioni delle zone sorgente e della conseguente limitatezza del campione di terremoti che ricade in ciascuna di esse.

La ZS9 può essere utilizzata in congiunzione con il nuovo catalogo CPTI2, e fornisce inoltre una stima della “profondità efficace”, cioè dell’intervallo di profondità nel quale viene rilasciato il maggior numero di terremoti in ogni zona sorgente, utilizzabile in combinazione con le relazioni di attenuazione determinate su base regionale, e fornisce per ogni zona un meccanismo di fagliazione prevalente, utilizzabile in combinazione con le relazioni di attenuazione modulate sulla base dei coefficienti proposti da Bommer et al. (2003).

La zonazione è costituita da 42 zone-sorgente, i limiti tra le zone sono neri e blu, i limiti neri definiscono limiti il cui tracciamento dipende esclusivamente da informazioni tettoniche e geologico-strutturali, il colore blu invece definisce suddivisioni di zone con uno stesso stile deformativo ma con differenti caratteristiche della sismicità. Come ad es. distribuzione spaziale degli eventi o la massima magnitudo rilasciata, ecc.

Le 42 zone-sorgente ZS9 vengono identificate da un numero che va da 901 a 936 o con una lettera da A a F.

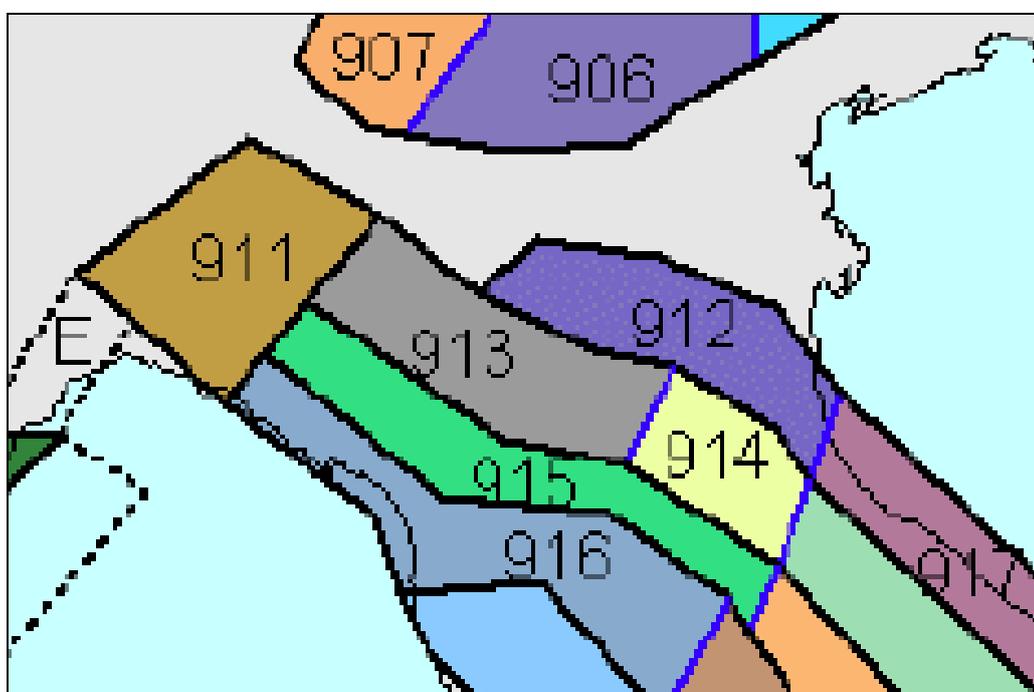


Figura 2 – Zoom sulla zonazione sismogenetica ZS9 dell’Emilia Romagna ZS9.

### ***Sismicità delle zone sorgenti***

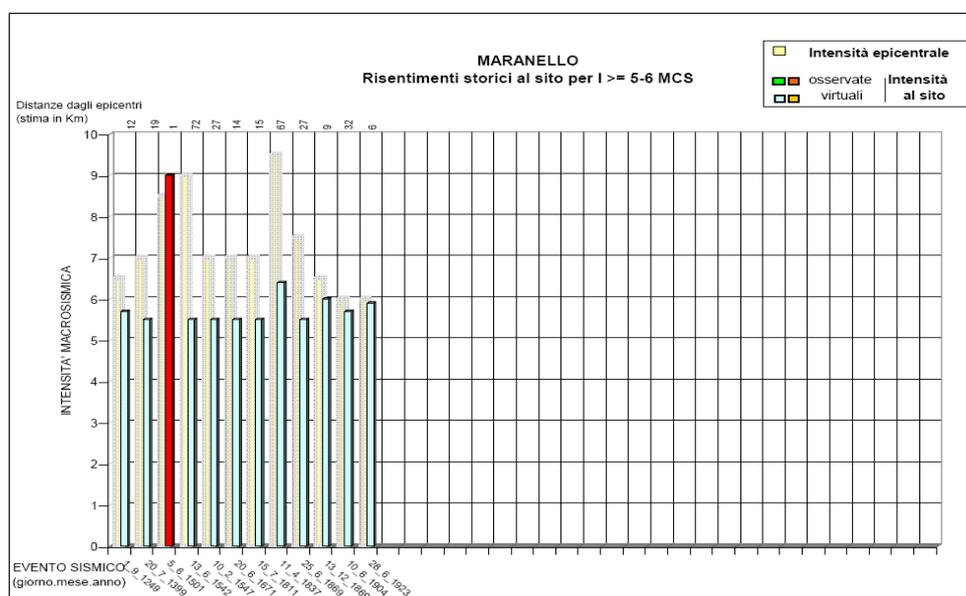
Nel territorio del Comune di Maranello non sono riconosciute strutture sismogenetiche; tuttavia in passato sono stati risentiti gli effetti di numerosi terremoti dovuti ad una sismicità naturale localizzata nelle zone 913 e 912.

Le zone 913 e 912 sono quelle con un potenziale sismico tale da generare effetti non trascurabili nel territorio del Comune di Maranello, mentre le altre vengono considerate poco influenti per generando terremoti con magnitudo a volte anche elevata (ad esempio la zona 915).

La prima determina una sismicità riconducibile a sorgenti attivate da meccanismi focali distensivi (faglie dirette e trascorrenti distensive) con massimi storici che hanno raggiunto intensità del X° MCS (Magnitudo  $M_a=6-6.3$ ). In particolare il terremoto del 1920, con intensità epicentrale del IX-X° MCS ha determinato, in base alla ricostruzione macrosismica, intensità del V° MCS a Maranello.

La seconda è causa di una sensibile attività come documentato dagli eventi del bolognese, del reggiano e del parmense (ultimo dei quali nel 2000) risentiti nel modenese. Questi eventi sono riconducibili a sorgenti superficiali attivate da meccanismi focali per compressione (faglie inverse e trascorrenti compressive) se si escludono eventi la cui origine è ancora incerta. Fra questi figura il terremoto di Castelvetro del 1501 che avrebbe prodotto, in base alla ricostruzione macrosismica, effetti del IX° MCS. Se confermato, la fascia pedappenninica sarebbe quella potenzialmente più pericolosa per il territorio modenese.

La fascia del fronte appenninico sepolto determina una sismicità rappresentata da terremoti a intensità medio-bassa, ma con una discreta frequenza di accadimento.



Per quanto riguarda la sismicità storica si può osservare che meccanismi focali di terremoti a dinamica compressiva, con direzione di raccorciamento principale orientata all'incirca N-S o NNE-SSO e di magnitudo (secondo la scala di Richter) fino a 5-5,5, sono stati registrati con epicentro posto a pochi chilometri a NO e a S di Maranello. In area, come sopra citato, è stato poi anche localizzato l'epicentro di un terremoto storico (5 giugno 1501) la cui magnitudo macrosismica è stata stimata attorno a 5-5,5 (AA.VV., 2003). I cataloghi delle registrazioni sismiche riportano inoltre numerose registrazioni di terremoti, di magnitudo inferiore a 4 e con epicentri localizzati nell'area all'intorno di Maranello.

I dati geologici e sismologici mettono quindi in evidenza come la zona pedecollinare sia forse da ritenere sismicamente attiva o comunque interessa da elementi geologico-strutturali neotettonici. L'inclusione del Comune di Maranello, assieme ai vicini Comuni di Fiorano, Sassuolo, Formigine e Castelvetro, nell'elenco dei comuni sismici in zona 2, da parte della citata Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274, ribadisce tale condizione di sismicità relativamente più accentuata rispetto alla maggioranza dei Comuni modenesi i quali, con esclusione di Frassinoro e Pievepelago che erano già compresi tra i comuni classificati sismici prima dell'emanazione dell'ordinanza n. 3274, sono tutti inclusi tra i comuni classificati in zona 3 a minore sismicità rispetto la zona 2.

### ***Frequenza di accadimento***

La frequenza con cui si sono verificati in passato i terremoti capaci di produrre danni significativi agli edifici consente di valutare con quale frequenza si manifesteranno in futuro, dal momento che questa presumibilmente non cambia.

Nella tabella sono riportati, per varie soglie di magnitudo, il numero di eventi per intervalli di tempo crescenti di 100 anni, partendo dall'ultimo secolo, registrati in Emilia Romagna.

CLASSI DI MAGNITUDO	INTERVALLO DI 100 ANNI		INTERVALLO DI 200 ANNI		INTERVALLO DI 300 ANNI		INTERVALLO DI 400 ANNI	
	Numero di terremoti	Tempo in anni di ripetizione	Numero di terremoti	Tempo in anni di ripetizione	Numero di terremoti	Tempo in anni di ripetizione	Numero di terremoti	Tempo in anni di ripetizione
4.5 < Ma < 5.0	28	3,6	56	3,6	67	4,5	75	5,3
5.0 < Ma < 5.5	10	10,0	16	12,5	22	13,6	27	14,8
5.5 < Ma < 6.0	3	33,3	4	50,0	6	50,0	8	50,0
Ma > 6.0	-	-	-	-	-	-	-	-
Tutte*	76	1,3	129	1,5	147	2,0	173	2,3

\* tutti gli eventi che hanno prodotto danni (intensità epicentrale massima osservata maggiore di V-VI grado MCS)

Come si può osservare le frequenze che si ottengono nei primi due intervalli, più attendibili perché andando indietro nel tempo il catalogo dei terremoti diventa più incompleto, è di un evento ogni 1.3-1.5 anni.

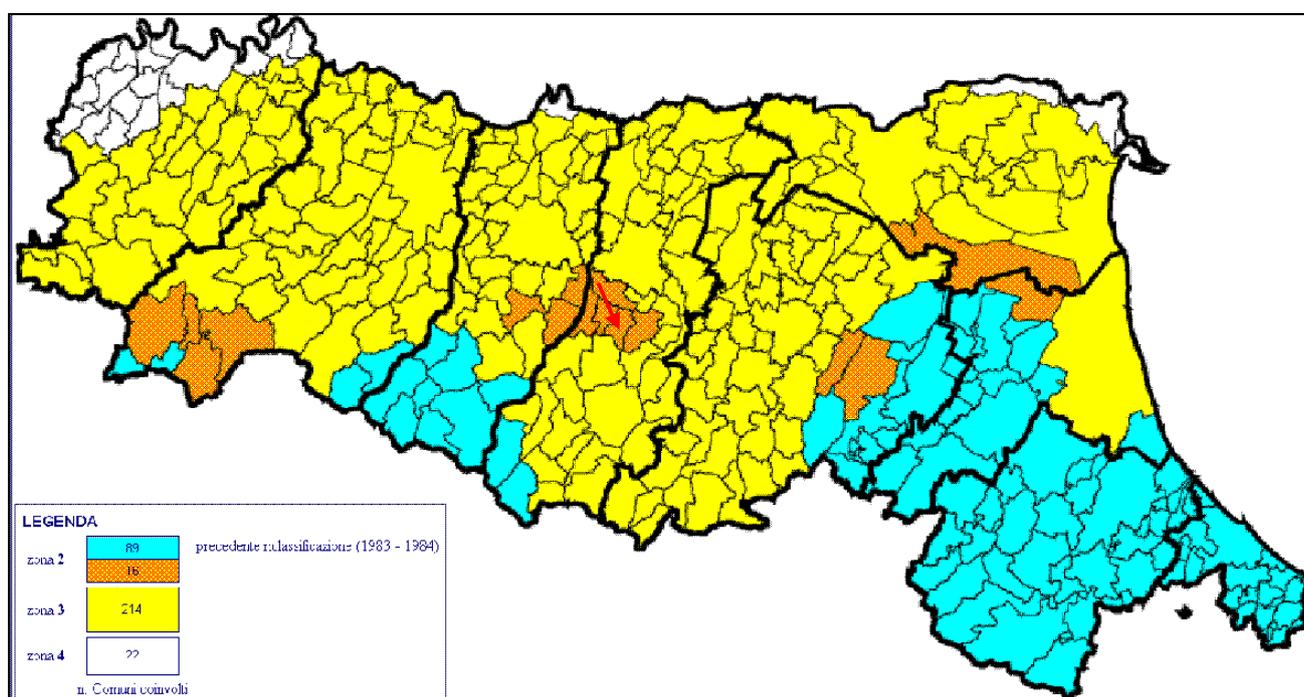
Valori di magnitudo maggiori di 5.0, che corrispondono ad intensità epicentrali di VII-VIII grado MCS indicano un evento ogni 10-12 anni, mentre terremoti con  $Ma > 5.5$  (VIII-IX grado MCS) si ripetono con una frequenza di un evento ogni 50 anni, che si mantiene costante indicando una buona completezza del catalogo.

### 3. *NORMATIVA SISMICA DI RIFERIMENTO*

#### Ordinanza P.C.M. 3274/2003

A seguito della nuova classificazione sismica (Ordinanza P.C.M. 3274 del 20/3/2003 e s.m), il territorio nazionale è diviso in quattro zone sismiche caratterizzate da differenti valori dell'accelerazione orizzontale massima ( $a_g$ ) su suolo di categoria A.

ZONA	VALORE DI $a_g$
1	0,35
2	0,25
3	0,15
4	0,05



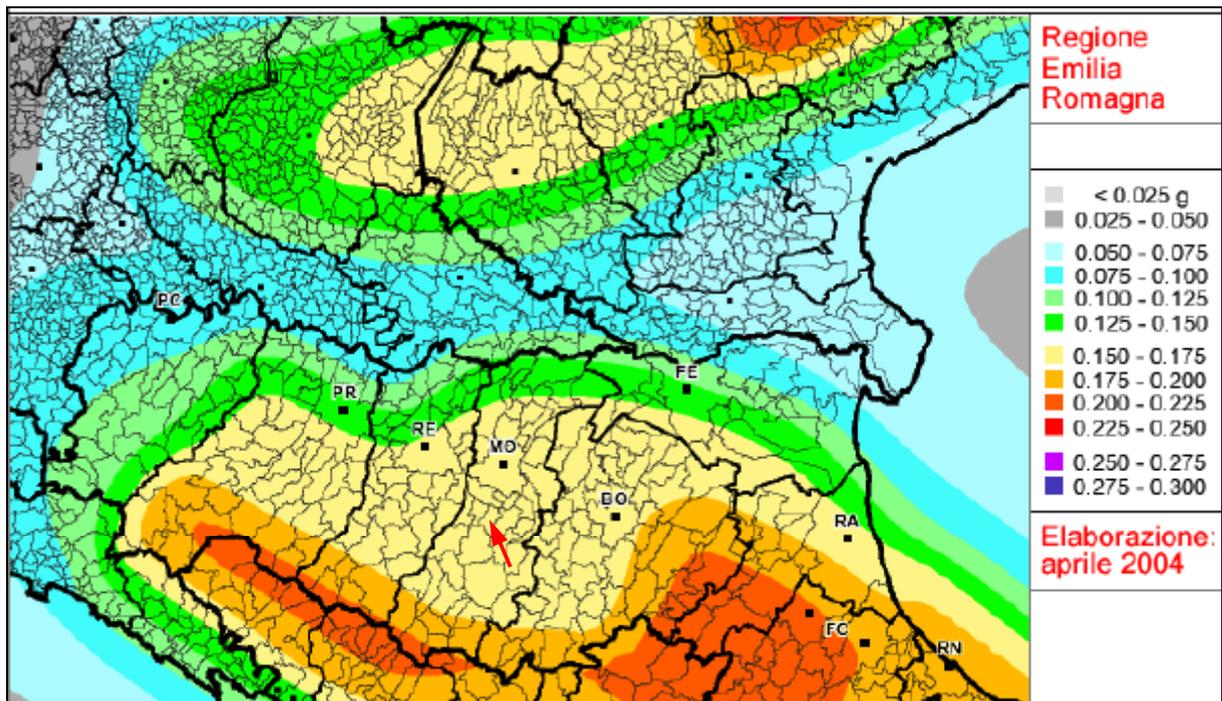
**Figura 3** - Classificazione sismica attuale di riferimento - Ordinanza PCM del 20 marzo 2003 n. 2374 All. 1.

Il Comune di Maranello ricade in “zona sismica 2” a cui corrisponde un'accelerazione orizzontale massima convenzionale su suolo di categoria A, riferita ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni, ed espressa come frazione dell'accelerazione di gravità  $g$ , pari a  $a_g = 0,25g$ .

### Ordinanza P.C.M. 3519/2006

Successivamente, l'Ordinanza PCM 3519/2006 ha indicato i *Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone*.

A tale ordinanza è allegata la *Mappa di Pericolosità sismica di riferimento a scala nazionale* nella quale è possibile verificare che il territorio del Comune di Maranello è compreso nell'area caratterizzata da **valori dell'accelerazione massima al suolo (amax)**, con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita ai suoli molto rigidi ( $V_{s30} > 800$  m/s; cat. A, All. 2, 3.1), **compresi tra 0,150 e 0,175** l'accelerazione di gravità **g**.



**Figura 4** - Mappa di pericolosità sismica espressa in termini di accelerazione massima al suolo (amax) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita ai suoli molto rigidi ( $V_{s30} > 800$  m/s; cat. A) allegata all'Ordinanza PCM n. 3519 del 28 aprile 2006. (Fonte: Sito web della Regione Emilia-Romagna).

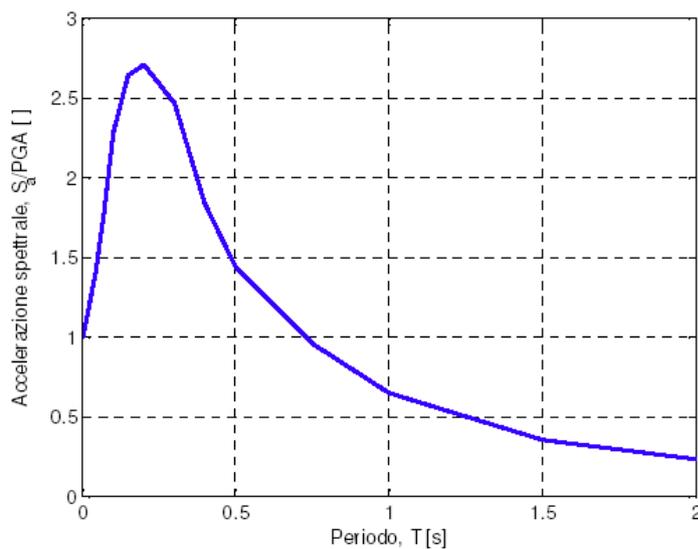
**Del. Rer. 112/2007**

Recentemente poi, la RER ha approvato la Del. n. 112 del 02-05-2007 “Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica.”; in All. A4 sono riportati i valori di accelerazione max, espressa sempre in frazione dell’accelerazione di gravità  $g$  ( $a_{refg}$ ), per ogni comune della Regione.

MO	Guiglia	0.160
MO	Lama Mocogno	0.161
<b>MO</b>	<b>Maranello</b>	<b>0.163</b>
MO	Marano sul Panaro	0.161
MO	Medolla	0.150
MO	Mirandola	0.141

Per il Comune di Maranello risulta  $a_{refg}=0,163$ .

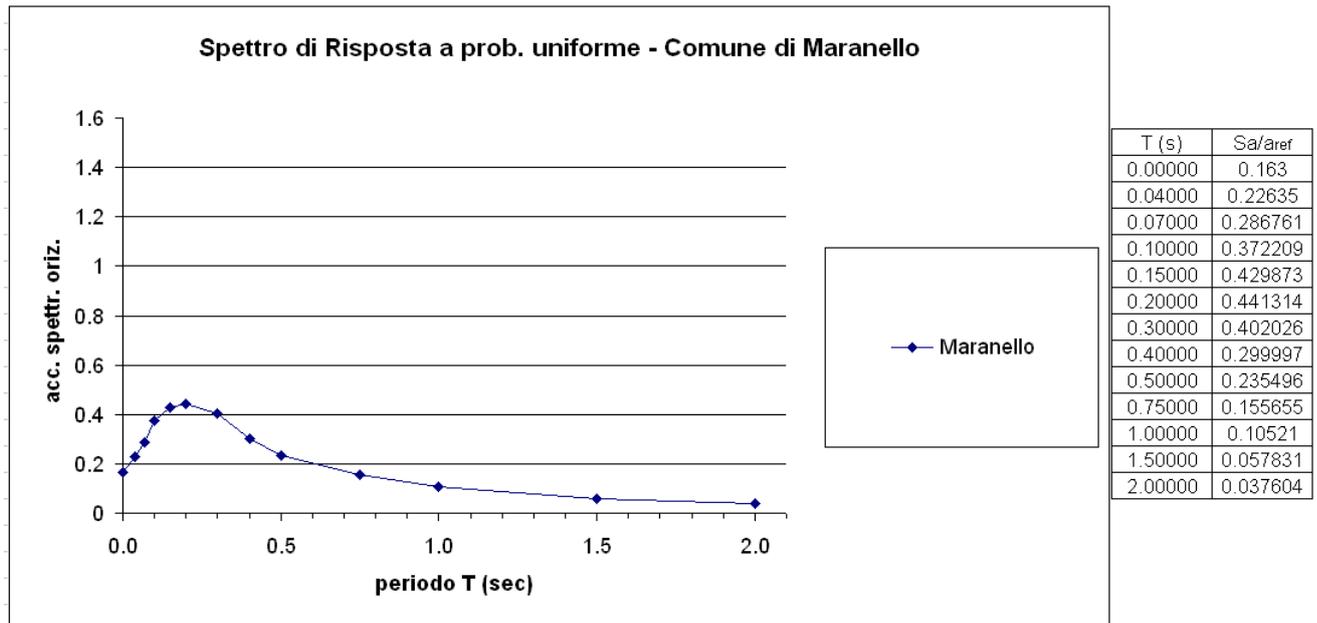
La RER fornisce lo spettro di risposta normalizzato, dal quale è possibile ottenere, moltiplicando i valori della tabella seguente per il valore di  $a_{refg}$  di ogni comune (vedi sopra), lo spettro di risposta a probabilità uniforme che descrive le caratteristiche del moto sismico atteso per ogni comune dell’Emilia-Romagna.



T (s)	Sa/a <sub>refg</sub>
0,00000	1,00000
0,04000	1,38865
0,07000	1,75927
0,10000	2,28349
0,15000	2,63726
0,20000	2,70745
0,30000	2,46642
0,40000	1,84047
0,50000	1,44476
0,75000	0,95494
1,00000	0,64546
1,50000	0,35479
2,00000	0,23070

Spettro di risposta normalizzato ( $T_R = 475$  anni, smorzamento = 5%) per l’Emilia-Romagna, e valori che lo definiscono.

Nella prima colonna sono riportati i valori del periodo proprio  $T$ , espresso in secondi, nella seconda i valori di accelerazione spettrale normalizzata al valore di accelerazione massima orizzontale (PGA), espressa in frazione dell’accelerazione di gravità  $g$  (pari a  $9.81\text{m/s}^2$ ), al corrispondente periodo  $T$ .



### 3.1 Norme tecniche per le costruzioni – Azione sismica

#### Categorie di sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi. In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (Tabelle seguenti).

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Ai fini della identificazione della categoria di sottosuolo, la classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente  $V_{s30}$  di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità.

La misura diretta della velocità di propagazione delle onde di taglio è fortemente raccomandata. Nei casi in cui tale determinazione non sia disponibile, la classificazione può essere effettuata in base ai valori del numero equivalente di colpi della prova penetrometrica dinamica (*Standard Penetration Test*)  $N_{spt30}$  nei terreni prevalentemente a grana grossa e della resistenza non drenata equivalente  $C_{u30}$  nei terreni prevalentemente a grana fina.

Per sottosuoli appartenenti alle ulteriori categorie S1 ed S2 di seguito indicate, è necessario predisporre specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche, particolarmente nei casi in cui la presenza di terreni suscettibili di liquefazione e/o di argille d'elevata sensibilità possa comportare fenomeni di collasso del terreno.

**Tabella 3.2.III – Categorie aggiuntive di sottosuolo.**

Categoria	Descrizione
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Nelle definizioni precedenti  $V_{s30}$  è la velocità media di propagazione delle onde di taglio e viene valutato dalla seguente espressione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s_i}}} \text{ m/s}$$

$h_i$  = spessore dello strato i-esimo

$V_{s_i}$  = velocità onde S nello stato i-esimo

$N$  = numero strati considerati

### Condizioni topografiche – amplificazione topografica $S_T$

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione (Tab. 3.2.IV):

**Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche**

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Le suesposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

**Tabella 3.2.VI – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$**

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	$S_T$
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

#### **4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO E STRUTTURALE**

Per fornire un quadro di sintesi verranno qui ripresi e accennati i caratteri geologici principali del territorio comunale.

Per ulteriori approfondimenti si rimanda all'”Indagine geologico-ambientale (Gasparini et al., 2006) a supporto del Quadro conoscitivo per la redazione del Piano Strutturale Comunale, e alla successiva “Relazione Geologica inerenti gli ambiti del PSC” (Gasparini et al., settembre 2007) alla quale si è fatto comunque ampiamente riferimento per la redazione della presente relazione.

Il territorio del Comune di Maranello si colloca nel settore tra la prima quinta collinare appenninica e l'alta pianura modenese.

Esso è pertanto suddivisibile in un settore di pianura, settore nord, ed un settore di collina, settore Sud.

La gran parte degli ambiti si posiziona nel settore di pianura (settore Nord); solo alcuni si collocano sulle prime colline.

Dal punto di vista geologico il territorio comunale di Maranello si inserisce nell'ambito del sistema geologico dell'Appennino Settentrionale.

La struttura geologica della catena appenninica non termina infatti in coincidenza degli ultimi rilievi posti al margine sud dell'alta pianura modenese, ma prosegue anche al di sotto delle coperture pleistoceniche ed oloceniche di ambiente continentale che formano il sottosuolo della pianura emiliana.

#### 4.1 CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE E GEOLITOLOGICHE

Dal punto di vista litostratigrafico e geolitologico il territorio comunale può essere suddiviso in tre parti:

- **la parte nord**, di pianura, caratterizzata da un substrato formato da sedimenti da molto grossolani a fini, di ambiente continentale depositati prevalentemente dal T. Tiepido, dal T. Grizzaga e in minore misura da altri corsi d'acqua secondari in un intervallo di tempo di circa 1,5 milioni di anni a partire dal Pleistocene inf-medio fino ai giorni nostri. Tali terreni, soprattutto quelli riferibili all'apparato dei conoidi del T. Tiepido che sono i più ampiamente diffusi, sono terrazzati a formare delle estese superfici subpianeggianti o poco acclivi, delimitate da scarpate o rotture di pendio che accomodano dislivelli plurimetrici, poste ciascuna a quote diverse rispetto alle altre e rispetto l'attuale corso fluviale.
- **la parte centrale**, bassa collina, formata quasi completamente da rocce argillose siltose, di ambiente marino, riferibili alla Formazione delle Argille grigio-azzurre (o Argille del T. Tiepido di Gasperi et al., 1987) di età pliocenica;
- **la parte meridionale**, di alta collina, caratterizzata da un substrato roccioso di origine marina, misto argilloso, marnoso e lapideo, riferibile a diverse unità litostratigrafiche inquadrabili all'interno parte alta della Successione epiligure oppure riferibili al dominio Ligure, di età variabile compresa fra il Cretaceo ed il Messiniano.

Si distinguono poi l'alveo e la valle del Tiepido che tende ad allargarsi fortemente a nord di Torre Maina, per la presenza di un substrato riferibile alle summenzionate unità (dal Cretaceo al Pliocene), ma che è generalmente ricoperto da depositi continentali recenti.

#### 4.2 CARATTERISTICHE GEOLOGICO-STRUTTURALI

Esistono elementi geologico strutturali sepolti che marcano morfologicamente il confine tra alta pianura e collina. Tra questi è importante ricordare la struttura denominata Faglia flessura di Sassuolo (Gasperi et al., 1989) che sarebbe compresa nel fascio di strutture compressive pedeappenninico denominato *Lineamento Frontale Pedeappenninico* (Castellarin et al., 1985).

Tale struttura secondo Gasperi et al., (1989) non dislocerebbe i depositi ghiaiosi che formano l'unità di Vignola e pertanto la sua attività con effetti prossimi alla superficie si sarebbe arrestata nel Pleistocene superiore. Nel Foglio n.219 della Carta Geologica d'Italia (Gasperi et al., 2005) la struttura è indicata come faglia incerta, mentre la Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna (RER, CNR, 2004) annovera la *Faglia flessura di Sassuolo* tra le strutture sepolte classificandola come sovrascorrimento compreso tra le strutture sepolte "attive e recenti" precisando che si tratta di strutture lungo le quali si sono avuti movimenti nell'ultimo milione di anni.

## 5. PERICOLOSITÀ SISMICA ED EFFETTI LOCALI

La componente pericolosità del rischio sismico dipende:

- dalle caratteristiche sismiche dell'area, cioè dalle sorgenti sismiche, dall'energia, dal tipo e dalla frequenza dei terremoti; questi aspetti sono comunemente indicati come “pericolosità sismica di base”;
- dalle caratteristiche geologiche e morfologiche del territorio, in quanto alcuni depositi e forme del paesaggio possono modificare le caratteristiche del moto sismico in superficie e costituire aspetti predisponenti al verificarsi di fenomeni di amplificazione (effetti di sito) o di instabilità dei terreni (cedimenti, frane, fenomeni di liquefazione); questi aspetti sono comunemente indicati come “effetti locali” e costituiscono la componente di “pericolosità sismica locale”.

### Cenni generali

La diversa entità dei danni prodotti da un terremoto nello stesso ambito territoriale dimostra che le azioni sismiche possono assumere, anche a distanze di poche decine di metri, caratteristiche differenti in funzione delle diverse condizioni geologiche che caratterizzano un dato ambito territoriale (morfologia superficiale, morfologia del substrato roccioso sepolto, presenza e profondità della falda freatica, costituzione e proprietà del sottosuolo, presenza di faglie, ecc).

La microzonazione sismica si propone di studiare e valutare quantitativamente l'influenza che le condizioni geologiche locali hanno sui movimenti del suolo durante un evento sismico.

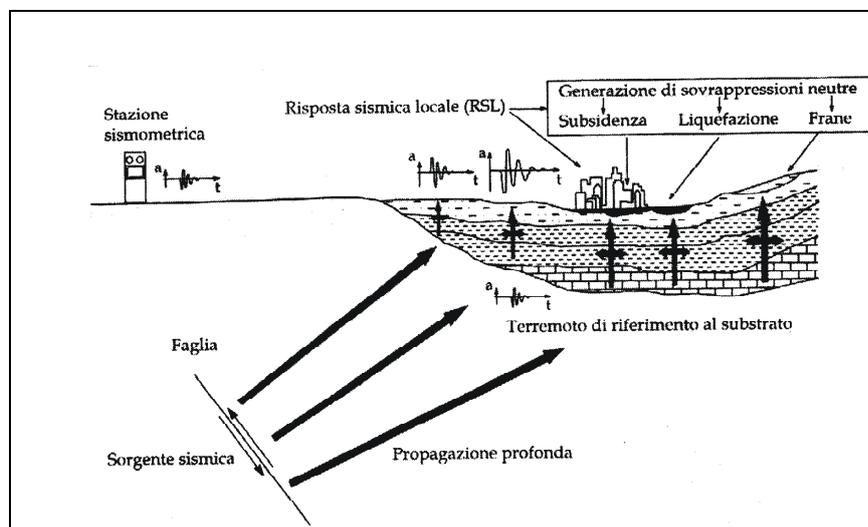


Figura 5 - Schema che illustra il significato della risposta sismica locale.

Il risultato di uno studio di questo tipo si traduce in una carta di dettaglio (carta della microzonazione sismica) che pone limitazioni di natura urbanistica e fornisce prescrizioni di progetto per le costruzioni che, in alcuni casi, possono anche risultare più gravose di quelle contemplate dalle normative vigenti.

L'elemento base della microzonazione sismica è la valutazione della "risposta sismica locale" (RSL). Con tale termine s'intende l'insieme delle modifiche in intensità, ampiezza e frequenza, che un moto sismico relativo ad una formazione rocciosa di base (bedrock), posta ad una certa profondità nel sottosuolo, subisce attraverso gli strati di terreno sovrastanti fino alla superficie.

L'esperienza e le ricerche sul terreno, hanno messo in evidenza l'esistenza di aree che tendono a risentire maggiormente degli effetti distruttivi delle scosse telluriche, rispetto ad altre aree poste nelle loro immediate vicinanze. Tale comportamento è legato alla possibilità del verificarsi di fenomeni quali l'effetto di amplificazione sismica, la liquefazione, l'effetto d'instabilità da terremoto.

### *Amplificazione sismica*

Terreni con caratteristiche geotecniche particolarmente scadenti possono, in condizioni di sollecitazione sismica, perdere temporaneamente o permanentemente la capacità portante a loro ascrivibile in condizioni statiche, causando cedimenti e lesioni negli edifici, anche se questi sono stati costruiti secondo criteri tali da far loro sopportare le sollecitazioni indotte dai terremoti attesi. Altro caso riguarda l'effetto di liquefazione in condizioni sismiche dei terreni sabbiosi saturi che, sotto sollecitazioni cicliche, tendono a perdere la loro resistenza al taglio.

In alcuni casi, le particolari caratteristiche del sito, sia di tipo morfologico sia derivanti dalla natura del substrato, possono determinare effetti di amplificazione delle sollecitazioni, rispetto ad una situazione tipo. Si precisa che la situazione tipo è, negli studi di microzonazione sismica, definita da un'area pianeggiante con substrato roccioso (bedrock) che risente del terremoto di riferimento per il sito in questione, rispetto al quale si verifica l'eventuale effetto di amplificazione.

Tale effetto di amplificazione è legato alla presenza di terreni con rigidità inferiori a quella di riferimento; tale condizione di minore rigidità può ad esempio essere espressa dal valore dell'impedenza acustica della roccia (prodotto della densità per la velocità delle onde sismiche): più l'impedenza sismica della roccia è minore rispetto a quella della roccia di riferimento più l'effetto di amplificazione si rende evidente.

L'effetto di amplificazione sismica si risente poi anche quando il substrato è costituito da "terreni" (in senso geotecnico: terreni quaternari, depositi superficiali, ecc.), che per la loro stessa natura sono caratterizzati da valori di impedenza acustica sempre inferiori a quelli della roccia di riferimento. In questi casi, tuttavia, accade spesso che il fenomeno di amplificazione non risulta la causa delle lesioni e dei crolli degli edifici costruiti su questi terreni. In effetti, sono le caratteristiche geotecniche dei medesimi, che in condizioni di sollecitazione sismica tendono a peggiorare decisamente, a determinare i crolli: a causa della perdita di capacità portante alle strutture di fondazione, che avviene prima che l'effetto di amplificazione venga risentito dalla struttura degli immobili.

## 6. SEQUENZE LITOSTRATIGRAFICHE TIPO

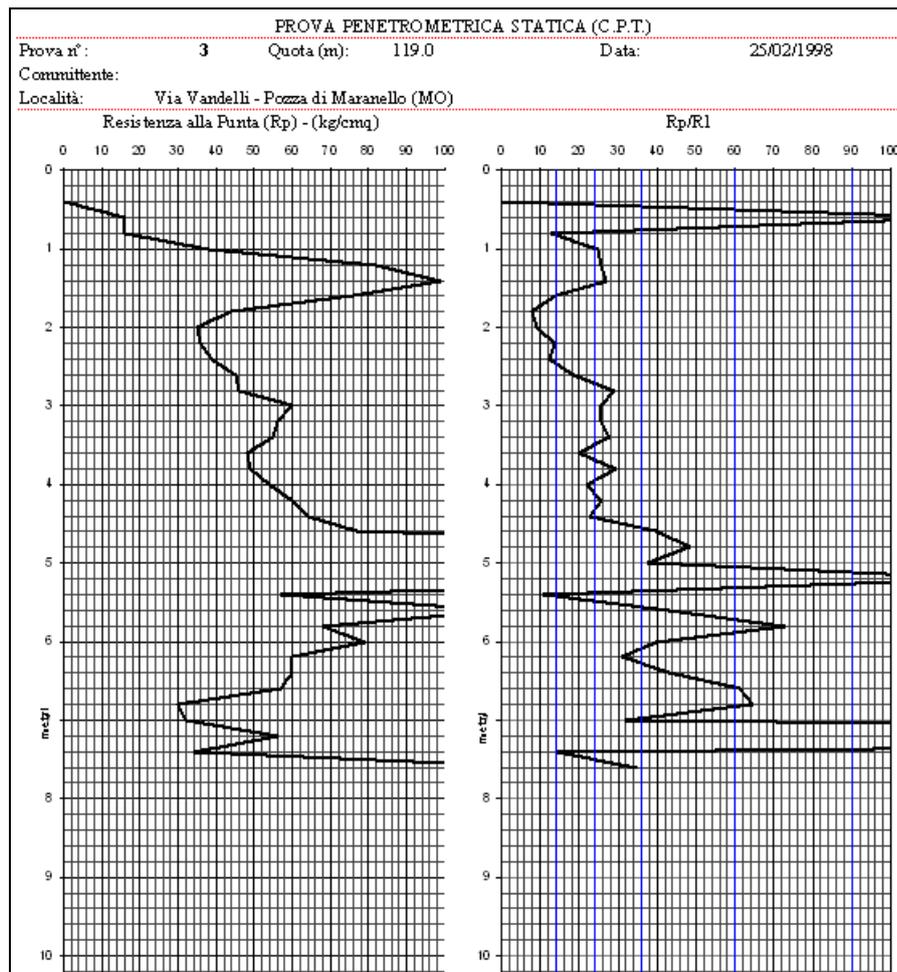
Le aree urbanizzate e urbanizzabili possono essere raggruppate essenzialmente in quattro situazioni caratterizzate da sequenze litostratigrafiche tipo:

- zona di pianura orientale
- zona di pianura centro occidentale
- fondovalle Tiepido
- collina

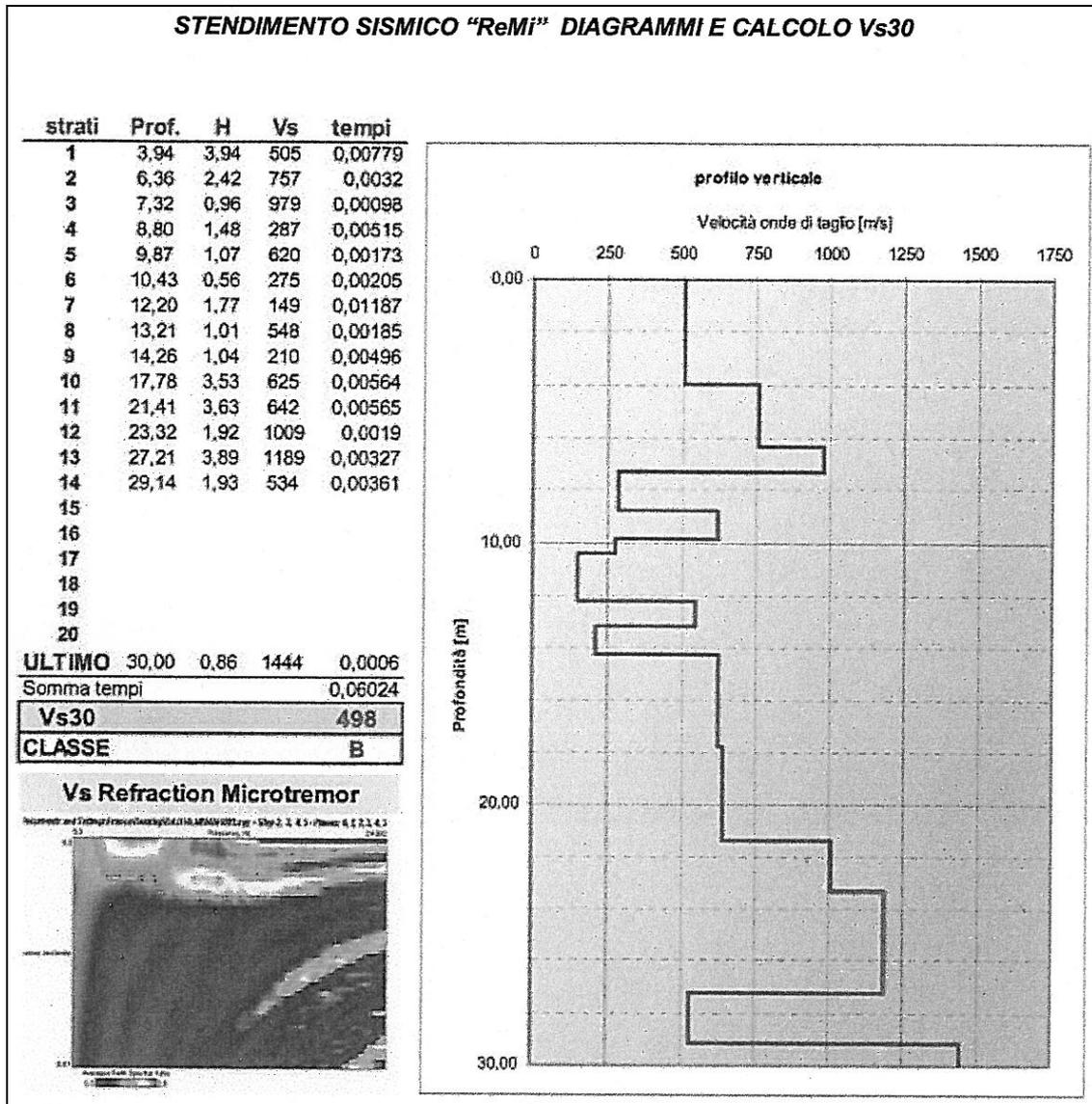
### PIANURA ORIENTALE – ABITATO DELLA POZZA

In questa zona si rilevano alternanze variabili di limi-argille con livelli grossolani sabbiosi-ghiaiosi. Gran parte delle prove penetrometriche dinamiche consultate hanno intercettato le ghiaie a quote comprese tra 1-3 m (Allegato – Ind. Geognostiche).

La prova penetrometrica statica seguente, eseguita immediatamente a nord dell'abitato di Pozza, oltrepassa un debole livello grossolano superficiale per poi incontrare nuovamente le ghiaie intorno ai 7-8 m di profondità.



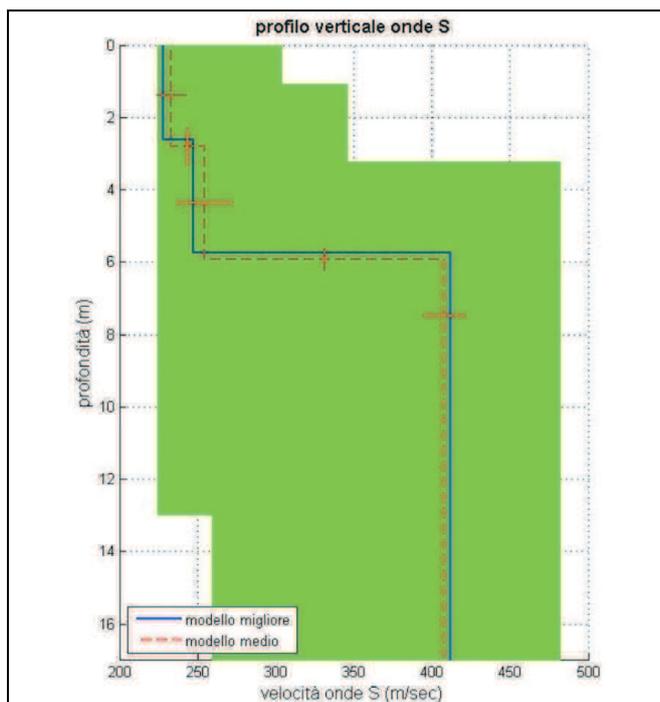
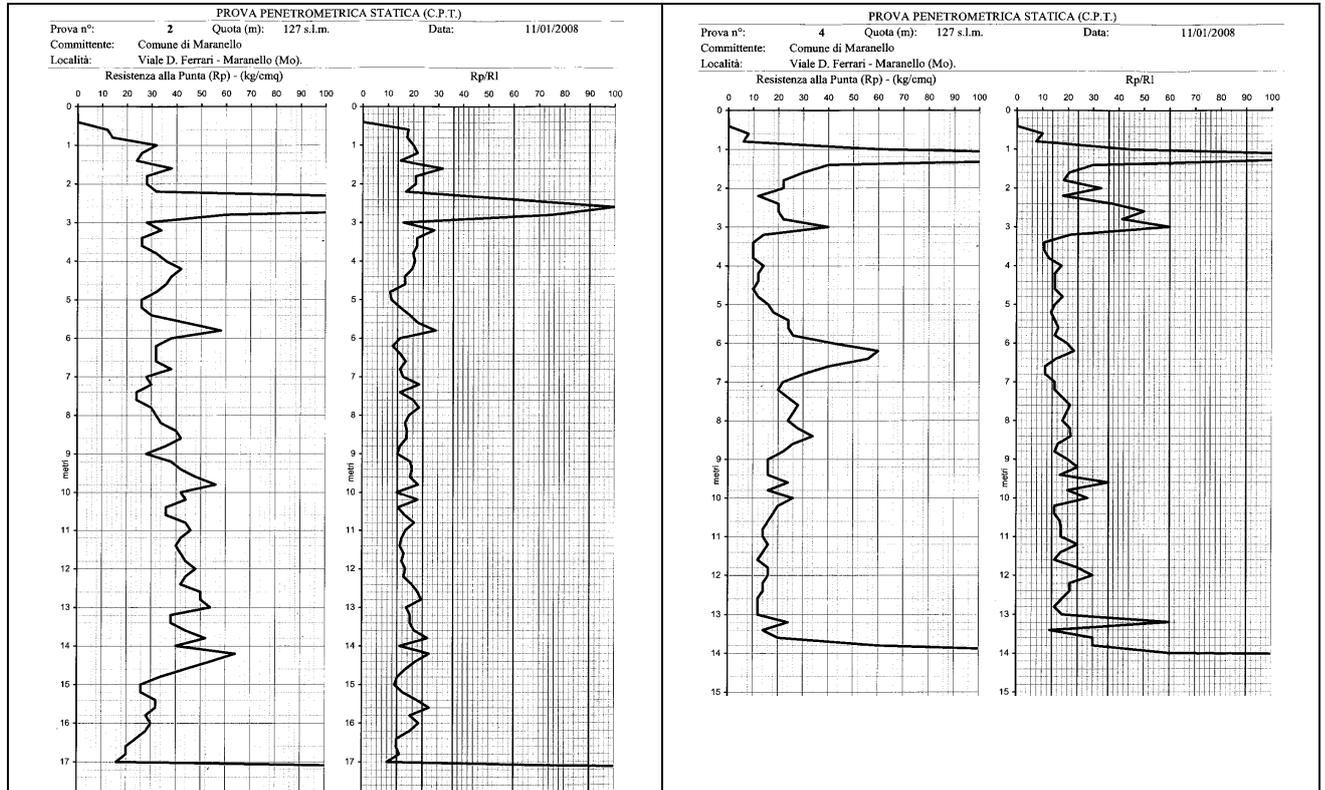
Di seguito si riporta una ReMi eseguita nella parte nord-occidentale dell'abitato di Pozza, che conferma un'alternanza di terreni fini-grossolani.



## PIANURA CENTRO-OCCIDENTALE – ABITATO DI MARANELLO

Il settore occidentale della fascia di pianura del territorio comunale e buona parte dell'abitato di Maranello presenta una sequenza di terreni prevalentemente medio-fini, con livello di ghiaia a profondità variabile ma spesso oltre i 10-15 m.

Di seguito si riportano a titolo di esempio due prove statiche eseguite in Viale D. Ferrari.



← ReMi eseguita nell'ambito AR2a situato al bordo occidentale dell'abitato di Maranello.

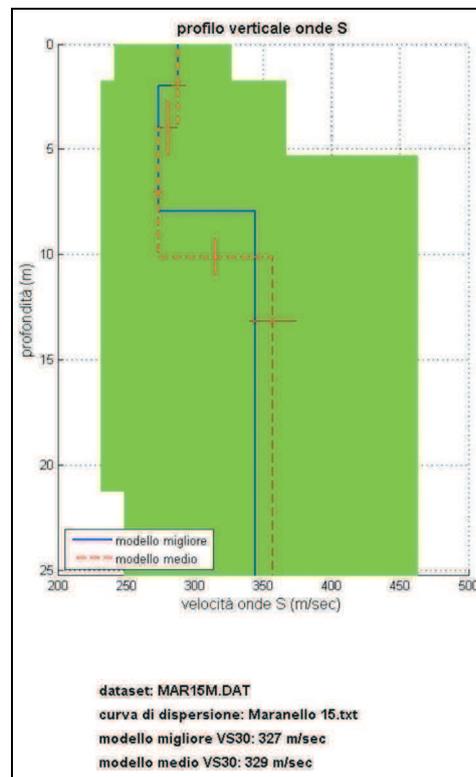
## FONDOVALLE TIEPIDO

La zona di Fondovalle del Tiepido presenta tipicamente un materasso alluvionale grossolano posto a tetto delle Argille grigio-azzurre marine.



Tipica sequenza litostratigrafica del fondovalle del T. Tiepido; la foto è stata scattata in uno sbancamento edile in destra idrografica, nella fascia compresa tra gli abitati di Gorzano e Pozza.

Di seguito di riporta una ReMi eseguita nell'ambito AR3i posto in sinistra idrografica del T. Tiepido a sud di Torre Maina.

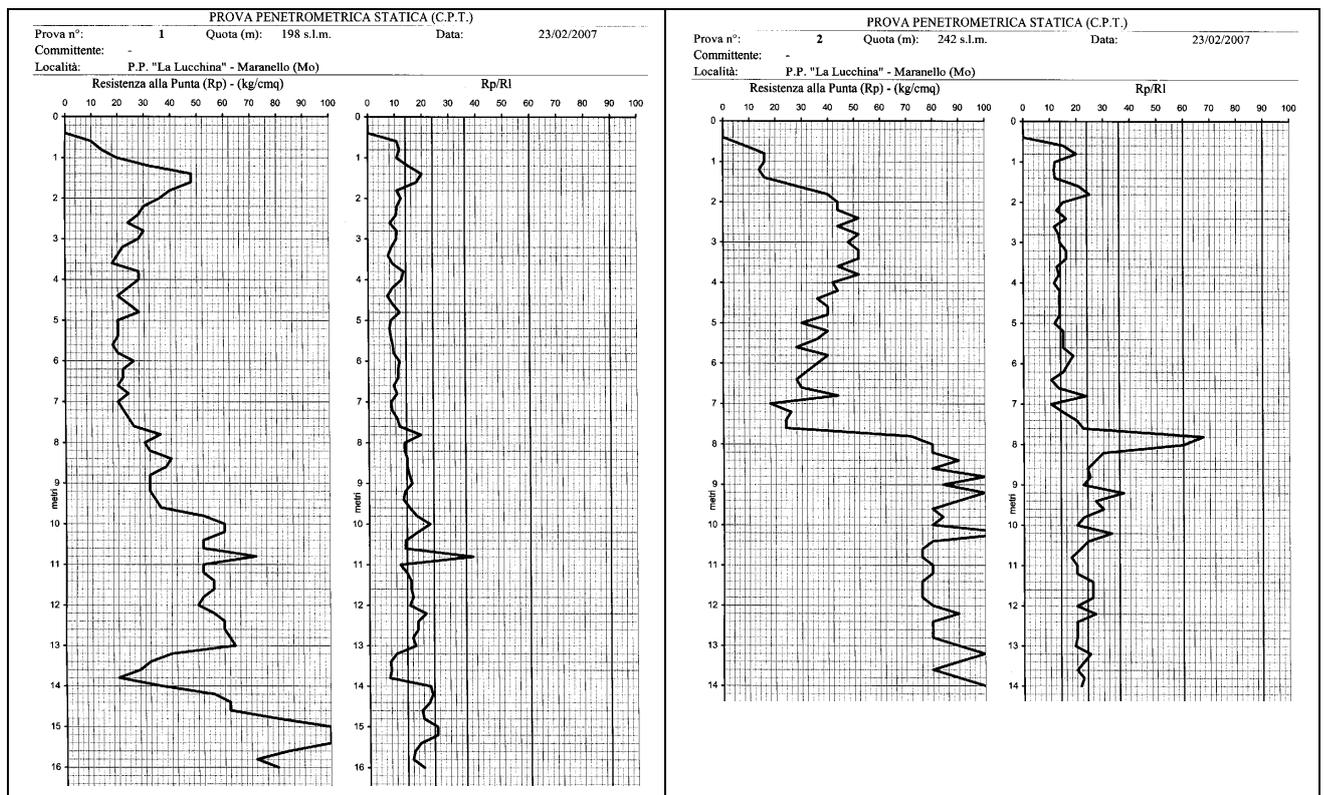


## COLLINA

I perimetri urbanizzati principali situati in collina (La Lucchina, La Svolta, S. Venanzio, Fogliano), si collocano tutti in zone di dorsale. A seguire l'esempio tipo della "Lucchina".

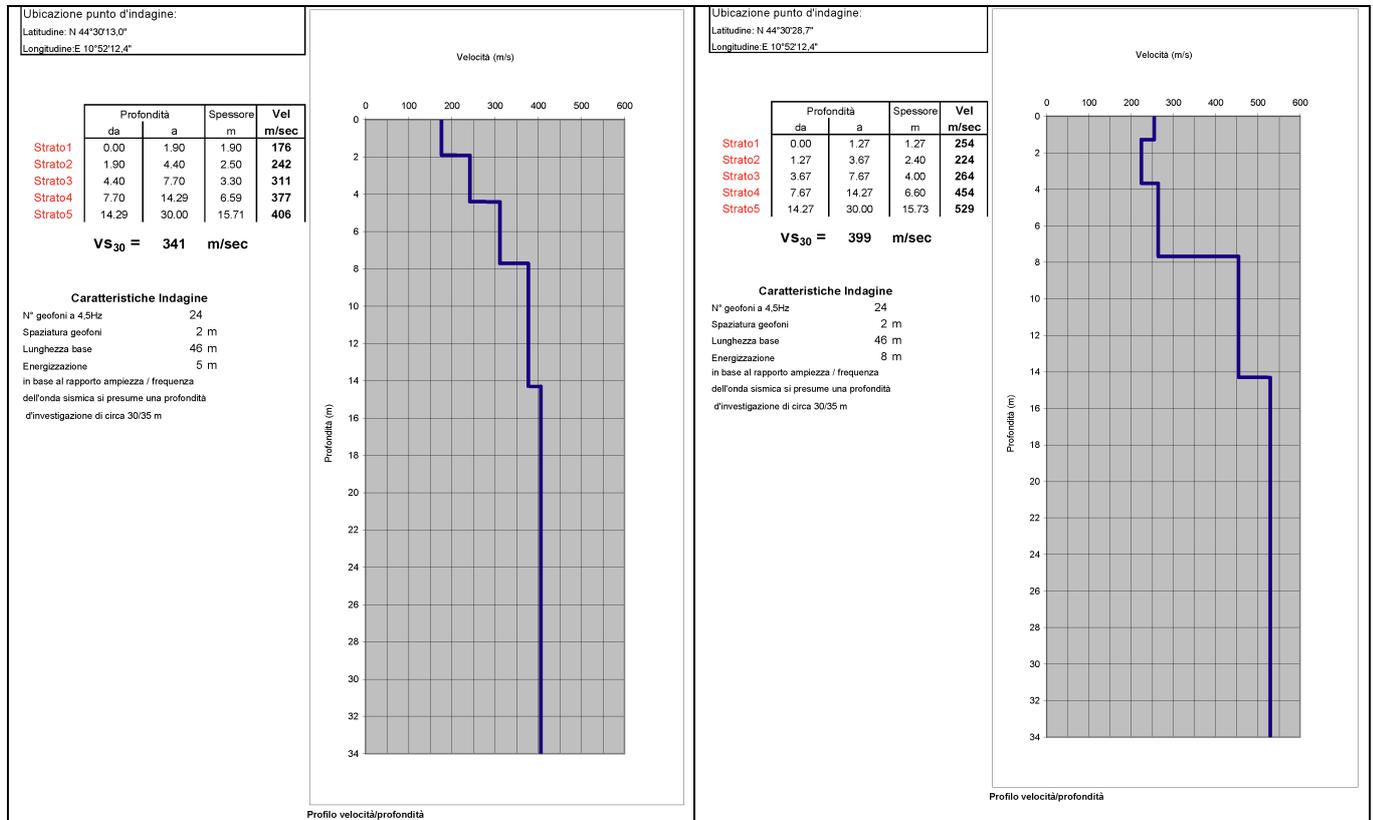


Vista da est della dorsale su cui si colloca "La Lucchina" posta immediatamente a sud di Gorzano.



Due prove statiche eseguite all'interno del perimetro urbanizzato della **Lucchina**. Si apprezza con chiarezza il passaggio tra i terreni di copertura e il substrato argilloso decompresso e alterato. Siamo nel dominio delle Argille siltose grigio azzurre plioceniche.

Di seguito riportano i risultati ottenuti da due MASW eseguite sempre all'interno del perimetro urbanizzato della Lucchina.



## **7. DESCRIZIONE DELLA CARTOGRAFIA PRODOTTA**

A supporto della cartografia prodotta oltre alle indagini utilizzate per l'elaborazione delle carte del Sistema naturale a ambientale del Quadro conoscitivo (Gasparini e a. 2005-2007), sono state consultate le seguenti indagini geognostiche, ricadenti all'interno dei perimetri urbanizzati e ambiti urbanizzabili:

- n° 23 stratigrafie di pozzi
- n° 66 prove penetrometriche dinamiche
- n° 15 prove penetrometriche statiche
- n° 5 sondaggi a carotaggio continuo
- n° 20 MASW comprensivi di sismica a rifrazione
- n° 1 REMI
- n° 3 stendimenti di sismica a rifrazione con determinazione di  $V_p$
- prove geotecniche di laboratorio

### **7.1 Carta degli Effetti Locali Attesi 1:5.000 (Tav. 1)**

Questa carta ha inteso definire quelle parti del territorio suscettibili di effetti locali, evidenziando il tipo di effetto.

La carta degli effetti deriva dalla sovrapposizione degli elementi riportati nelle carte geolitologica, geomorfologica e del dissesto e grazie a tutti i rilievi, osservazioni e valutazioni di tipo geologico geomorfologico, litotecnico, svolte a scala comunale nella fase di redazione del Quadro Conoscitivo del PSC di Maranello.

Il territorio comunale presenta i seguenti effetti locali:

- amplificazione sismica per caratteristiche litostratigrafiche
- amplificazione sismica per caratteristiche topografiche
- instabilità dei versanti

La legenda della carta è stata redatta sulla base della bozza della "Carta provinciale delle aree suscettibili di effetti locali" in fase di redazione a corredo del nuovo PTCP della Prov. di Modena.

Per ogni area individuata, oltre all'individuazione del tipo di effetto locale, vengono indicati gli studi e le valutazioni da eseguire nella fase successiva della microzonazione sismica.

### **7.2 Carta di Sintesi 1:10.000 (Tav. 2)**

Come richiesto dalla Del. Reg. 112/2007, questa carta individua:

- le aree che non necessitano di approfondimento oltre il primo livello (colore bianco)
- le aree che necessitano dell'analisi semplificata, secondo livello di approfondimento (colore giallo).
- le aree che necessitano di un'analisi approfondita, terzo livello di approfondimento (colore rosso).

### 7.3 Carta della Pericolosità 1:5.000 (Tav. 3)

A corredo della Carta della Pericolosità sono state redatte anche le seguenti cartografie:

- Carta clivometrica (1:25.000)
- Carta del fattore di amplificazione topografica (1:25.000)

#### **Carta clivometrica**

Questa carta ha inteso definire la morfologia del territorio in base alle inclinazioni. Le classi individuate hanno un range di 5°.

#### **Carta del fattore di amplificazione topografica**

Per la valutazione del fattore di amplificazione topografica ST si fa riferimento alla normativa nazionale (O.P.C.M. n° 3274 del 20/03/2003, D.M. 14/01/2008).

In via cautelativa, e considerando il carattere territoriale e pianificatorio del presente studio, sono stati adottati i seguenti valori:

- 1.0 per le aree pianeggianti, subpianeggianti, per i pendii con pendenze medie  $\leq 15^\circ$ , e per le zone di dorsale con fianchi con  $i \leq 15^\circ$ .
- 1.2 per tutto lo sviluppo dei pendii con pendenze medie  $\geq 15^\circ$  e sulle dorsali con fianchi con  $i \geq 15^\circ$ .
- 1.4 per i tratti di pendio con pendenza  $\geq 30^\circ$ .

La Carta mette quindi in evidenza le aree con inclinazione  $\leq 15^\circ$  (colore bianco), quelle con  $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$  (giallo), e quelle con  $i \geq 30^\circ$  (rosso)

In fase di Poc, Pua ed esecutiva, si potranno discriminare i vari settori dei pendii e dorsali, determinando l'effettivo valore di ST, considerando che l'effetto di amplificazione topografico è massimo nei tratti superiori dei pendii in corrispondenza delle zone di cresta e di dorsale.

La **Carta della Pericolosità Sismica** suddivide il territorio comunale in zone a diversa pericolosità sismica locale e fornisce, per le aree indagate direttamente con indagini geofisiche, una stima qualitativa della risposta sismica locale dei depositi e delle morfologie presenti.

Sulla base dei dati geognostici in possesso e in funzione degli effetti locali individuati si è ritenuta adeguata una scala di rappresentazione al 5'000.

L'analisi della pericolosità locale si è basata, oltre che sull'acquisizione dei dati geologici e geomorfologici e litotecnici delle carte del PSC, su ulteriori dati (stratigrafie di pozzi, prove penetrometriche, sondaggi a carotaggio continuo, indagini geofisiche di superficie, prove geotecniche di laboratorio). eseguite all'interno dei perimetri urbanizzati e negli ambiti soggetti a futura urbanizzazione (All. 1 - Indagini Geognostiche).

La determinazione dei coefficienti di amplificazione sia litostratigrafica che topografica e dell'accelerazione massima in superficie, ha permesso di fornire un'analisi qualitativa della risposta sismica locale.

Per quanto riguarda gli ambiti suscettibili di urbanizzazione e i perimetri urbanizzati, laddove le indagini dirette lo hanno permesso, nelle pagine seguenti vengono fornite delle schede informative (Tav. 3) contenenti i parametri utili per un'analisi della risposta sismica locale (2° livello di approfondimento).

**MICROZONAZIONE SISMICA**  
**SCHEDE AMBITI**

**AR.2A - VIA CLAUDIA OVEST**

<i>geomorfologia</i>	<i>litostratigrafia</i>	<i>substrato</i>
pianura	alluvioni composte da alternanze limi-argille sabbie con livello di ghiaia a -8 m.	argilloso marino a prof. <100 m Vs<800 m/s

*Parametri*

<i>tipo di amplificazione</i>	litostratigrafica
<i>VsH (Vs della copertura e/o livello superficiale)</i>	235 m/s
<i>Vs30 (Vs 30 metri)</i>	376 m/s
<i>categoria suolo</i>	B
<i>F.A. P.G.A. (fattore d'amplificazione litostratigrafica)</i>	1.6
<i>S.T. (fattore d'amplificazione topografica)</i>	0
<i>Ago (accelerazione. max. orizzontale di picco al suolo)</i>	0.163
<i>a<sub>max</sub> (accelerazione massima in superficie per T=0)</i>	0.261

**AR.2F - CEMAR**

<i>geomorfologia</i>	<i>litostratigrafia</i>	<i>substrato</i>
pianura	alluvioni composte da alternanze limi-argille sabbie con ghiaia variabile tra 2-6 m.	argilloso marino a prof. <100 m Vs<800 m/s.

*Parametri*

<i>tipo di amplificazione</i>	litostratigrafica
<i>VsH (Vs della copertura e/o livello superficiale)</i>	360 m/s
<i>Vs30 (Vs 30 metri)</i>	465 m/s
<i>categoria suolo</i>	B
<i>F.A. P.G.A. (fattore d'amplificazione litostratigrafica)</i>	1.5
<i>S.T. (fattore d'amplificazione topografica)</i>	0
<i>Ago (accelerazione. max. orizzontale di picco al suolo)</i>	0.163
<i>a<sub>max</sub> (accelerazione massima in superficie per T=0)</i>	0.244

**AR.2H - FOGLIANO**

<i>geomorfologia</i>	<i>litostratigrafia</i>	<i>substrato</i>
collina, dorsale con fianchi con $i > 15^\circ$	terreni alterati di copertura (~7m) poi substrato decompresso alterato (~7-13m)	argilloso marino $V_s < 800$ m/s

*Parametri*

<i>tipo di amplificazione</i>	Litostratigrafica topografica
<i>V<sub>sH</sub> (V<sub>s</sub> della copertura e/o livello superficiale)</i>	165 m/s
<i>V<sub>s30</sub> (V<sub>s</sub> 30 metri)</i>	269 m/s
<i>categoria suolo</i>	C
<i>F.A. P.G.A. (fattore d'amplificazione litostratigrafica)</i>	2.2
<i>S.T. (fattore d'amplificazione topografica)</i>	0
<i>Ago (accelerazione. max. orizzontale di picco al suolo)</i>	0.163
<i>a<sub>max</sub> (accelerazione massima in superficie per T=0)</i>	0.430

**AR.2C – BELL'ITALIA**

<i>geomorfologia</i>	<i>litostratigrafia</i>	<i>substrato</i>
pianura	alluvioni composte da alternanze limi-argille sabbie con ghiaia intorno ai 4 m.	argilloso marino a prof. <100 m $V_s < 800$ m/s.

*Parametri*

<i>tipo di amplificazione</i>	litostratigrafica
<i>V<sub>sH</sub> (V<sub>s</sub> della copertura e/o livello superficiale)</i>	240 m/s
<i>V<sub>s30</sub> (V<sub>s</sub> 30 metri)</i>	492 m/s
<i>categoria suolo</i>	B
<i>F.A. P.G.A. (fattore d'amplificazione litostratigrafica)</i>	1.4
<i>S.T. (fattore d'amplificazione topografica)</i>	0
<i>Ago (accelerazione. max. orizzontale di picco al suolo)</i>	0.163
<i>a<sub>max</sub> (accelerazione massima in superficie per T=0)</i>	0.228

**AR.3F – GORZANO VIA VANDELLI**

<i>geomorfologia</i>	<i>litostratigrafia</i>	<i>substrato</i>
fondovalle T. Tiepido	livello di ghiaia subaffiorante a tetto del substrato argilloso marino posto a breve profondità.	argilloso marino $V_s < 800$ m/s.

*Parametri*

<i>tipo di amplificazione</i>	litostratigrafica
<i>V<sub>sH</sub> (V<sub>s</sub> della copertura e/o livello superficiale)</i>	250 m/s
<i>V<sub>s30</sub> (V<sub>s</sub> 30 metri)</i>	297 m/s
<i>categoria suolo</i>	C
<i>F.A. P.G.A. (fattore d'amplificazione litostratigrafica)</i>	1.6
<i>S.T. (fattore d'amplificazione topografica)</i>	0
<i>Ago (accelerazione. max. orizzontale di picco al suolo)</i>	0.163
<i>a<sub>max</sub> (accelerazione massima in superficie per T=0)</i>	0.261

**AR.3G – PIEMME TORRE DELLE OCHE**

<i>geomorfologia</i>	<i>litostratigrafia</i>	<i>substrato</i>
collina fondovalle	livello di ghiaia subaffiorante a tetto del substrato argilloso marino posto a breve profondità.	argilloso marino $V_s < 800$ m/s.

*Parametri*

<i>tipo di amplificazione</i>	litostratigrafica
<i>V<sub>sH</sub> (V<sub>s</sub> della copertura e/o livello superficiale)</i>	270 m/s
<i>V<sub>s30</sub> (V<sub>s</sub> 30 metri)</i>	300 m/s
<i>categoria suolo</i>	C
<i>F.A. P.G.A. (fattore d'amplificazione litostratigrafica)</i>	1.6
<i>S.T. (fattore d'amplificazione topografica)</i>	0
<i>Ago (accelerazione. max. orizzontale di picco al suolo)</i>	0.163
<i>a<sub>max</sub> (accelerazione massima in superficie per T=0)</i>	0.261

**AR.3I – FONDOVALLE TIEPIDO**

<i>geomorfologia</i>	<i>litostratigrafia</i>	<i>substrato</i>
fondovalle T. Tiepido	livello di ghiaia subaffiorante a tetto del substrato argilloso marino posto a breve profondità.	argilloso marino $V_s < 800$ m/s.

*Parametri*

<i>tipo di amplificazione</i>	litostratigrafica
<i>V<sub>sH</sub> (V<sub>s</sub> della copertura e/o livello superficiale)</i>	270 m/s
<i>V<sub>s30</sub> (V<sub>s</sub> 30 metri)</i>	327 m/s
<i>categoria suolo</i>	C
<i>F.A. P.G.A. (fattore d'amplificazione litostratigrafica)</i>	1.5
<i>S.T. (fattore d'amplificazione topografica)</i>	0
<i>Ago (accelerazione. max. orizzontale di picco al suolo)</i>	0.163
<i>a<sub>max</sub> (accelerazione massima in superficie per T=0)</i>	0.244

**AN.1A – CROCIALE NORD**

<i>geomorfologia</i>	<i>litostratigrafia</i>	<i>substrato</i>
pianura	alluvioni composte da alternanze limi-argille sabbie con livello di ghiaia a -1 m.	argilloso marino a prof. <100 m $V_s < 800$ m/s.

*Parametri*

<i>tipo di amplificazione</i>	litostratigrafica
<i>V<sub>sH</sub> (V<sub>s</sub> della copertura e/o livello superficiale)</i>	280 m/s
<i>V<sub>s30</sub> (V<sub>s</sub> 30 metri)</i>	379 m/s
<i>categoria suolo</i>	B
<i>F.A. P.G.A. (fattore d'amplificazione litostratigrafica)</i>	1.6
<i>S.T. (fattore d'amplificazione topografica)</i>	0
<i>Ago (accelerazione. max. orizzontale di picco al suolo)</i>	0.163
<i>a<sub>max</sub> (accelerazione massima in superficie per T=0)</i>	0.261

**AN.1D – MARANELLO EST**

<i>geomorfologia</i>	<i>litostratigrafia</i>	<i>substrato</i>
pianura	alluvioni composte da alternanze limi-argille sabbie con livello di ghiaia a -1/2 m.	argilloso marino a prof. <100 m Vs<800 m/s.

*Parametri*

<i>tipo di amplificazione</i>	litostratigrafica
<i>VsH (Vs della copertura e/o livello superficiale)</i>	280-400 m/s
<i>Vs30 (Vs 30 metri)</i>	421-525 m/s
<i>categoria suolo</i>	B
<i>F.A. P.G.A. (fattore d'amplificazione litostratigrafica)</i>	1.4-1.5
<i>S.T. (fattore d'amplificazione topografica)</i>	0
<i>Ago (accelerazione. max. orizzontale di picco al suolo)</i>	0.163
<i>a<sub>max</sub> (accelerazione massima in superficie per T=0)</i>	0.228-0.244

**AN.1E – POZZA FOND. OBICI**

<i>geomorfologia</i>	<i>litostratigrafia</i>	<i>substrato</i>
pianura	alluvioni composte da alternanze limi-argille sabbie con livello di ghiaia a -1.5 m.	argilloso marino a prof. <100 m Vs<800 m/s.

*Parametri*

<i>tipo di amplificazione</i>	litostratigrafica
<i>VsH (Vs della copertura e/o livello superficiale)</i>	280 m/s
<i>Vs30 (Vs 30 metri)</i>	486 m/s
<i>categoria suolo</i>	B
<i>F.A. P.G.A. (fattore d'amplificazione litostratigrafica)</i>	1.4
<i>S.T. (fattore d'amplificazione topografica)</i>	0
<i>Ago (accelerazione. max. orizzontale di picco al suolo)</i>	0.163
<i>a<sub>max</sub> (accelerazione massima in superficie per T=0)</i>	0.228

**AN.1F – POZZA VIA NICCHIO**

<i>geomorfologia</i>	<i>litostratigrafia</i>	<i>substrato</i>
fondovalle T. Tiepido	livello di ghiaia subaffiorante a tetto del substrato argilloso marino posto a breve profondità.	argilloso marino $V_s < 800$ m/s.

*Parametri*

<i>tipo di amplificazione</i>	litostratigrafica
<i>V<sub>sH</sub> (V<sub>s</sub> della copertura e/o livello superficiale)</i>	310 m/s
<i>V<sub>s30</sub> (V<sub>s</sub> 30 metri)</i>	480 m/s
<i>categoria suolo</i>	B
<i>F.A. P.G.A. (fattore d'amplificazione litostratigrafica)</i>	1.4
<i>S.T. (fattore d'amplificazione topografica)</i>	0
<i>Ago (accelerazione. max. orizzontale di picco al suolo)</i>	0.163
<i>a<sub>max</sub> (accelerazione massima in superficie per T=0)</i>	0.228

**AN.1G – MARANELLO SUD - GRIZZAGA**

<i>geomorfologia</i>	<i>litostratigrafia</i>	<i>substrato</i>
collina fondovalle	terreni alterati di copertura (~5m) poi substrato decompresso alterato argilloso marino	argilloso marino $V_s < 800$ m/s.

*Parametri*

<i>tipo di amplificazione</i>	litostratigrafica
<i>V<sub>sH</sub> (V<sub>s</sub> della copertura e/o livello superficiale)</i>	230 m/s
<i>V<sub>s30</sub> (V<sub>s</sub> 30 metri)</i>	300 m/s
<i>categoria suolo</i>	C
<i>F.A. P.G.A. (fattore d'amplificazione litostratigrafica)</i>	2.0
<i>S.T. (fattore d'amplificazione topografica)</i>	0
<i>Ago (accelerazione. max. orizzontale di picco al suolo)</i>	0.163
<i>a<sub>max</sub> (accelerazione massima in superficie per T=0)</i>	0.326

**AN.11 – San Venanzio sud**

<i>geomorfologia</i>	<i>litostratigrafia</i>	<i>substrato</i>
collina, sul fianco di dorsale con $i < 15^\circ$	terreni alterati di copertura (~7m) a tetto di substrato decompresso alterato (~7-12m)	argilloso marino $V_s < 800$ m/s.

*Parametri*

<i>tipo di amplificazione</i>	litostratigrafica
<i>V<sub>sH</sub> (V<sub>s</sub> della copertura e/o livello superficiale)</i>	180 m/s
<i>V<sub>s30</sub> (V<sub>s</sub> 30 metri)</i>	276 m/s
<i>categoria suolo</i>	C
<i>F.A. P.G.A. (fattore d'amplificazione litostratigrafica)</i>	2.1
<i>S.T. (fattore d'amplificazione topografica)</i>	0
<i>Ago (accelerazione. max. orizzontale di picco al suolo)</i>	0.163
<i>a<sub>max</sub> (accelerazione massima in superficie per T=0)</i>	0.342

**APS.I – MARANELLO NORD**

<i>geomorfologia</i>	<i>litostratigrafia</i>	<i>substrato</i>
pianura	alluvioni composte da alternanze limi-argille sabbie e ghiaie	argilloso marino a prof. <100 m $V_s < 800$ m/s.

*Parametri*

<i>tipo di amplificazione</i>	litostratigrafica
<i>V<sub>sH</sub> (V<sub>s</sub> della copertura e/o livello superficiale)</i>	360 m/s
<i>V<sub>s30</sub> (V<sub>s</sub> 30 metri)</i>	452-484 m/s
<i>categoria suolo</i>	B
<i>F.A. P.G.A. (fattore d'amplificazione litostratigrafica)</i>	1.4-1.5
<i>S.T. (fattore d'amplificazione topografica)</i>	0
<i>Ago (accelerazione. max. orizzontale di picco al suolo)</i>	0.163
<i>a<sub>max</sub> (accelerazione massima in superficie per T=0)</i>	0.228-0.244

**LA SVOLTA**

<i>geomorfologia</i>	<i>litostratigrafia</i>	<i>substrato</i>
collina, dorsale con fianchi $i > 15^\circ$	terreni alterati di copertura a tetto di substrato decompresso alterato	argilloso marino $V_s < 800$ m/s.

*Parametri*

<i>tipo di amplificazione</i>	litostratigrafica topografica
<i>V<sub>sH</sub> (V<sub>s</sub> della copertura e/o livello superficiale)</i>	180 m/s
<i>V<sub>s30</sub> (V<sub>s</sub> 30 metri)</i>	260 m/s
<i>categoria suolo</i>	C
<i>F.A. P.G.A. (fattore d'amplificazione litostratigrafica)</i>	2.3
<i>S.T. (fattore d'amplificazione topografica)</i>	1.0-1.2
<i>Ago (accelerazione. max. orizzontale di picco al suolo)</i>	0.163
<i>a<sub>max</sub> (accelerazione massima in superficie per T=0)</i>	0.375-0.45

**SAN VENANZIO**

<i>geomorfologia</i>	<i>litostratigrafia</i>	<i>substrato</i>
collina, dorsale	terreni alterati di copertura a tetto di substrato decompresso alterato	argilloso marino $V_s < 800$ m/s.

*Parametri*

<i>tipo di amplificazione</i>	litostratigrafica topografica
<i>V<sub>sH</sub> (V<sub>s</sub> della copertura e/o livello superficiale)</i>	210 m/s
<i>V<sub>s30</sub> (V<sub>s</sub> 30 metri)</i>	287 m/s
<i>categoria suolo</i>	C
<i>F.A. P.G.A. (fattore d'amplificazione litostratigrafica)</i>	2.1
<i>S.T. (fattore d'amplificazione topografica)</i>	1.0-1.2
<i>Ago (accelerazione. max. orizzontale di picco al suolo)</i>	0.163
<i>a<sub>max</sub> (accelerazione massima in superficie per T=0)</i>	0.342-0.411

## LA LUCCHINA

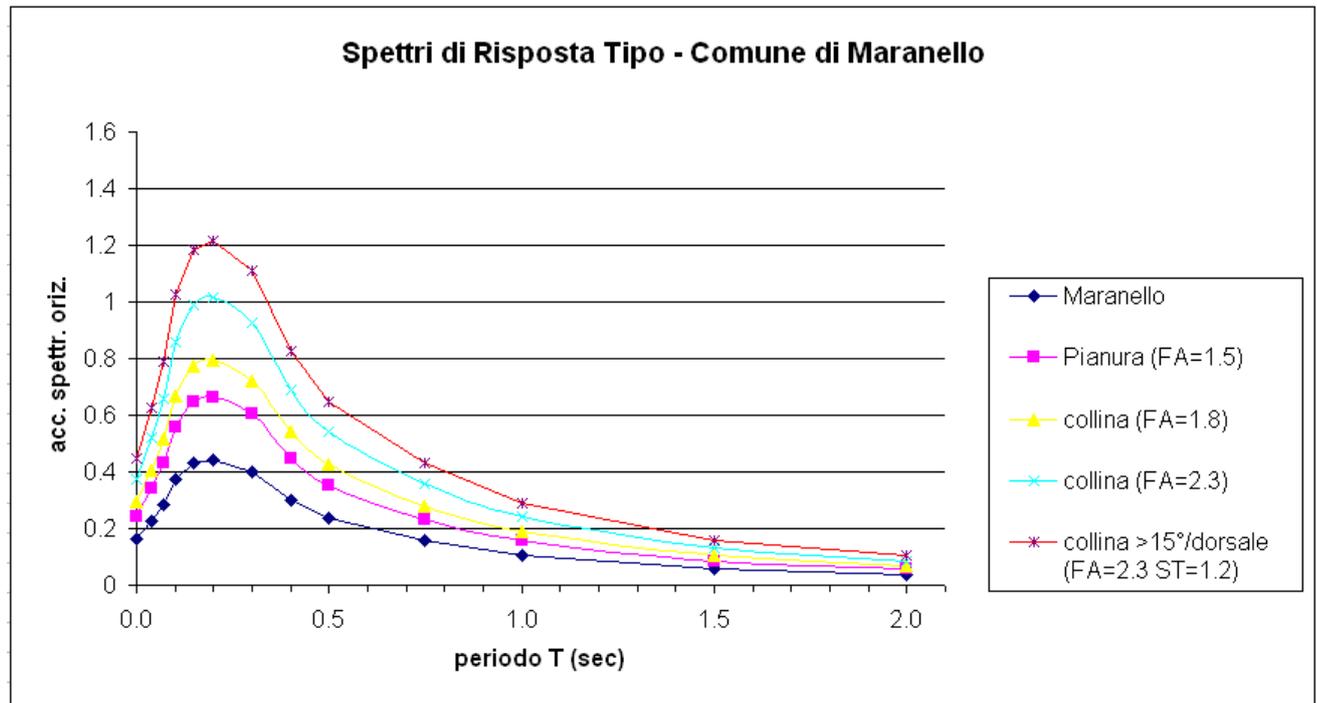
<i>geomorfologia</i>	<i>litostratigrafia</i>	<i>substrato</i>
collina, dorsale	terreni alterati di copertura a tetto di substrato decompresso alterato	argilloso marino Vs<800 m/s.

### *Parametri*

<i>tipo di amplificazione</i>	litostratigrafica topografica
<i>VsH (Vs della copertura e/o livello superficiale)</i>	250 m/s
<i>Vs30 (Vs 30 metri)</i>	399 m/s
<i>categoria suolo</i>	B-C
<i>F.A. P.G.A. (fattore d'amplificazione litostratigrafica)</i>	1.8
<i>S.T. (fattore d'amplificazione topografica)</i>	1.0-1.2
<i>Ago (accelerazione max. orizzontale di picco al suolo)</i>	0.163
<i>a<sub>max</sub> (accelerazione massima in superficie per T=0)</i>	0.293-0.352

## 8. SPETTRI DI RISPOSTA TIPO

In conclusione vengono forniti alcuni spettri di risposta a probabilità uniforme considerando le situazioni tipo rappresentative del territorio comunale. Questi spettri sono riferiti allo spettro di risposta normalizzato rappresentativo del moto sismico atteso per un periodo di ritorno di 475 anni (con smorzamento pari al 5%) in Emilia Romagna.



Gli spettri graficati vogliono mettere in evidenza le significative differenze, in termini di amplificazione del segnale sismico, che si possono riscontrare nelle varie zone del territorio comunale.

Si lascia al terzo livello di approfondimento (Del. Reg. 112/2007) l'analisi di risposta locale sulla base della modellazione realistica del sottosuolo e dell'applicazione numerica di calcolo probabilistico.

## ***9. CONSIDERAZIONI FINALI***

Il presente studio di zonazione sismica del territorio e di risposta sismica locale costituisce uno degli strumenti più importanti per un'efficace strategia di riduzione del rischio sismico.

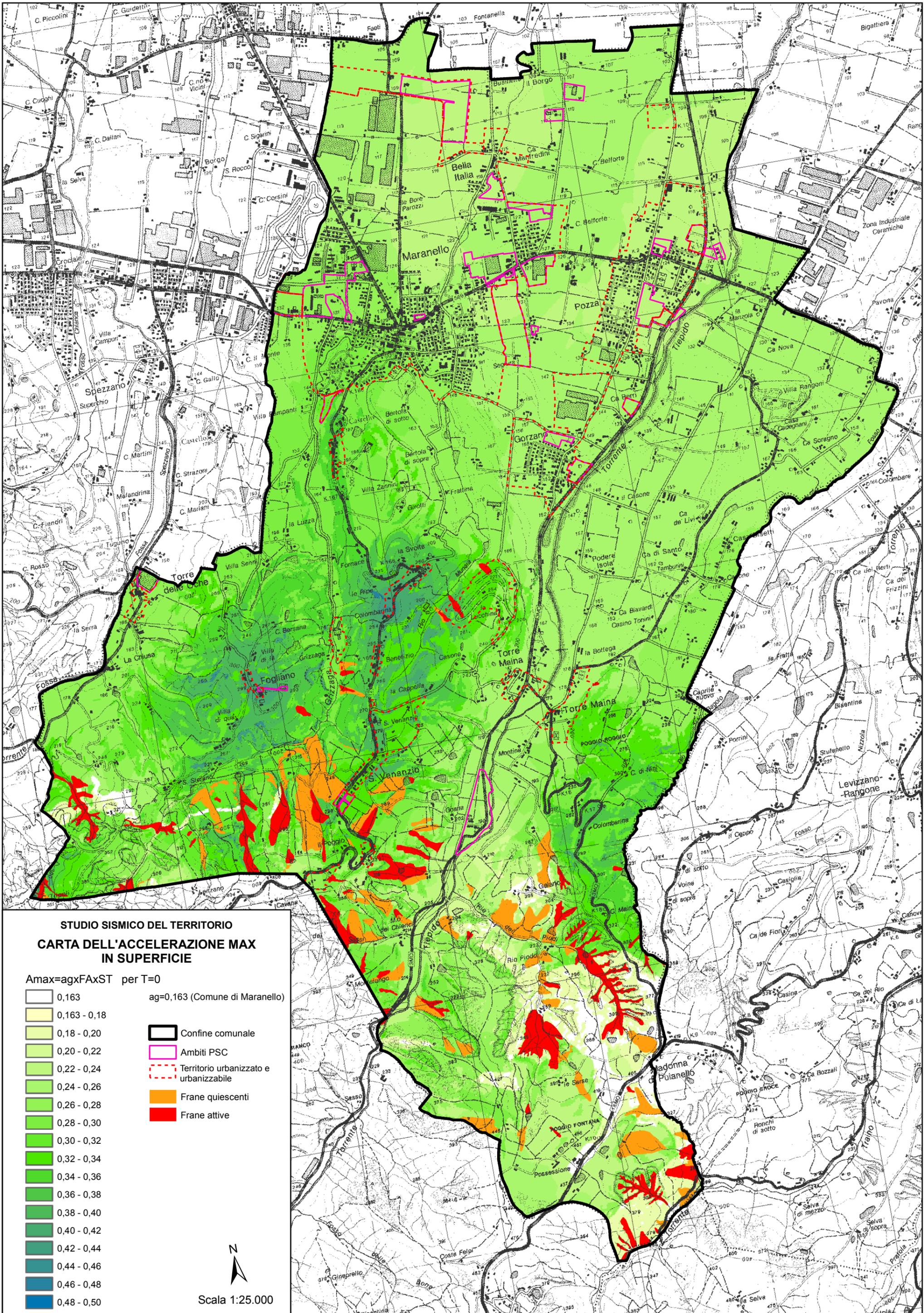
La cartografia redatta, rappresentando le aree a diversa pericolosità sismica, risulta particolarmente efficace se applicata fin dalle prime fasi della pianificazione, e va ad arricchire i quadri conoscitivi degli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica.

Dott. Geol. Stefano Cavallini  
Dott. Geol. Marco Santi Bortolotti

## **ALLEGATO - 1 -**

**CARTA CLIVOMETRICA (1:25.000)**

**CARTA DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA (1:25.000)**



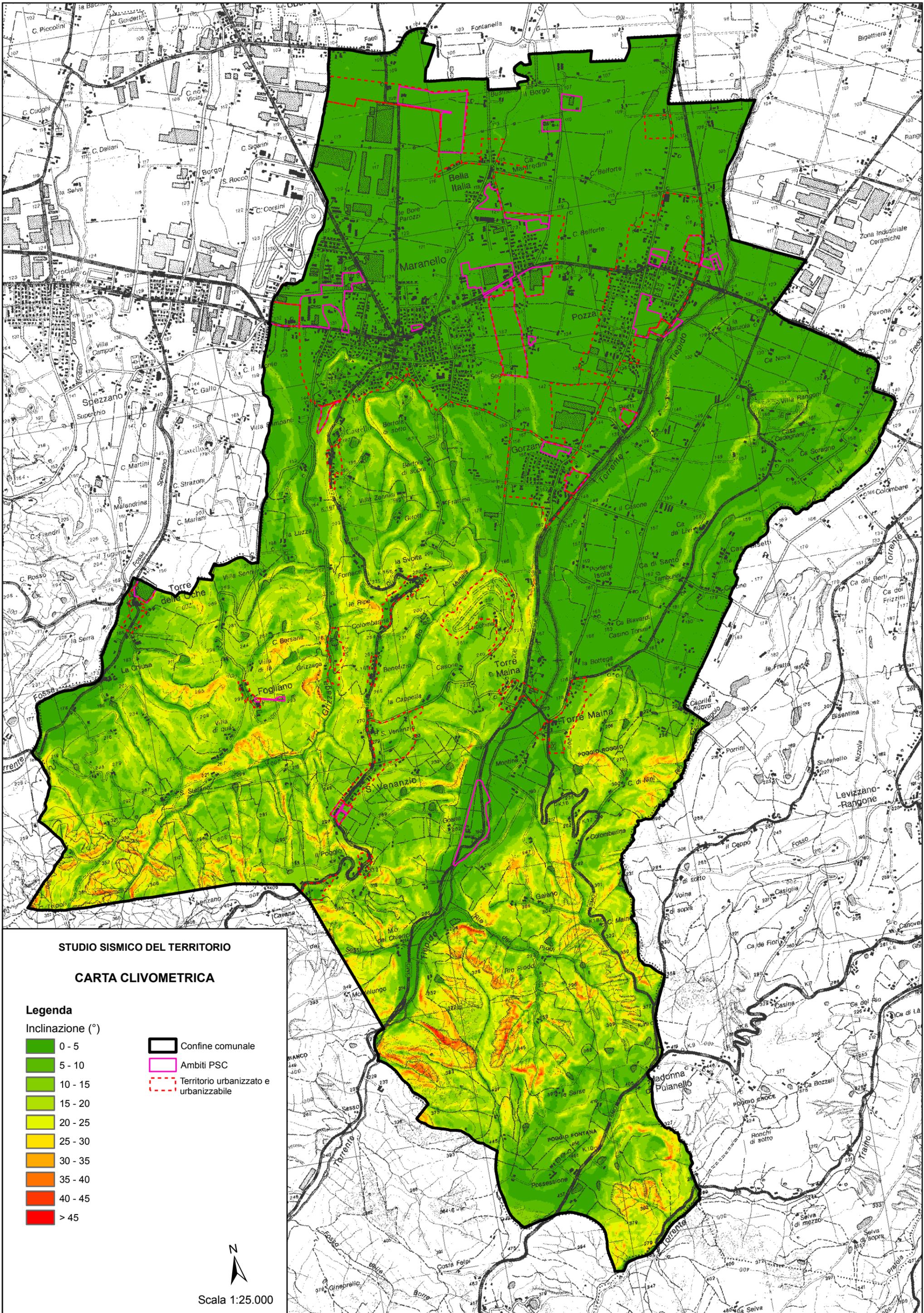
**STUDIO SISMICO DEL TERRITORIO  
CARTA DELL'ACCELERAZIONE MAX  
IN SUPERFICIE**

$A_{max} = a_g \times F_{a \times ST}$  per  $T=0$

- 0,163
- 0,163 - 0,18
- 0,18 - 0,20
- 0,20 - 0,22
- 0,22 - 0,24
- 0,24 - 0,26
- 0,26 - 0,28
- 0,28 - 0,30
- 0,30 - 0,32
- 0,32 - 0,34
- 0,34 - 0,36
- 0,36 - 0,38
- 0,38 - 0,40
- 0,40 - 0,42
- 0,42 - 0,44
- 0,44 - 0,46
- 0,46 - 0,48
- 0,48 - 0,50

- ag=0,163 (Comune di Maranello)
- Confine comunale
- Ambiti PSC
- Territorio urbanizzato e urbanizzabile
- Frane quiescenti
- Frane attive

  
 Scala 1:25.000



**STUDIO SISMICO DEL TERRITORIO**

**CARTA CLIVOMETRICA**

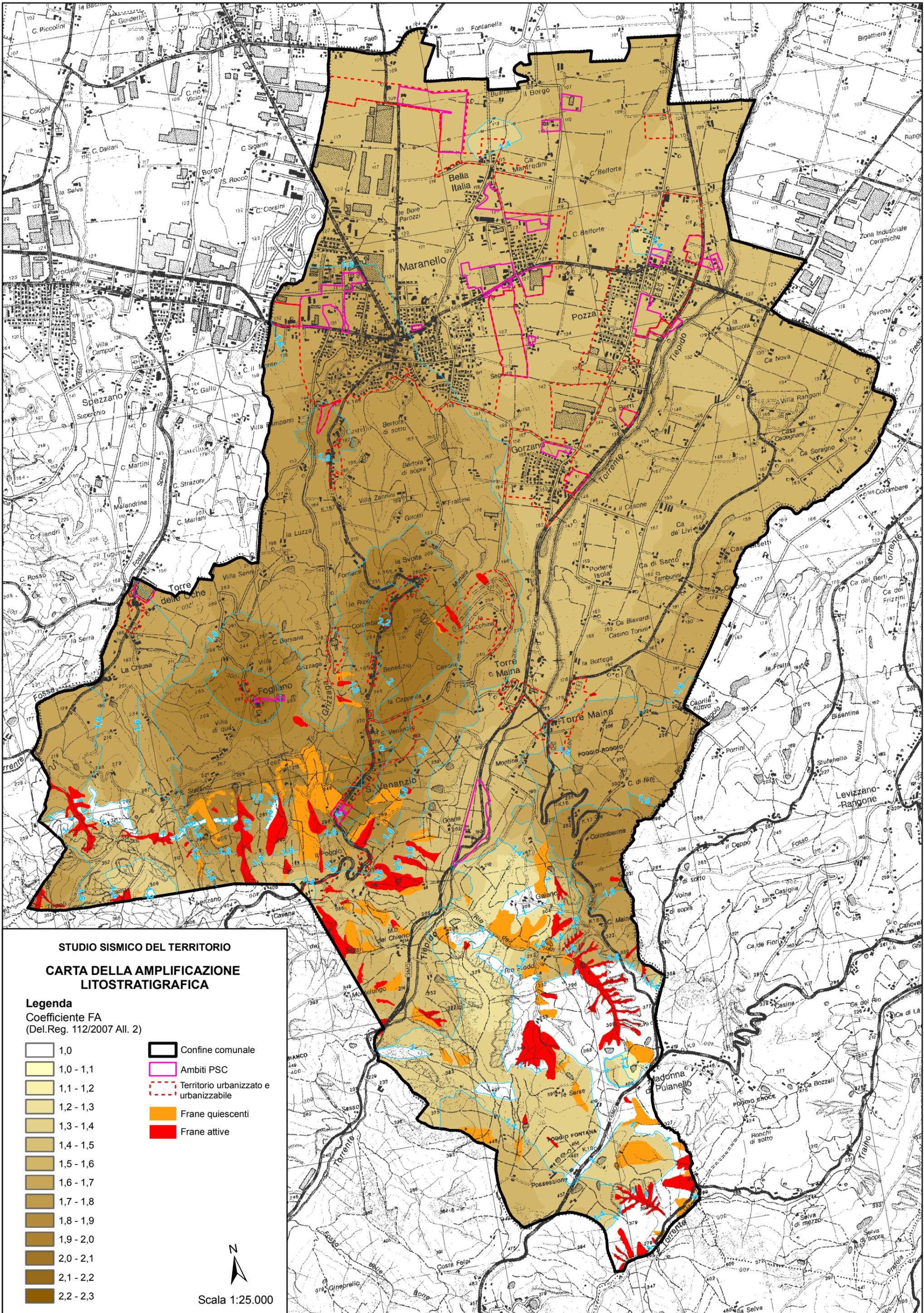
**Legenda**

- Inclinazione (°)
- 0 - 5
  - 5 - 10
  - 10 - 15
  - 15 - 20
  - 20 - 25
  - 25 - 30
  - 30 - 35
  - 35 - 40
  - 40 - 45
  - > 45

- Confine comunale
- Ambiti PSC
- Territorio urbanizzato e urbanizzabile



Scala 1:25.000



**STUDIO SISMICO DEL TERRITORIO**

**CARTA DELLA AMPLIFICAZIONE LITOSTRATIGRAFICA**

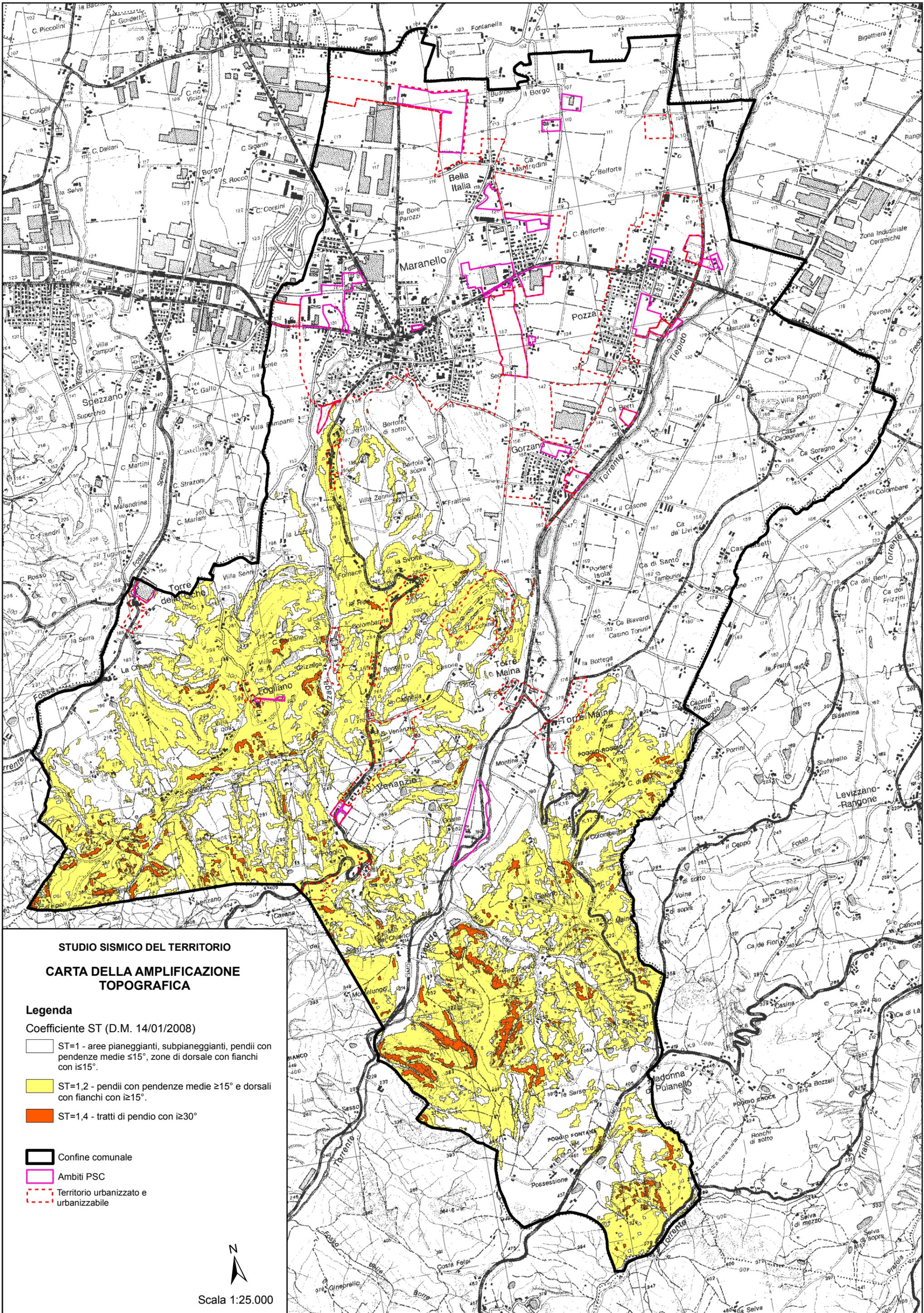
**Legenda**

Coefficiente FA  
(Del.Reg. 112/2007 All. 2)

- |  |           |   |  |
|--|-----------|---|--|
|  | 1,0       |  | Confine comunale                       |
|  | 1,0 - 1,1 |  | Ambiti PSC                             |
|  | 1,1 - 1,2 |  | Territorio urbanizzato e urbanizzabile |
|  | 1,2 - 1,3 |  | Frane quiescenti                       |
|  | 1,3 - 1,4 |  | Frane attive                           |
|  | 1,4 - 1,5 |   |  |
|  | 1,5 - 1,6 |   |  |
|  | 1,6 - 1,7 |   |  |
|  | 1,7 - 1,8 |   |  |
|  | 1,8 - 1,9 |   |  |
|  | 1,9 - 2,0 |   |  |
|  | 2,0 - 2,1 |   |  |
|  | 2,1 - 2,2 |   |  |
|  | 2,2 - 2,3 |   |  |



Scala 1:25.000



**STUDIO SISMICO DEL TERRITORIO**  
**CARTA DELLA AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA**

**Legenda**

Coefficiente ST (D.M. 14/01/2008)

- ST=1 - aree pianeggianti, subpianeggianti, pendii con pendenze medie  $\leq 15^\circ$ , zone di dorsale con fianchi con  $\leq 15^\circ$ .
- ST=1,2 - pendii con pendenze medie  $\geq 15^\circ$  e dorsali con fianchi con  $\geq 15^\circ$ .
- ST=1,4 - tratti di pendio con  $\geq 30^\circ$

- Confine comunale
- Ambiti PSC
- Territorio urbanizzato e urbanizzabile



Scala 1:25.000