



PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



Regione Emilia-Romagna



CONFERENZA DELLE REGIONI E
DELLE PROVINCE AUTONOME

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

MICROZONAZIONE SISMICA

Livello 2

Relazione illustrativa

Regione Emilia-Romagna

Comune di Marano sul Panaro



Regione	Soggetto realizzatore	Data
EMILIA-ROMAGNA		
Studio realizzato con il contributo di cui all'OCPDC 780/2021 recepita con DGR 1885/2021	Dott. geologo Samuel Sangiorgi	Agosto 2022

INDICE GENERALE

1	INTRODUZIONE.....	3
1.1	Contenuti dello studio.....	3
1.2	Riferimenti normativi.....	5
1.3	Gli elaborati a corredo dello studio.....	6
2	DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO.....	8
2.1	Riferimenti bibliografici.....	8
2.2	Sismicità storica.....	8
2.3	Sorgenti sismogeniche e mappa pericolosità sismica INGV.....	10
2.4	Ulteriori elementi di riferimento per la pianificazione territoriale.....	11
2.4.1	<i>Gli indirizzi regionali per gli studi di microzonazione sismica.....</i>	<i>11</i>
2.4.2	<i>Il rischio sismico definito nel PTCP di Modena.....</i>	<i>13</i>
3	ASSETTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO DELL'AREA.....	15
3.1	Inquadramento geologico.....	15
3.2	Inquadramento stratigrafico e sismotettonico.....	18
3.3	Geomorfologia.....	24
3.4	Ulteriori elementi conoscitivi relativi alle coperture quaternarie continentali.....	26
4	DATI GEOTECNICI E GEOFISICI.....	28
4.1	Le indagini geognostiche/geofisiche pregresse.....	28
4.2	Le nuove indagini eseguite.....	29
5	MODELLO DEL SOTTOSUOLO.....	33
6	INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE.....	37
7	METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI DELLA MS.....	39
7.1	Cenni introduttivi.....	39
7.2	Sintesi illustrativa delle MOPS.....	39
7.3	I fattori di amplificazione considerati per lo studio di MS.....	44
7.4	Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali: calcolo dei fattori di amplificazione.....	45
7.5	Zone di attenzione per instabilità: calcolo dei fattori di amplificazione.....	47

7.6	Effetti della topografia: calcolo dei fattori di amplificazione.....	47
7.7	Calcolo dei fattori di amplificazione (livello 2) Elaborazione dei valori di H_{SM}	50
8	ELABORATI CARTOGRAFICI.....	51
8.1	Carta delle Indagini (tavola 1 a/b).....	51
8.2	Carta geologico–tecnica per la microzonazione sismica (tavola 2a/b).....	51
8.3	Carta delle frequenze naturali dei terreni (tavola 3).....	52
8.4	Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica MOPS (tavola 4a/b).....	53
8.5	Carta delle velocità delle onde di taglio S (tavola 5).....	59
8.6	Carta di microzonazione sismica livello 2 (tavole da 6 a 11).....	59
8.7	Carta della distribuzione dei valori di H_{SM} (tavola 12).....	60
9	BIBLIOGRAFIA.....	61

1 INTRODUZIONE

1.1 Contenuti dello studio

Il Comune di Marano sul Panaro ha beneficiato di una seconda assegnazione di contributi (DGR n. 1899/2022) stanziati dal Dipartimento della Protezione Civile nazionale per l'aggiornamento degli studi comunali di microzonazione sismica (MS) di livello 2, come previsto dalla Legge 77/2009 e ai sensi dell'Ordinanza del Capo Dipartimento della Protezione Civile n. 780/2021, recepita dalla Regione Emilia-Romagna con Deliberazione della Giunta Regionale n. 1885/2021.

Occorre rammentare che il Comune di Marano sul Panaro già dispone di precedenti studi di MS di livello 2 e delle analisi della Condizione Limite per l'Emergenza, rispettivamente redatti e finanziati ai sensi dell'OPCM 3907/2010 (MS2) e dell'OCDPC 171/2014 (CLE). Tali studi pregressi, in particolare lo studio di MS, sono stati tuttavia elaborati con criteri di rappresentazione cartografica concordati con il Settore Urbanistica della Provincia di Modena ai fini della conformità con la normativa in materia di rischio sismico del PTCP di Modena.

Per questo ulteriore approfondimento si è quindi reso necessario un ulteriore aggiornamento degli studi pregressi, giustificato dalla necessità di rispettare i più aggiornati criteri di analisi, archiviazione e rappresentazione dettati dai più recenti Indirizzi regionali (cfr. DGR 630/2019 e DGR 476/2021) e dagli standard nazionali CTMS (versione 4.2 del dicembre 2020), nonché dalla necessità di recepire gli ulteriori elementi conoscitivi derivati dalle nuove indagini disponibili.

Si sono dunque espletate le seguenti attività:

- la raccolta di dati geognostici e geofisici di repertorio più recenti (indagini eseguite dopo il 2014 e fornite dagli Uffici Tecnici comunali);
- l'esecuzione di ulteriori indagini geognostiche/geofisiche finalizzate a un'ulteriore raffinamento della caratterizzazione sismostratigrafica del territorio studiato;
- l'aggiornamento delle analisi di livello 1 su tutto il territorio comunale, l'aggiornamento della microzonazione di livello 2 comprendente il territorio urbanizzato (compresa un'ampia fascia esterna) e le infrastrutture di connessione definite nella CLE, in relazione a quanto indicato sullo strumento urbanistico generale
- l'aggiornamento delle analisi della CLE (rappresentazione cartografica);
- l'archiviazione dei dati e la redazione delle cartografie secondo gli standard di rappresentazione e archiviazione previsti per la MS e la CLE.

La figura 1.1 rappresenta un inquadramento del territorio comunale di Marano: si tratta di un territorio amministrativo ricadente nel margine appenninico a sud di Modena, e in sinistra

idrografica del fiume Panaro. L'estensione areale totale pari a poco più di quasi 45,5 kmq e con una popolazione di 5.322 abitanti (dato ISTAT 01/01/2022).

Figura 1.1 – Localizzazione del territorio amministrativo del Comune di Marano sul Panaro (foto aerea: "Google Earth")

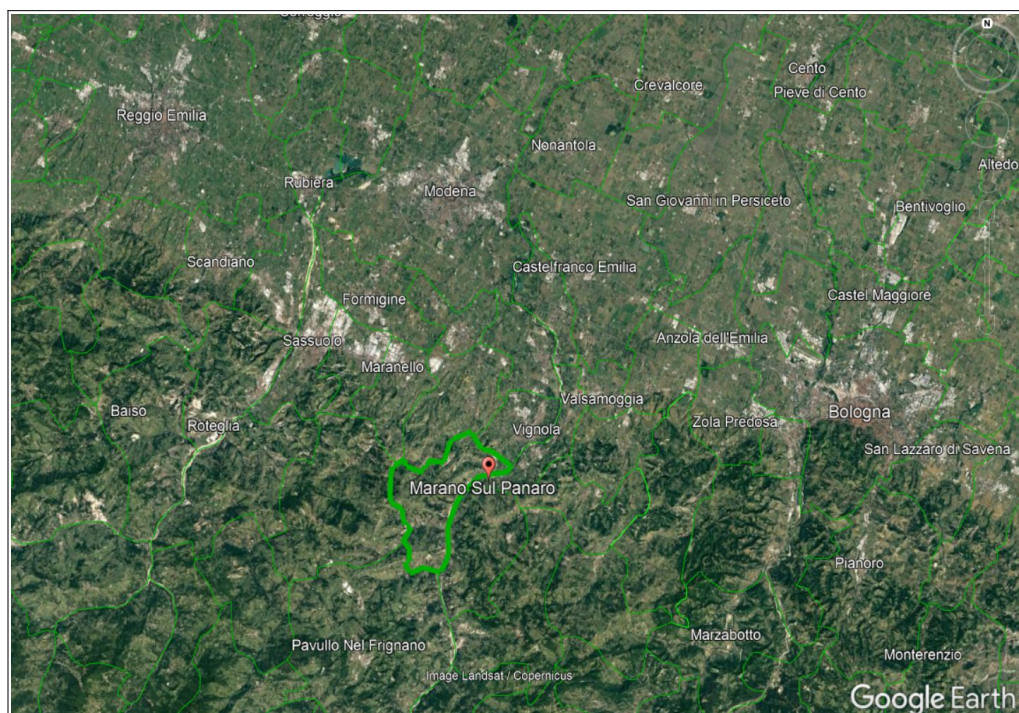
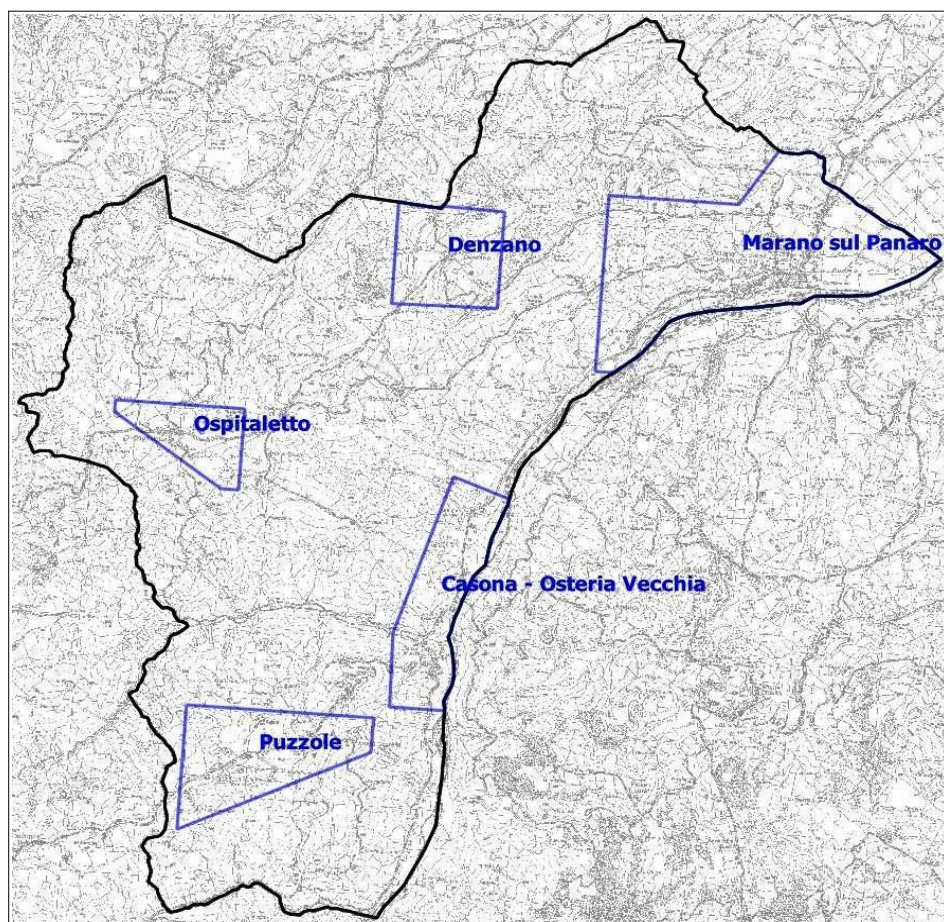


Figura 1.2 – Territorio comunale interessato dagli approfondimenti sismici di secondo livello (base topografica Regione Emilia-Romagna – CTR 1:25.000)



La figura 1.2 localizza con maggior dettaglio il territorio interessato dalla microzonazione sismica di livello 2, comprendente tutte le aree urbane con un suo ampio intorno. La disponibilità di informazioni ha consentito di confermare (con aggiornamenti) lo studio di MS di primo livello a tutto il territorio amministrativo, come già espletato nel precedente studio di MS (OPCM 3907/2010).

La presente Relazione illustrativa descrive i risultati dell'aggiornamento delle analisi di primo e secondo livello.

1.2 Riferimenti normativi

Il presente lavoro è redatto sulla base delle indicazioni contenute nell'Allegato 2 della Delibera n. 1885/2021 della Giunta della Regione dell'Emilia-Romagna:

“Criteri per la realizzazione degli studi di microzonazione sismica e analisi della Condizione Limite per l’Emergenza, di cui all’Ordinanza del Capo Dipartimento della Protezione Civile n. 780/2021”.

Per quanto non specificato nel suddetto documento, i riferimenti tecnici per la realizzazione dello studio e per l’elaborazione e la redazione delle tavole cartografiche sono rappresentati dai seguenti testi:

- ✓ “Microzonazione sismica – Standard di rappresentazione e archiviazione informatica versione 4.2”, redatto dalla Commissione tecnica per la microzonazione sismica (Commissione tecnica per la microzonazione sismica, dicembre 2020), da qui in avanti “Standard CTMS 4.2”;
- ✓ “Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica”, approvato dal Dipartimento della Protezione Civile e dalla Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome e successive modifiche e integrazioni (Gruppo di lavoro MS, 2008; AA.VV., 2011), da qui in avanti “indirizzi ICMS”;
- ✓ “Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da amplificazioni” versione 2.0, redatto dalla Commissione Tecnica per la Microzonazione Sismica (CTMS, 2022).

Nella redazione dello studio ci si è inoltre riferiti alle seguenti normative:

- ✓ Deliberazione della Giunta Regionale n. 630/2019 “Atto di Coordinamento Tecnico sugli studi di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale e urbanistica (artt. 22 e 49, LR n. 24/2017)”
- ✓ Deliberazione della Giunta Regionale n. 476/2021 (testo coordinato con le modifiche introdotte dalla DGR n. 564/2021) “Aggiornamento dell’Atto di Coordinamento Tecnico sugli studi di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale e urbanistica (artt. 22 e 49, L.R. n. 24/2017) di cui alla alla deliberazione della Giunta regionale 29 aprile 2019, n. 630”
- ✓ LR N. 19/2008 “Norme per la riduzione del Rischio Sismico”;

- ✓ LR N.24/2017 “Disciplina regionale sulla tutela e l’uso del territorio”;
- ✓ DM del 17/01/2018 “Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni”.

1.3 Gli elaborati a corredo dello studio

Gli elaborati dello studio di microzonazione sismica per il Comune di Marano sul Panaro sono i seguenti:

- la presente Relazione Descrittiva (riprodotta in formato *.pdf) che, oltre a caratterizzare e inquadrare le aree oggetto delle analisi nel contesto geologico, geomorfologico e sismotettonico regionale, descrive le metodologie seguite e illustra i risultati dello studio di microzonazione rappresentati nelle diverse cartografie;
- le tavole cartografiche (riprodotte in formato *.pdf) elencate in tabella 1.1 e illustrate in dettaglio nel capitolo 8;
- l'archivio informatizzato dei dati delle indagini (alfanumerici e cartografici in formato *.shp – shapefile);
- le sezioni geologiche di riferimento per il territorio studiato (riprodotte in formato *.pdf), contenute nell'Allegato 1;
- le sezioni topografiche pubblicate per la stima degli effetti topografici per il territorio studiato (riprodotte in formato *.pdf), contenute nell'Allegato 2;
- i rapporti delle indagini di nuova esecuzione (riprodotti in formato *.pdf), contenuti nell'Allegato 3;

Elaborato cartografico	Sigla Tavola	Scala
Carta delle indagini	Tavola 1a/b	1:10.000
Carta geologico–tecnica	Tavola 2a/b	1:10.000
Carta delle frequenze naturali dei terreni	Tavola 3	1:10.000
Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)	Tavola 4a/b	1:10.000
Carta delle velocità delle onde di taglio S	Tavola 5	1:10.000
Carta di microzonazione sismica livello 2 – FA _{PGA}	Tavola 6	1:10.000
Carta di microzonazione sismica di livello 2 – FA ₀₁₀₅	Tavola 7	1:10.000
Carta di microzonazione sismica di livello 2 – FA ₀₄₀₈	Tavola 8	1:10.000
Carta di microzonazione sismica di livello 2 – FA ₀₇₁₁	Tavola 9	1:10.000
Carta di microzonazione sismica di livello 2 – FH ₀₁₀₅	Tavola 10	1:10.000
Carta di microzonazione sismica di livello 2 – FH ₀₅₁₀	Tavola 11	1:10.000
Carta della distribuzione dei valori di H _{SM}	Tavola 12	1:10.000

Tabella 1.1 - Elaborati cartografici predisposti per lo studio di microzonazione sismica

Tutti gli elaborati sono stati realizzati secondo le specifiche indicate nella DGR n.1885/2021 della Regione Emilia-Romagna. Tali specifiche rimandano sostanzialmente alle linee guida emanate dal Dipartimento della Protezione Civile con gli Standard CTMS v.4.2 (dicembre 2020), che dettagliano ogni aspetto legato a tali studi. Sono inoltre coerenti con Indirizzi regionali contenuti nella DGR 476/2021. Si segnala a questo proposito che l'obbligo di attenersi in modo rigoroso ai suddetti standard di rappresentazione, ha vincolato il presente lavoro sia a livello di articolazione delle tavole (numero e tipologia) e della relazione (titoli e ordine dei capitoli), che a livello di rappresentazione cartografica (tematismi rappresentati, legende e denominazioni, ma anche layout, colori e font dei caratteri) e di contenuti descrittivi.

Le cartografie elaborate hanno utilizzato come base topografica di riferimento i raster tipografici georeferenziati della Regione Emilia dalla Regione Emilia Romagna (DBT scala 1.5.000), aggiornati al 2013. Per questo lavoro, la base topografica raster è stata georeferenziata secondo il sistema di riferimento richiesto, ovvero nelle coordinate "WGS_1984_UTM_Zone_33N", per produrre tutti gli strati informativi in formato numerico in coerenza con quanto richiesto dagli Standard CTMS v.4.2.

2 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

2.1 Riferimenti bibliografici

La sismicità di un territorio è strettamente connessa al suo contesto tettonico-strutturale, dunque alla presenza di strutture geologicamente “attive”. Alla base di ogni stima della pericolosità sismica di un territorio vi è quindi l’indispensabile conoscenza della sua storia sismica (cioè di tutte le informazioni sui terremoti avvenuti nel passato) e della geologia strutturale locale, fattori strettamente connessi tra loro.

A supporto della redazione del presente capitolo, sono stati utilizzati i dati liberamente consultabili di database pubblici sviluppati da diversi enti e gruppi di ricerca:

- il *CPTI15 – Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani versione 4.0* (Rovida et al., 2022; <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15>), che raccoglie i parametri dei terremoti avvenuti in Italia con intensità massima ≥ 5 o magnitudo ≥ 4.0 d’interesse nella finestra temporale 1000–2020;
- il *DBMI15 versione 4.0 – Database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani* utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI15 e provenienti da diverse fonti. È relativo ai terremoti con intensità massima ≥ 5 e d’interesse per l’Italia nella finestra temporale 1000–2020 (Locati et al., 2022 <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI>);
- il *CFTI5Med – Catalogo dei Forti Terremoti in Italia e in area mediterranea* (Guidoboni et al., 2018), che riporta per numerose località i risentimenti di circa 300 tra i terremoti storici più forti avvenuti sul territorio italiano, e fornisce anche informazioni sul contesto storico, sociale e demografico in cui gli eventi si sono prodotti, sui parametri epicentrali, sugli effetti dei terremoti sull’ambiente fisico (fagliazione superficiale, frane sismo-indotte, liquefazioni, maremoti, ecc.), sul danneggiamento dei centri storici e di beni monumentali;
- la *Mappa di Pericolosità Sismica Nazionale* (INGV, 2004; <http://esse1.mi.ingv.it/>) che definisce una “pericolosità di base” su un reticolo di punti di riferimento. Ad essi sono attribuiti, per nove differenti periodi di ritorno del sisma atteso, i valori di accelerazione orizzontale massima del suolo (ag) e dei principali “parametri spettrali”, da utilizzare per il calcolo dell’azione sismica;
- la *Zonazione Sismogenetica ZS9* (Meletti e Valensise, 2004 (<http://zonesismiche.mi.ingv.it/documenti/App2.pdf>), che individua sul territorio italiano 42 macrozone-sorgente e ha rappresentato il riferimento per i calcoli di pericolosità sismica nel territorio nazionale di cui al punto precedente;
- il *Database delle Sorgenti Sismogenetiche Italiane DISS versione 3.3.0* (DISS Working Group, 2021), che contiene sorgenti individuali e composite di terremoti, intese come una rappresentazione georeferenziata semplificata e in 3D di faglie (sorgenti individuali) o regioni contenenti faglie (sorgenti composite) in grado di generare terremoti di M 5.5 o superiore.

2.2 Sismicità storica

Il DBMI15 (Locati et al., 2022), riporta per il Capoluogo 12 eventi sismici, con moderati effetti

macrosismici storicamente riscontrati, ad esclusione dell'evento del 1501 (area epicentrale: modenese) con effetti fino al grado VII–VIII della scala MCS (Sieberg, 1930).

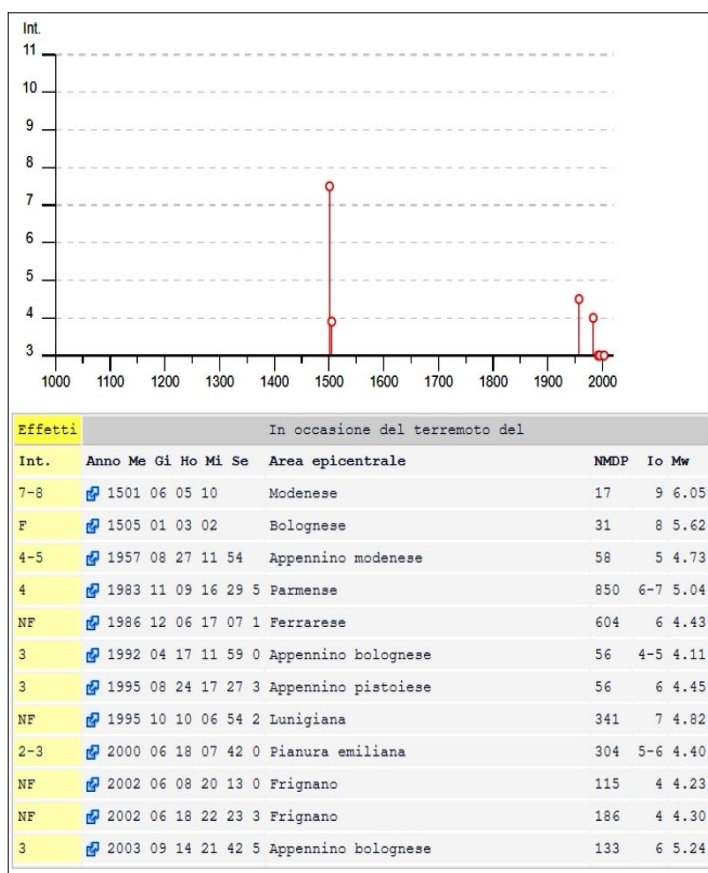


Figura 2.1- Terremoti significativi per il Capoluogo, con macrointensità stimata ≥ 3 e plottaggio cronologico degli eventi (fonte: INGV – Database Macrosismico Italiano)

La figura 2.1 riporta l'elenco dei terremoti più significativi che hanno interessato il Capoluogo (fino al 2022) e il grafico della distribuzione temporale degli eventi con massima intensità ≥ 3 , stimata sulla base dei danni e degli effetti percepiti nel territorio in questione.

La figura 2.2 riporta invece una sintesi degli effetti macrosismici stimati a seguito di eventi sismici nelle località del territorio della Provincia di Modena e dei limitrofi territori di area vasta emiliano-romagnoli.

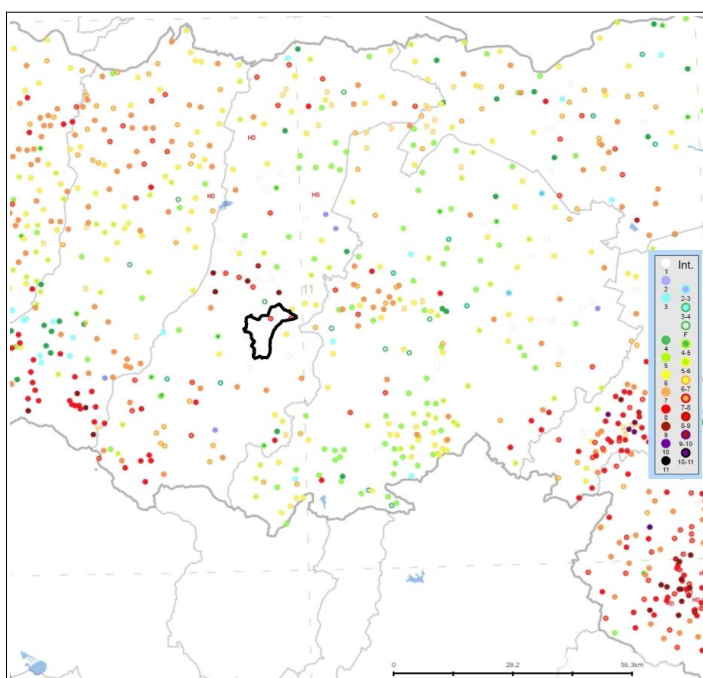
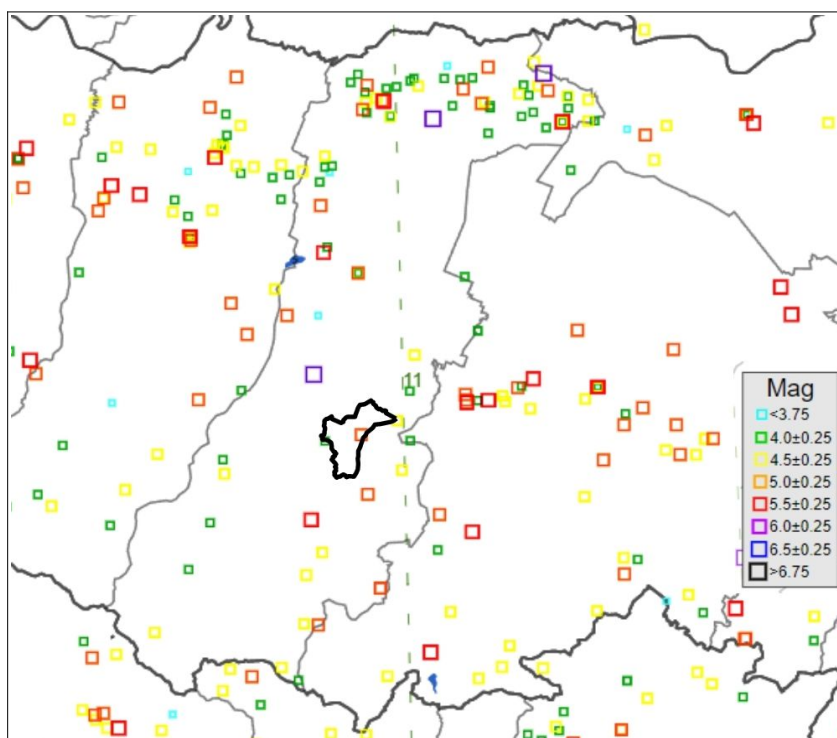


Figura 2.2- Massime intensità macrosismiche registrate nelle località del territorio della Provincia di Modena e limitrofe (fonte: INGV – Database Macrosismico Italiano). Viene riportato il limite territoriale del Comune di Marano sul Panaro

La figura 2.3 riporta invece la localizzazione degli epicentri dei terremoti più significativi che hanno interessato il territorio studiato (fonte: archivio DBMI15).

Figura 2.3 – Localizzazione degli epicentri dei terremoti più significativi registrati nel territorio della Provincia di Modena e aree imitrofe (fonte: INGV – Database Macrosismico Italiano). Viene riportato il limite territoriale del Comune di Marano sul Panaro



2.3 Sorgenti sismogeniche e mappa pericolosità sismica INGV

Secondo la Zonazione sismogenetica del Territorio Italiano – ZS9, prodotta dall’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) nel 2004 (Meletti e Valensise, 2004), il territorio comunale ricade nella Zona 913, caratterizzata da un valore di $M_{w_{max}}$ pari a 6,14.

La figura 2.4 riporta una sovrapposizione del Comune di Marano sul Panaro con le sorgenti sismogeniche individuate nel database DISS v. 3.3.0 (DISS Working Group, 2021). Questo fondamentale database individua le sorgenti sismogeniche composite, che ricadono in parte nel territorio comunale. In particolare, il settore nord-orientale del Comune viene compreso nella sorgente composita denominata << ITCS047 – Castelvetro di Modena–Castel San Pietro Terme >>, mentre il settore comunale nord-occidentale viene lambito dalla sorgente composita <<ITCS046 – Langhirano–Sassuolo >>. Il territorio comunale può dunque risentire degli effetti derivati da sismi che interessano i territori appenninici e pedeappenninici (per compressione tettonica del margine appenninnico affiorante e con una sismicità locale che raramente ha raggiunto elevate intensità – fino a magnitudo M_w max pari a circa 6,0)

Il territorio in oggetto può risentire anche degli effetti da scuotimenti indotti da sismi localizzabili nelle più distanti sorgenti appenniniche interne (es. <<ITCS083 – Garfagnana >> e <<ITCS037 Mugello – Città di Castello – Leonessa >>. Può inoltre risentire degli effetti di terremoti localizzabili nelle sorgenti sismogeniche più settentrionali e che interessano la

pianura settentrionale modenese (es. <<ITCS049 – Campegine–Correggio>> e <<ITCS051 – Carpi–Poggio Renatico>>). Si tratta di sorgenti con una sismicità in questo caso prevalentemente correlabile attività delle faglie compressive delle “Pieghe Ferraresi” (Pieri & Groppi, 1981).

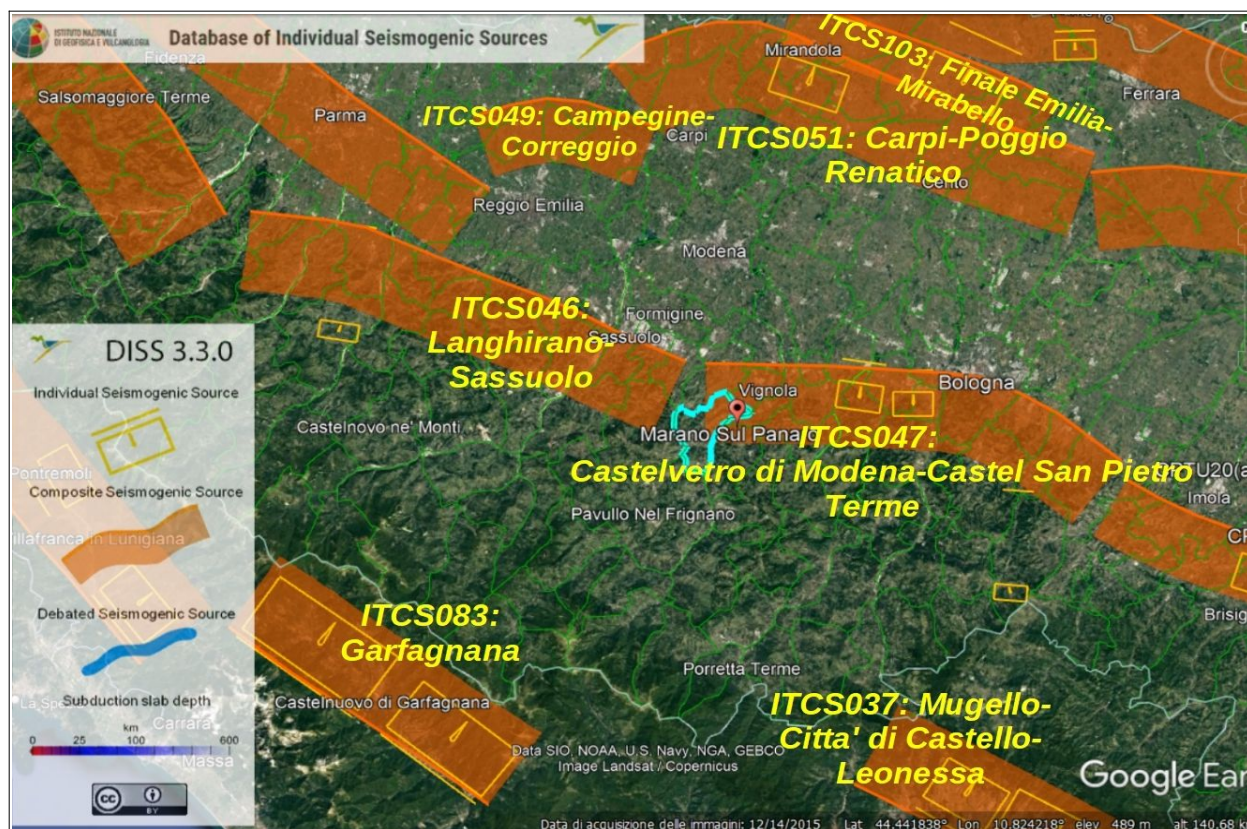


Figura 2.4 – Localizzazione delle sorgenti sismogenetiche contenute nel database DISS (v.3.3.0). Foto aerea: Google Earth

2.4 Ulteriori elementi di riferimento per la pianificazione territoriale

2.4.1 Gli indirizzi regionali per gli studi di microzonazione sismica

La Regione Emilia–Romagna ha elaborato e approvato (con Delibera dell'Assemblea Legislativa n.112 del maggio 2007) gli <<Indirizzi per gli studi di Microzonazione sismica in Emilia–Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica>>, in coerenza con la LR n.20/2000 <<Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio>>. Questi indirizzi regionali per la microzonazione sismica sono stati redatti sulla scorta degli esiti delle indagini sismiche che la Regione Emilia–Romagna ha effettuato nel territorio regionale negli ultimi 40 anni circa, assumendo come riferimento la “pericolosità di base” elaborata da INGV e recepita a livello nazionale con l'OPCM 3519/2006.

Gli indirizzi RER forniscono gli elementi essenziali per espletare gli studi di pericolosità sismica

secondo i tre livelli di approfondimento e forniscono inoltre tabelle e formule propedeutiche alla valutazione semplificata dell'amplificazione locale (microzonazione sismica di "livello 2").

Con le successive DGR 2193/2015 e DGR 630/2019, vengono introdotti sostanziali aggiornamenti agli indirizzi tecnici di riferimento per le analisi sismiche da espletare a supporto della pianificazione territoriale e urbanistica. Queste revisioni hanno considerato come ulteriore riferimento anche le vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC), le ulteriori esperienze scientifiche seguite ai recenti eventi sismici italiani (L'Aquila 2009; pianura emiliana del 2012) e, infine, le esperienze di applicazione della DAL 112/2007. In sintesi, le principali novità contenute nella la DGR 2193/2015 e nella DGR 630/2019 consistono:

- ✓ nelle rimodulazioni degli abachi di microzonazione sismica da considerarsi per le analisi semplificate ("livello 2");
- ✓ nell'introduzione di un ulteriore fattore di amplificazione riferito all'intensità spettrale di Housner $FH_{0.5-1.5}$ (per l'intervallo di periodo T compreso tra 0,5 s e 1,5 s);
- ✓ nell'introduzione dei fattori di amplificazione riferiti all'accelerazione spettrale $FA_{0.1-0.5}$, $FA_{0.4-0.8}$, $FA_{0.7-1.1}$, $FA_{0.5-1.5}$ (per intervalli di periodo T rispettivamente di 0,1–0,5s, 0,4–0,8s, 0,7–0,11s, 0,5–1,5s);
- ✓ nella definizione dell'input sismico ($a_{g,ref}$ al sito di riferimento) che ora è definito in base ai valori di pericolosità sismica elaborati dall'INGV per tutto il territorio nazionale sui punti di una griglia di passo pari a 0,05° (mappa MPS04), in analogia con quanto previsto per le NTC 2008);
- ✓ nella richiesta di produrre cartografie delle frequenze naturali dei terreni a scala territoriale e a supporto del "primo livello" di approfondimento;
- ✓ nella richiesta di produrre una carta della distribuzione sul territorio dei valori di "Hazard" H_{SM} (Naso et al., 2019).

Gli ultimi aggiornamenti agli indirizzi regionali, apportati con la DGR 476/2021 (e DGR integrativa 564/2021), hanno infine riguardato la selezione di nuovi segnali (accelerogrammi) di riferimento per le analisi di risposta sismica locale negli studi di "livello 3".

Per quanto riguarda la a_g al sito di riferimento ($a_{g,ref}$), la figura 2.5 riporta per il territorio comunale di Marano sul Panaro i punti della griglia INGV e i relativi valori di a_{refg} (mappa MPS04). Ai punti vengono attribuiti i parametri della pericolosità sismica di base e in particolare si attribuiscono il valore dell'accelerazione massima attesa su suolo rigido, con una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni. La griglia di punti è costruita per tutto il territorio nazionale (densità di 20 punti per grado, circa un punto ogni 5 km) e la mappa MPS04 è diventata ufficialmente la mappa di riferimento per il territorio nazionale a seguito dell'Ordinanza PCM 3519/2006 (G.U. n.105 dell'11 maggio 2006).

Si evince che per il territorio comunale i valori di a_{refg} (per terremoti con $TR = 475$ anni) sono compresi tra circa 0,159g e 0,162g, con una variabilità relativamente modesta della pericolosità "di base", che si incrementa blandamente verso NE.

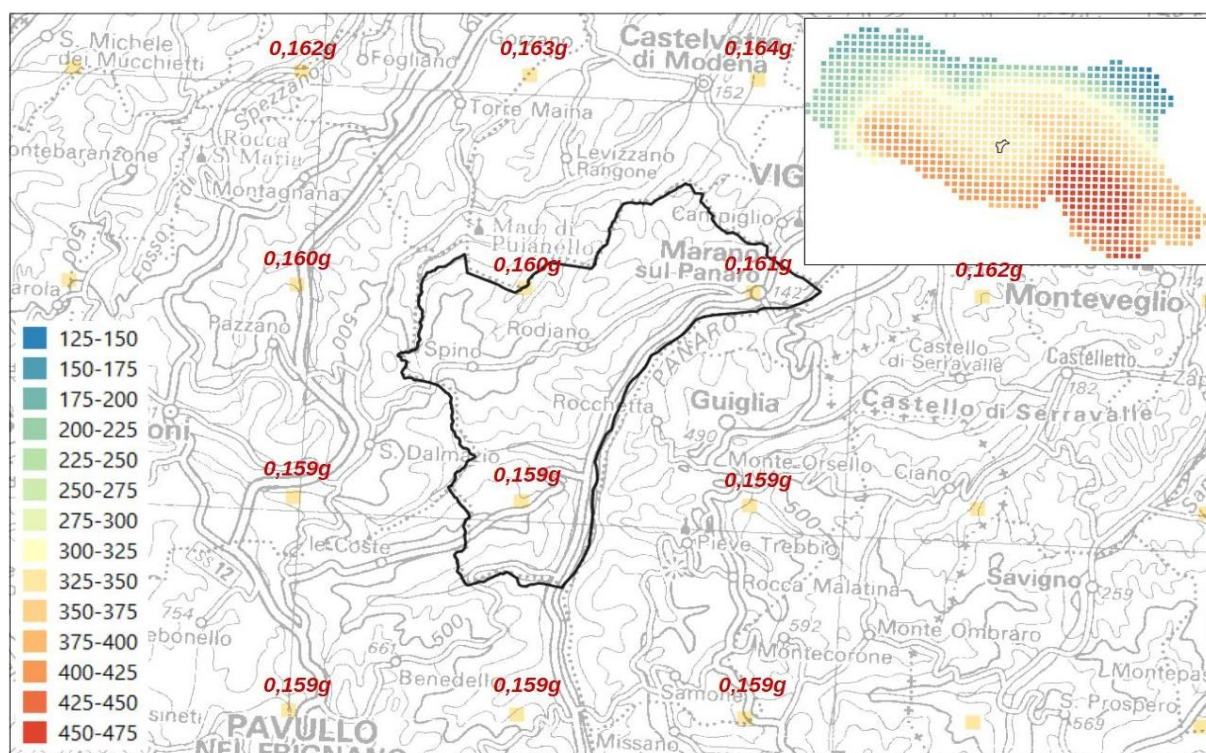


Figura 2.5 – Reticolo INGV di pericolosità sismica. La figura riporta i punti della griglia interni o limitrofi al territorio comunale di Marano sul Panaro

2.4.2 Il rischio sismico definito nel PTCP di Modena

La Provincia di Modena ha provveduto allo studio preliminare della pericolosità sismica dell'intero territorio amministrativo ai sensi della DAL n.112/2007. Tali studi sono stati recepiti nel Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP)¹ e in particolare è stata redatta la Tavola 2.2 <<Rischio sismico: carta delle aree suscettibili di effetti locali>> (alla scala 1:10.000 per il settore montano e collinare) che permette di rappresentare:

- un primo livello di approfondimento preliminare, identificando le condizioni geologiche e morfologiche che possono determinare effetti locali sulla base dei quali è possibile definire potenziali scenari di pericolosità sismica locale;
- una prima distinzione delle aree sulla base degli effetti locali attesi in caso di evento sismico, indicando per ciascuna tipologia di esse gli studi e i livelli di approfondimento che devono essere effettuati con la pianificazione dagli strumenti di pianificazione successivi (figura 2.6).

¹ Approvato con DCP n.46 del 18/03/2009

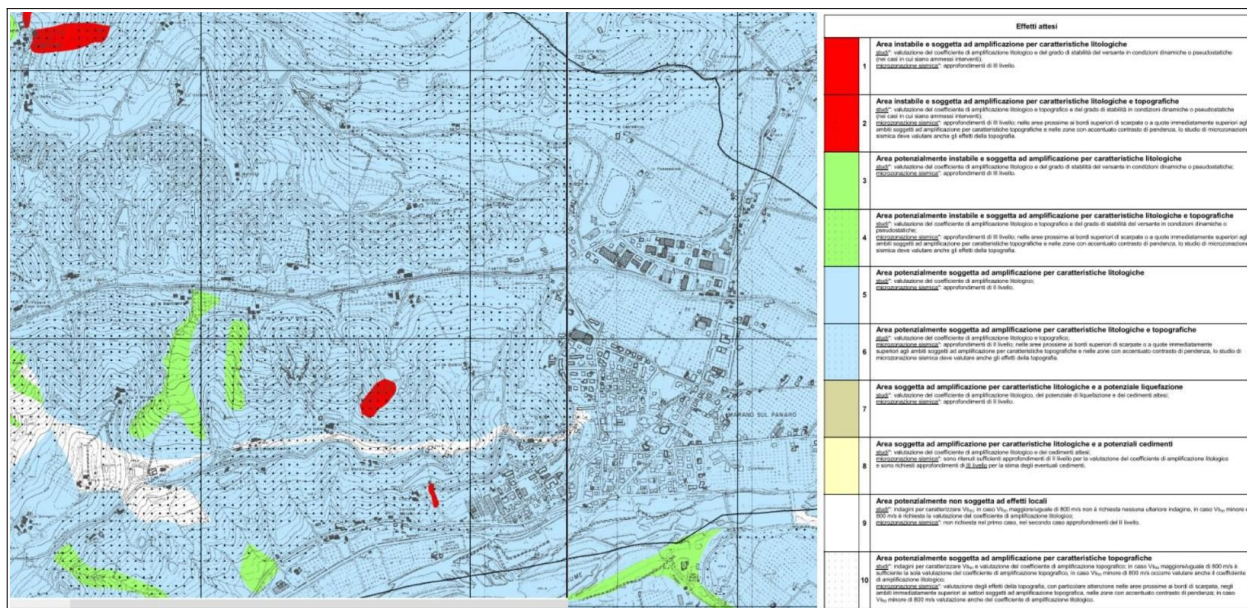


Figura 2.6 – Stralcio dei fogli b.4 e b.5 della Tavola 2.2 <<Rischio sismico: carta delle aree suscettibili di effetti locali>> alla scala 1:10.000 (PTCP di Modena, 2009)

Per il territorio comunale di Marano sul Panaro, la Tavola 2.2 indica scenari di pericolosità sismica che risultano diversificati in relazione al differente contesto morfologico e lito-stratigrafico. In questo senso vengono delimitati sia areali “stabili” ma soggetti ad amplificazioni litologiche e topografiche, sia areali potenzialmente “instabili” (es. frane e coperture di versante in pendii particolarmente acclivi) con effetti di amplificazione (litologica e topografica) che impongono ulteriori approfondimenti di “livello 3”.

3 ASSETTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO DELL'AREA

3.1 Inquadramento geologico

Per l'inquadramento geologico strutturale dell'area di studio vengono ripresi i contenuti già riportati nella Relazione redatta per lo studio di MS progressivo (Centrogeo, 2012).

Il territorio in analisi appartiene al versante padano dell'Appennino Settentrionale, nel quale l'assetto geologico e morfologico è determinato soprattutto dalla sovrapposizione di falde tettoniche.

L'area comunale e le zone ad essa circostanti sono geologicamente attribuibili essenzialmente alle Unità Alloctone, Liguri e Subliguri (Bettelli et alii), alla Successione Epiligure (Ricci Lucchi e Ori 1985; Battelli et alii, 1989) (Decandia e Elter, 1972; Elter e Marroni, 1992) ed alla Successione Neogenico-Quaternaria del Margine Appenninico Padano.

Le unità liguri esterne che sovrascorrono e si giustappungono alle unità subliguri che a loro volta hanno sovrascorso la Falda Toscana, sono contraddistinte dall'assenza di testimonianze del substrato oceanico sul quale si sono depositate e successivamente scollate durante la fase orogenica appenninica. Isolate testimonianze, incluse tettonicamente e per fenomeni sedimentari, del sopracitato substrato sono rappresentate da locali masse costituite da gabbri, graniti, breccie poligeniche, lembi basaltici o ofiolitici, osservabili nel settore meridionale occidentale in prossimità di Vedighetto di Sotto e ad ovest del confine comunale nelle vicinanze di Cà Grana di Malandrone.

I processi tettonici che hanno coinvolto l'appennino settentrionale hanno scomposto i vari domini paleogeografici impilando e giustapponendo gli stessi in modo complesso, nel periodo che va dal Cretaceo all'attuale, sviluppandosi in due fasi. La prima di queste ultime ha prodotto pieghe isoclinali compresse nelle liguridi interne, che sono state ulteriormente ripiegate nella seconda fase che ha ancor più raccorciato le preesistenti strutture. Le fasi liguridi hanno determinato la chiusura del preesistente oceano ligure e con l'impilamento delle successioni dei Domini Liguri si sono generati vari bacini marini minori nei quali si sono depositate le successioni delle sequenze epiligrine.

Gli orizzonti litologici liguri mostrano una deformazione interna molto maggiore rispetto a quanto osservabile nelle formazioni della sovrastante successione epiligrine. In particolare la litozona delle Argille Varicolori presenta un grado di deformazione al punto che, probabilmente per il comportamento duttile dei litotipi argilloso - marnosi che la compongono, la stratificazione risulta quasi completamente cancellata.

I complessi rapporti tettonici e le ridotte dimensioni degli affioramenti di litozone delle subliguri inglobati nelle unità liguri, in localizzate zone sono individuati come melanges

tettonici, Unità di Coscogno, (Bettelli et Alii; 1989a).

Le successioni epiliguri che sovrastano e sigillano le unità liguri, si sono deposte in corrispondenza di aree relativamente abbassate, ed i processi tettonici ne hanno obliterato i rapporti della originaria sovrapposizione stratigrafica per tettonica disgiuntiva neogenico quaternaria.

Tali processi hanno costituito una complessa struttura a sinclinali ed anticlinali, più o meno asimmetriche, ad asse appenninico con faglie inverse embricate in direzione settentrionale, che formano la cerniera di saldatura tra la catena appenninica e la regione delle pieghe e thrust sepolti della Pianura Padana, denominata: Lineamento Frontale appenninico.

Detti processi tettonici nelle fasce più settentrionali coinvolgono anche i depositi quaternari continentali pleistocenici.

Le strutture compressive e le superfici di sovrascorrimento della coltre alloctona, successione epiligure e del margine appenninico sono dislocate da faglie disgiuntive subverticali con direzione sia appenninica che antiappenninica. L'età di queste strutture è dunque almeno post-Pliocene inferiore.

Tali strutture disgiuntive si presentano spesso come zone di intensa fratturazione, talora senza rigetti importanti alla scala cartografica. I rigetti riconoscibili lungo tali superfici presentano sia componenti verticali che orizzontali.

Queste strutture recenti hanno decisamente influenzato anche le geometria del reticolo idrografico.

Le figure 3.1 e 3.2 riportano un più aggiornato schema tettonico del territorio emiliano-romagnolo, tratto dalle Note Illustrative della *Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna e aree limitrofe* (edizione 2016).



Figura 3.1 - Schema strutturale tettonico del territorio emiliano-romagnolo, tratto dalle "Note Illustrative alla Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna a aree limitrofe" (ed. 2016). L'area di studio è localizzata nel cerchiato tratteggiato fucsia

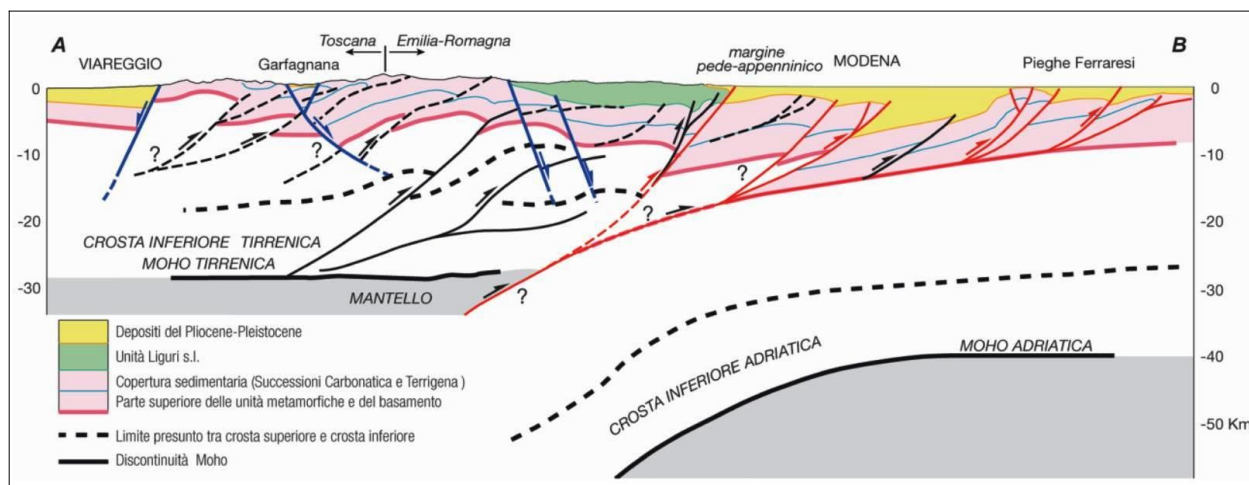


Figura 3.2 – Sezione geologico strutturale schematica della pianura compresa tra il Mar Ligure e il fiume Po. La sezione attraversa il territorio modenese (cfr. sezione B-B' riportata nelle "Note Illustrative alla Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna a aree limitrofe" (ed. 2016))

In questo senso, occorre rammentare come i recenti studi sismotettonici pubblicati nelle Note Illustrative a corredo della carta sismotettonica della RER, nelle due edizioni fin qui pubblicate (2004 e 2016), hanno consentito di svolgere approfondimenti su particolari evidenze di attività tettonica recente riscontrate in settori di catena, di margine e di pianura della regione. Rilievi geologici, sismici nonché studi morfo-tettonici indicano come la tettonica attiva sia generalmente caratterizzata dalla presenza di strutture compressive attive, come sovrascorrimenti e piegamenti, come evidenziano anche i meccanismi focali di terremoti noti (Gasparini et alii, 1985; Boccaletti et alii, 1985; Anderson & Jackson, 1987; Frepoli & Amato, 1997; Mariucci et alii, 1999; Benedetti et alii, 2000–2003; Selvaggi et alii, 2001).

L'andamento geografico del principale spartiacque evidenzia come la catena appenninica risulti dislocata tra le valli del Reno e del Panaro. Vari Autori, hanno descritto strutture tettoniche trasversali all'asse principale, orientate NNE-SSW, che svincolano la catena in questo settore caratterizzato da deformazione attiva prevalentemente lungo il "thrust" appenninico (Ghelardoni, 1965; Bortolotti, 1966; Castellarin et al., 1985; v. anche Martelli, 2015; Martelli et al. 2017; ecc.).

Ulteriori evidenze sono riscontrabili anche lungo il limite morfologico collina-pianura e in particolare si possono individuare alcune strutture trascorrenti minori, con orientazione SW-NE e componente di movimento orizzontale sinistro, che dislocano il fronte orizzontale del margine affiorante tra le valli dei fiumi Panaro e Reno fino a circa 10 km circa, come ben rappresentato nella figura 3.3. In superficie, gli studi evidenziano come la dislocazione risulti distribuita su una fascia ampia e, sebbene in superficie non si riscontrino evidenze di trascorrenza, un principale rigetto sinistro viene individuato lungo la struttura trasversale passante in corrispondenza dello sbocco in pianura del fiume Panaro, presso Vignola (dislocazione pari a circa 4 km).

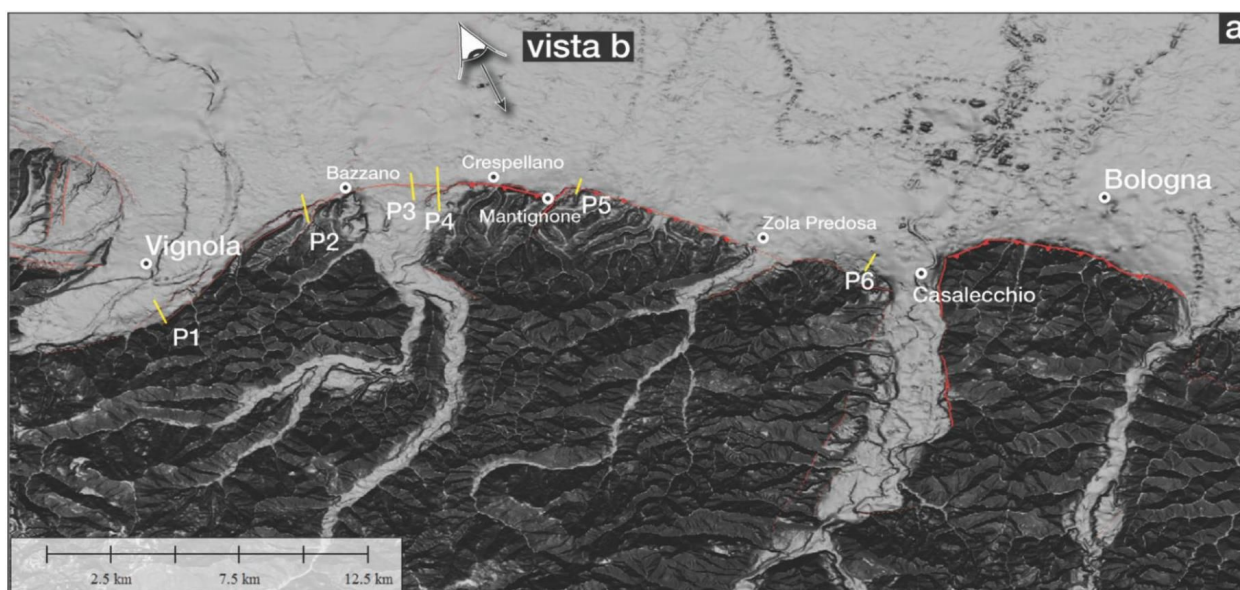


Figura 3.3 – Elaborazione DEM del fronte affiorante del margine appenninnico tra Vignola e Bologna (da: Note Illustrative Carta Sismotettonica della Regione Emilia–Romagna e aree limitrofe – ed. 2016)

Il territorio di Marano sul Panaro, pertanto, si colloca marginalmente a un contesto deformativo che interessa il settore di Appennino e di Margine Appenninico e che ha coinvolto anche depositi marini relativamente recenti di età pleistocenica (es. Formazione delle Argille Azzurre – FAA, Sabbie di Imola – IMO) nonché i depositi alluvioni del Sistema Emiliano–Romagnolo superiore (SERS <450.000 anni), interessati anche da piegamenti, fratture e faglie mesoscopiche, come riscontrato in diversi affioramenti nella valle del Panaro, tra Vignola e Bazzano.

3.2 Inquadramento stratigrafico e sismotettonico

Anche per l'inquadramento litostratigrafico dell'area di studio vengono ripresi i contenuti già riportati nella Relazione redatta per lo studio di MS pregresso (Centrogeo, 2012).

Le unità litostratigrafiche (figura 3.4) che costituiscono la fascia del basso e medio basso appennino modenese, al quale appartiene il territorio di Marano sul Panaro, sono attribuite, dall'alto in basso in senso stratigrafico, a:

- ✓ Successione Neogenico – Quaternaria del Margine Appenninico Padano
 - Unità Quaternarie Continentali
 - Unità Marine di Transizione
- ✓ Successione Epiligure
- ✓ Dominio Ligure (Successioni della Val Tresinaro; Formazioni Pre Flysch ad Elmintoidi)

✓ Dominio SubLigure

La serie litostratigrafica delle successioni locali è riferita a quella adottata dal progetto CARG, rappresentata nella Carta Geologica Regione Emilia Romagna. Per le coperture quaternarie continentali ci si è riferiti ancora alla Carta Geologica Regione Emilia Romagna e, nello specifico per le coperture di frana, all'“Inventario del Dissesto” (SGSS - RER), nonché alle perimetrazioni di frana riportate nel PTCP di Modena (cfr. Tavola 2.2 <<Rischio sismico: carta delle aree suscettibili di effetti locali>>) e alle perimetrazioni di dissesto indicate nel PAI vigente.

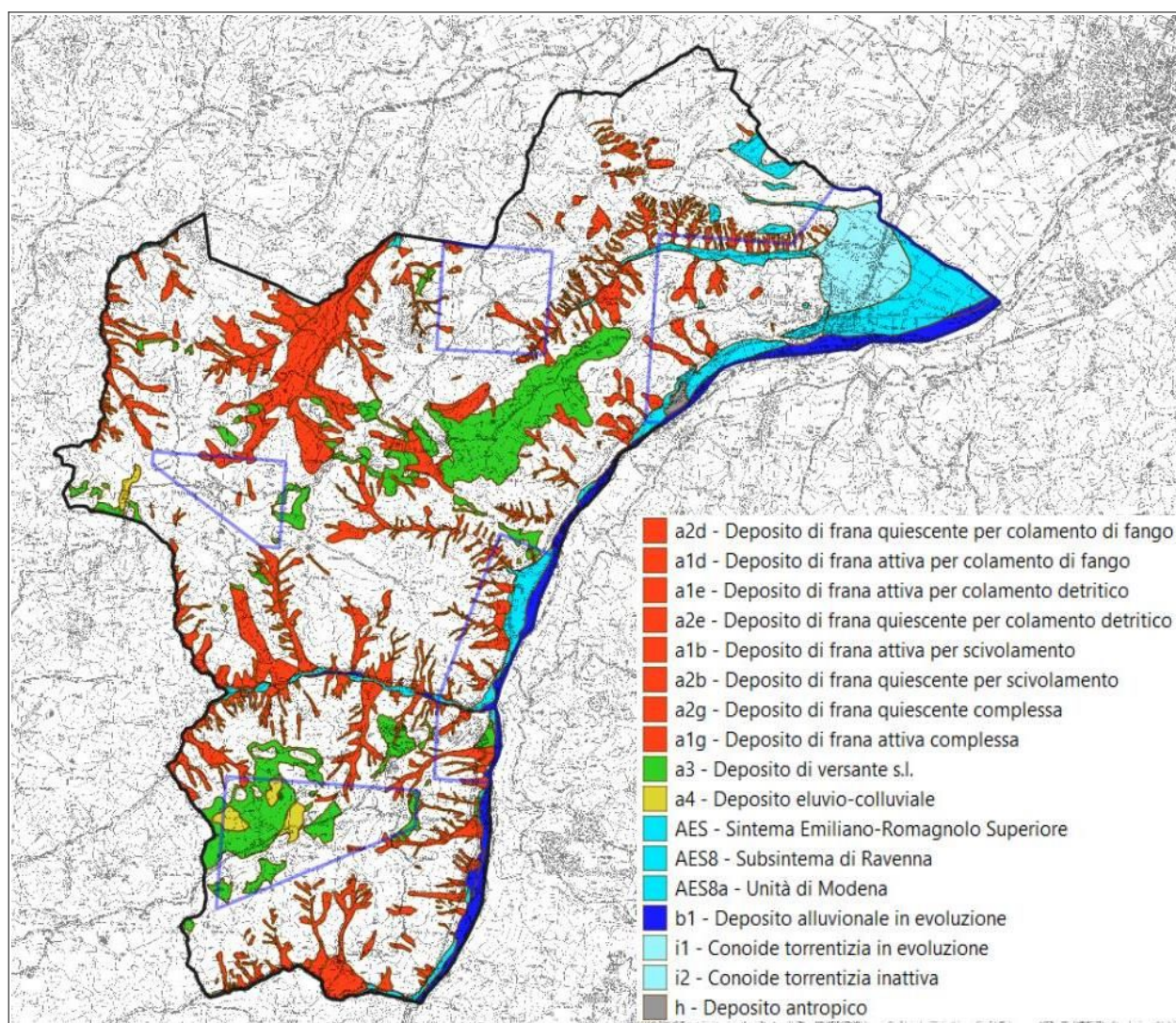


Figura 3.4 - Depositi continentali quaternari nel territorio comunale di Marano sul Panaro desunti dalla cartografia geologica della regione Emilia-Romagna. Il tratteggio viola delimita gli areali interessati dagli approfondimenti sismici fino al livello 2

La descrizione dei tipi litologici delle successioni presenti nel territorio in narrativa sono di seguito schematicamente descritte relativamente alle caratteristiche litotecniche salienti:

✓ Successione Neogenico - Quaternaria del Margine Appenninico Padano

- Unità Quaternarie Continentali:
 - Sintema Emiliano Romagnolo Superiore (AES) di età Pleistocene medio? – Olocene. Unità alluvionale da grossolana a fine con alla base una superficie di discontinuità nel margine appenninico e nell’alta pianura, passante a una superficie di continuità nel sottosuolo della pianura, su AEI.
 - Subsintema di Ravenna (AES8) di età Olocene (età radiometrica della base: 14.000–11.000 anni). È caratterizzato da limi sabbiosi e limi argillosi negli apparati dei torrenti minori o ghiaie in lenti entro limi, subordinate ghiaie e ghiaie sabbiose in quelli dei torrenti e fiumi principali.
 - Unità di Modena (AES8a) di età post VI secolo dC. È caratterizzata da depositi ghiaiosi e fini; corrisponde al primo ordine dei terrazzi nelle zone intravallive.
 - Nei depositi continentali vengono compresi anche i depositi di frana, i depositi alluvionali terrazzati, i depositi di versante s.l. e i depositi eluvio-colluviali.
- Unità Marine di Transizione:
 - Argille Azzurre – Litozone argilloso marnosa – marnoso siltosa (FAA) di età Pliocene inf. – Pleistocene inf. Caratterizzate da argille debolmente marnose, localmente siltose, grigio-azzurre, a stratificazione mal distinguibile; locali intercalazioni di sabbie fini in strati sottili o medi.
 - Argille Azzurre – Litozona arenaceo conglomeratica (FAAac) di età Pliocene med.sup. Caratterizzate da un orizzonte arenaceo conglomeratico (FAAac) potente pochi metri e di età dubitativamente pliocenica medio-superiore, costituisce localmente la base della formazione; potenza fino a 1000 metri circa.
- ✓ Successione Epiligure
 - Formazione del Termina (TER) di età Tortoniano. È caratterizzata da marne argillose grigio-scure, sottilmente stratificate o massive, con locali intercalazioni arenacee.
 - Membro di Montardone (TER1) di età Tortoniano – Messiniano Inf. È caratterizzato da breccie poligeniche a matrice argillosa, con presenza di corpi marnoso siltosi.
 - Formazione di Pantano (PAT) di età Burdigaliano p.p.? – Langhiano p.p. È caratterizzata da areniti, areniti marnose e peliti sabbiose a stratificazione mal distinguibile per bioturbazione.
 - Breccie Argillose della Val Tiepido – Canossa (MVT) di età Acquitano. Sono caratterizzate da breccie argillose poligeniche a matrice argillosa prevalentemente grigia, costituita in gran parte da clasti millimetrici di marne e peliti, recanti clasti litoidi angolari appartenenti alle Argille a Palombini (APA), alle Arenarie di Scabiazza (SCB) e a sporadiche ofioliti.
 - Formazione di Antognola (ANT) di età Rupeliano Terminale – Acquitano. È

caratterizzata da peliti e marne verdognole con patine manganesifere, a stratificazione mal distinta. Viene inoltre distinto il Membro DI Anconella (ANT4) di età Chattiano. È caratterizzata da torbiditi arenaceo-pelitiche in strati da medi a molto spessi; arenarie quarzoso feldspatiche, di colore grigio chiaro alterate in giallastro; subordinate marne argillose grigie, grigio verdi, grigio scuro o nerastre.

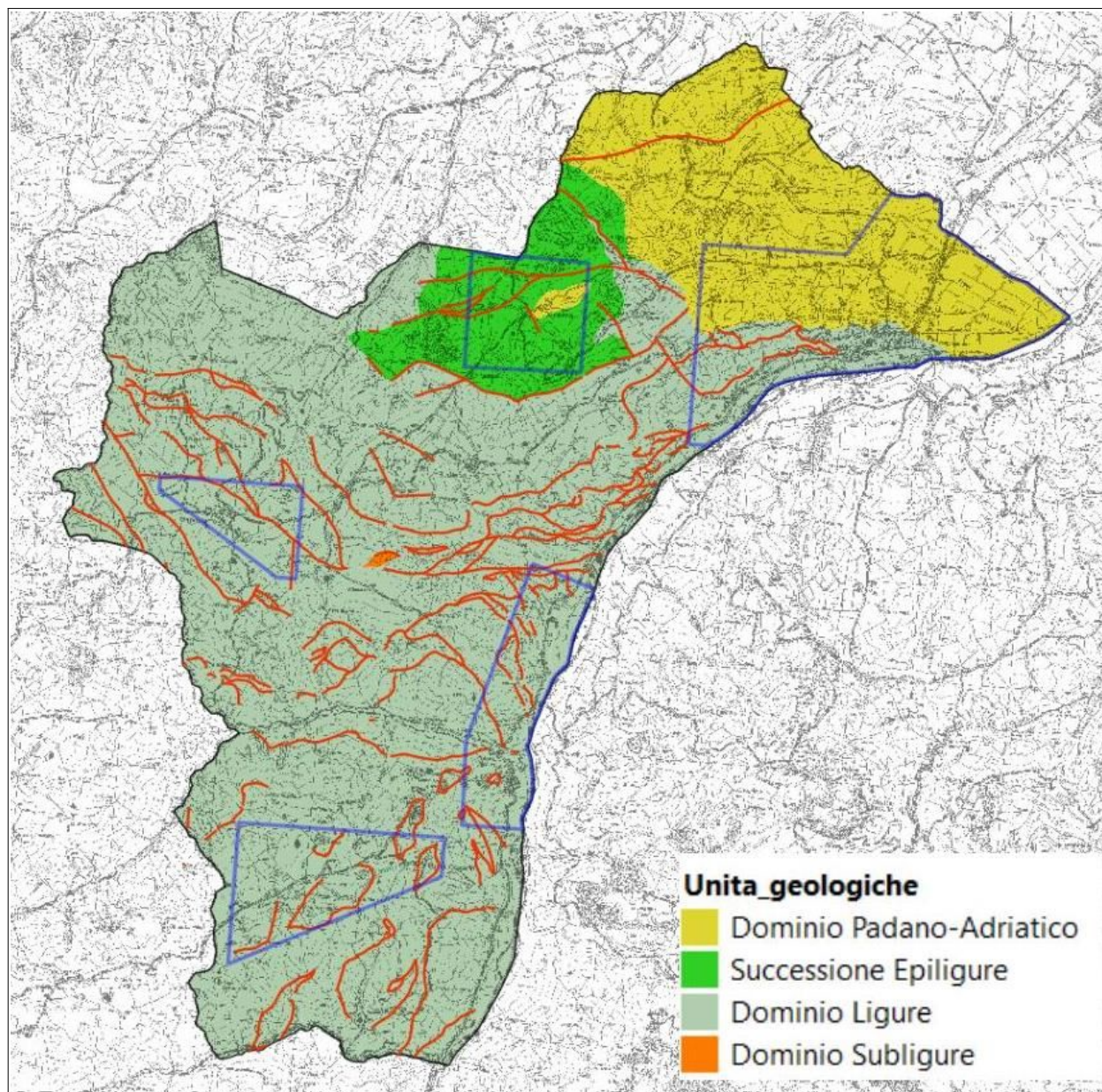


Figura 3.5 – Schema delle unità geologiche (domini deposizionali) nel territorio comunale di Marano sul Panaro desunti dalla cartografia geologica della regione Emilia-Romagna. Si riportano anche le principali discontinuità tettoniche/faglie. Il tratteggio viola delimita gli areali interessati dagli approfondimenti sismici fino al livello 2

✓ Dominio Ligure (Successione della Val Tresinaro)

- Flysch di Monte Cassio (MCS) di età Campaniano sup. – Maastrichtiano. Sono caratterizzate da marne calcaree grigio giallastre con base di areniti calcilitiche, in strati spessi e banchi. Subordinate le intercalazioni di pacchi di strati medi e sottili arenitico-pelitiche.

✓ Dominio Ligure (Formazioni Pre Flysch ad Elmintoidi)

- Argille Varicolori di Cassio (AVV) di età Cenomaniano – Campaniano sup. Caratterizzate da argilliti rosse e verdi sottilmente stratificate, caotiche per intensa tettonizzazione).
- Arenarie di Scabiazza (SCB) di età Turoniano sup.? – Campaniano inf. Caratterizzate da areniti grigio nocciola, in strati sottili, passanti a peliti grigie o varicolorate. È inoltre affiorante la litofacies marnoso siltosa (SCBb) caratterizzata da alternanze stratificate arenaceo – pelitiche.
- Argille Varicolori di Grizzana Morandi (AVT) di età Cenomaniano sup. – Santoniano sup. Sono caratterizzate da argilliti rosso violacee e grigio scure per intensa tettonizzazione, recanti patine manganesifere di alterazione.
- Argille a Palombini (APA) di età Cretacico inf. Sono caratterizzate da argilliti grigio scure, tettonizzate, recanti “boudins” di calciluliti biancastre, a luoghi silicizzate, fratturate.
- BASALTI (beta) di età Cretacico inf. Caratterizzati da basalti ofiolitici.

✓ Dominio SubLigure

- Arenarie di Ponte Bratica (ARB) di età Rupeliano p.p. – Chattiano. Sono caratterizzate da arenarie torbiditiche a grana fine e molto fine, alternate a peliti grigio-verdine.
- Formazione di Montepastore (MPA) di età Ypresiano – Luteziano. Costituite da arenarie torbiditiche calcarenitico – marnose.
- Argille e Calcari del Torrente Lavinello (AVN) di età Campaniano sup? – Ypresiano. Caratterizzate da argille rosse, rosate e grigie con intercalazioni calcaree.

Una delle caratteristiche che contraddistinguono i terreni affioranti è la diversità di assetto, stile e comportamento tettonico.

Le unità stratigrafiche presenti nel territorio a cui appartiene l'area comunale di Marano sul Panaro, sono rappresentate in prevalenza dalle Unità Liguridi, in percentuali nettamente subordinate dalle Unità subliguri, e subordinatamente alle liguri dalla Successione Epiligure (fasi pre e post Burdigaliano) e successione Neogenica del Margine Appenninico. Quest'ultima, è rinvenibile nella zona settentrionale dell'area comunale.

Dette unità tettoniche, differenziate durante la fase ligure, che ne ha causato lo scollamento delle successioni stratigrafiche ad esse sottostanti (formazioni pre-flysch) e la giustapposizione tettonica alle stesse, sono distribuite secondo fasce ad andamento appenninico.

I complessi tettonici presenti nella zona (più ampia) sono suddivisibili nelle tre unità stratigrafiche strutturali: Unità Tettonica Cassio, Unità Tettonica Monghidoro, Unità Tettonica Leo. Queste ultime due, tuttavia, non presenti nel territorio comunale, affiorano a circa 20 ÷ 30 Km rispettivamente a SO-O e SO in corrispondenza della fascia di faglie che costituisce il Sistema della Val Rossenna (Bettelli et alii, 1989 a), che mette in contatto l'Unità Leo all'Unità Monghidoro (generalmente sovrastante).

L'Unità Tettonica Cassio, che congiuntamente alla Successione Epiligure costituisce il prevalente substrato marino di Marano sul Panaro, è rappresentata dalle formazioni pre-flysch ed affiora quasi esclusivamente a nord ovest del sistema della Val Rossenna ed è giustapposta alle Unità Leo e Monghidoro rinvenibili a sud ovest della sopra citata linea di faglia.

L'Unità Cassio, nell'areale di Marano sul Panaro, è sigillata dalla Successione Epiligure che costituisce la zona centro settentrionale occidentale del territorio. Detta successione, che occupa un'area relativamente ribassata dal punto di vista strutturale costituisce, nella zona ad est e ad ovest del comune sinclinali con asse a direzione appenninica.

Nell'area settentrionale, sono presenti le successioni neogeniche del margine interno dell'avanfossa appenninica-padana, depositatesi sul fronte delle Unità Liguri e successivamente inglobate nella catena appenninica. Tali formazioni costituiscono sinclinali ad anticlinali più o meno asimmetriche con asse a direzione appenninica e a luoghi coinvolgono i depositi quaternari meno recenti del Pleistocene inferiore e medio.

L'assetto strutturale della zona in esame deriva da una serie di pulsazioni (o crisi) orogenetiche che dal Cretacico sup - Eocene ad oggi, hanno contribuito alla formazione della catena appenninica. Tale attività è stata presente anche durante le fasi deposizionali epiliguri come indicano le irregolarità, discontinuità e variazioni di spessore dei membri e formazioni sottiacenti il Gruppo di Bismantova, la presenza di depositi di debris flow all'interno della Formazione di Antognola nonché la discordanza tra quest'ultima con il sovrastante Gruppo di Bismantova, e infine le variazioni laterali di tale gruppo.

I sollevamenti crostali avvenuti in epoche plio-quaternarie nel territorio comunale sono correlati all'attività del Lineamento Frontale Appenninico costituito da una complessa struttura a superfici di thrust e faglie inverse embriciate vergenti a nord, che in pratica corrispondono al limite tra l'appennino e la pianura.

Gli innalzamenti, ed in generale gli spostamenti crostali avvenuti recentemente (Pliocene e Quaternario) nell'area in oggetto, sono individuabili mediante elementi neotettonici lineari (faglie) a sviluppo prevalentemente rettilineo.

L'attribuzione di faglie al periodo plio - quaternario è data da una serie di indicazioni quali

“freschezza” degli indizi geomorfologici: scarpate, intense fratturazioni o uncinatura di strati, tratti vallivi rettilinei, catture fluviali, franosità accentuate ed allineate, contropendenze, dislocazione di depositi quaternari (Wurm) ecc.

Sono di seguito descritte le principali faglie con caratteri neotettonici riconosciute nell’area comunale.

1. Faglia diretta, orientata ovest sud ovest –est nord est, circa estesa da Banzola a Madonna di Pianello –T. Traino / T. Guerro –Ca Montanari, immediatamente a nord ovest del confine comunale di Marano sul Panaro evidenziata da gomito del T. Traino, andamento rettilineo dell’asta torrentizia da Madama di Puianello a C. Montanari, deciso gomito dell’asse del torrente con flessione a nord est dopo quest’ultima località.
2. Faglia diretta ad andamento ovest sud ovest –est nord est nella zona meridionale del comune, circa da M.no Ribatino a Rumana / Fontanella, evidenziata da catture, gomiti degli assi idrici, andamento rettilineo della incisione.
3. Sovrascorrimento ad andamento ovest –est, esteso circa da P.gio Olmazzo a Ca Santarelli –Barambana –M. Rovinalto, evidenziato da selle, allineamenti di frane, gomiti negli assi idrici superficiali.
4. Faglia diretta orientata sud ovest –nord est, estesa circa da C.se Bernardoni a Festa – Osteria Vecchia, evidenziata da selle, gomiti e deviazioni degli assi idrici superficiali.
5. Sovrascorrimento ad andamento appenninico di importanza regionale, transitante nel sottosuolo della zona settentrionale del comune, circa esteso secondo i toponimi Madonna di Puianello – Ca Balugani –C. Bellani, evidenze: deviazione del fiume Panaro, andamento rettilineo del T. Orsello, gomiti degli assi idrici superficiali, selle.

3.3 Geomorfologia

Il territorio di Marano sul Panaro, compreso circa tra 125/200 e 550 m slm, appartiene alle fascia collinare dell’appennino e dell’alta pianura e ricade prevalentemente nel bacino idrogeografico del F. Panaro.

Da un punto di vista geomorfologico² e della geologia del quaternario in generale, sono state riconosciute e descritte, per le zone del crinale e sub crinale appenninico, forme e depositi attribuibili alle glaciazioni pleistoceniche, mentre per le zone più prossime alla pianura sono stati individuati sedimenti marini marginali del Quaternario antico–medio e depositi fluviali terrazzati del Quaternario medio–recente, continentale, (AES8 – AES7).

Per quanto riguarda i dati geomorfologici inerenti la fascia intermedia dell’Appennino, precedenti studi (G.S.U.E.G. 1976 – Panizza e Mantovani, 1974), hanno contribuito all’individuazione del tipo di evoluzione morfo–paesaggistica che ha interessato dette zone

² I contenuti del paragrafo sono desunti dalla Relazione redatta per lo studio della precedente Microzonazione (Centrogeo, 2012). con alcune rettifiche e integrazioni

individuando azioni di modellamento del territorio correlate ad ambiente periglaciale.

Il tipo di drenaggio che si rileva a scala territoriale nel medio appennino non appare marcatamente definito, ciò deriva probabilmente da vari fenomeni di cattura del F.Panaro determinati da condizioni geologico strutturali (Anelli, 1919; Panizza, 1974). A queste ultime, potrebbe essere correlabile, nelle zone a meridione di Marano sul Panaro, in territorio di Guiglia e Zocca, l'andamento del tracciato del F.Panaro che tra Montespecchio e M.no Mazzano attraversa sequenze arenaceo pelitiche –pelito arenacee e calcareo marnose, meccanicamente meno erodibili delle litologie argillitiche – argillose presenti ad oriente di detto fiume.

Il territorio di Marano sul Panaro, per quanto riguarda la schematizzazione morfostrutturale dell'Appennino modenese appartiene prevalentemente alla fascia delle strutture marginali ed in subordine per la parte più settentrionale orientale alla fascia delle strutture pedeappenniniche neogenico –quaternarie (Marchetti, Papani, et alii; G.S.U.E.G.; 1978).

La prima di dette fasce presenta un assetto strutturale complesso rappresentato da sinclinali più o meno asimmetriche, ad asse appenninico con vergenze a N-NE, che si raccordano ad anticlinali strizzate e profondamente erose, interessate da linee di faglia sub verticali e da sovrascorrimenti.

Analoghe condizioni sono presenti anche nella seconda unità strutturale nella quale si riscontrano inoltre importanti linee di faglia subverticali che hanno sollevato le formazioni liguri, sulle quali si sono deposte in discordanza le unità marine del margine dell'avanfossa appenninica padana, Argille Azzurre, che in genere presentano assetti a sinclinali ed anticlinali più o meno asimmetriche con assi a direzione appenninica, che costituiscono il Lineamento Frontale Appenninico.

Le morfologie della zona in oggetto risultano essere diverse in funzione sia delle caratteristiche litomeccaniche e degli assetti strutturali che dell'altimetria del territorio. Si osservano infatti versanti contraddistinti da pendenze di $20^{\circ} \div 40^{\circ}$ in formazioni prevalentemente argillitiche, pelitico arenacee ed argilloso marnose, correlate all'assetto strutturale ed all'elevato grado di erodibilità delle stesse, che si sviluppa con maggior intensità secondo i principali assi idrici del territorio che svolgono funzione di locale livello di base per i rii e torrenti minori.

In relazione alle paleoforme del territorio, sono individuabili lembi di superfici terrazzate in tratti di versante abbastanza ben conservati a blanda inclinazione, minore di $8^{\circ} \div 10^{\circ}$, attualmente in posizioni morfologiche più rilevate rispetto alle zone ad esse latitanti, che costituiscono zone ad altopiano topograficamente tra loro correlabili; le più estese di dette superfici sono osservabili a nord di Le Puzzele ed a nord est di Rodiano.

Dette morfologie in funzione delle quote altimetriche alle quali si collocano: 500 m s.l.m. e della loro conformazione, sono riconducibili a processi correlabili a sistemi morfoclimatici nivopluviali (Wurm).

Altre forme ereditarie nel territorio sono rappresentate da depositi alluvionali antichi terrazzati (AES4 –AES5 –AES7) riscontrabili nella zona settentrionale; sono inoltre presenti depositi

alluvionali recenti (AES8–8a) nella zona di conoide apicale sede del capoluogo ed ai lati del F. Panaro, depositi alluvionali sub attuali –attuali in corrispondenza dell’asta di detto fiume.

Le degradazioni più recenti, correlate ad ambiente temperato, sono articolate in processi di versante, quali, incisioni torrentizie, dissesti superficiali, processi di frana, dei quali quello di maggior estensione e spessore si rileva nella zona occidentale settentrionale orientale; altri analoghi accumuli, con dimensioni relative inferiori, si riscontrano nel settore centro occidentale meridionale del territorio comunale.

Le azioni erosive di maggior intensità delle acque incanalate si sviluppano in corrispondenza dell’asta del F. Panaro che è delimitato da depositi alluvionali terrazzati con altezze di incisione di 5 ÷ 10 m.

Le forme e processi che caratterizzano il territorio, derivando da cambiamenti di condizioni climatiche più o meno dissimili da quelle attuali, oggi possono essere attive o non attivi. Ciò assume un’importanza fondamentale nella pianificazione territoriale in quanto la dinamica e le forme in atto dei versanti determinano la possibilità o meno di prevedere l’edificabilità di aree e di valutare, in linea di massima, l’incidenza economica degli interventi di messa in sicurezza.

Attualmente l’evoluzione del territorio avviene sostanzialmente ad opera delle acque sia incanalate che diffuse e da movimenti di massa di diversa natura, ai quali si sommano gli interventi antropici.

3.4 Ulteriori elementi conoscitivi relativi alle coperture quaternarie continentali

I depositi continentali³ sono diversamente distribuiti sul territorio comunale in funzione delle conformazioni morfologiche e quote altimetriche dello stesso.

Nella zona centro settentrionale ed in quella sud occidentale sono presenti depositi di versante e, in minor estensione, depositi eluvio–colluviali che costituiscono coltri con spessori di 4÷7 m, che generano superfici ad altopiano tra loro morfologicamente ed altimetricamente correlabili.

Nella zona occidentale centro settentrionale è presente un accumulo di frana quiescente di considerevole estensione, che si sviluppa in direzione sud nord per una lunghezza di 3 km, larghezza di 0,3÷0,4 km e con spessore di 20÷30 m.

Nel settore centrale si rilevano altri corpi di frana di dimensione minore, ma comunque ragguardevoli, che in funzione del tipo di substrato argillitico – argilloso nel quale si sviluppano, sono prevalentemente di colata ed in subordine di tipo complesso e per scorrimento.

I corpi con evidenze di attività relativamente recente risultano prevalentemente classificabili come colate ed anche se generalmente di dimensioni minori, risultano essere quelli percentualmente più rappresentati. Tali accumuli presentano lunghezze variabili in media tra

³ I contenuti del paragrafo sono desunti dalla Relazione redatta per lo studio della precedente Microzonazione (Centrogeo, 2012) con alcune rettifiche e integrazioni.

200/300 e 500 m, larghezze oscillanti tra 50 e 100 e spessori di $5/7 \div 10$ m. Analoghi processi sono rilevabili nella zona meridionale. Frequentemente, i limiti di frana comprendono anche areali più propriamente classificabili come “zone di distacco”, con spessori delle coperture da ritenersi pertanto trascurabili dal punto di vista sismico (coronamenti; canali di colata; ecc.).

Nella zona settentrionale orientale e nella fascia che costituisce il bordo orientale del territorio comunale, si delineano decisamente i depositi di conoide nell’area del capoluogo e di terrazzo in adiacenza del F. Panaro.

Detti depositi sono organizzati in cicli sedimentari costituiti da ghiaie sabbiose alla base che passano a sabbie limose e quindi a limi sabbiosi verso l’alto. Tali corpi alluvionali nel settore di fondovalle del F. Panaro costituiscono terrazzi elevati di $5 \div 10$ m rispetto all’alveo attuale e presentano mediamente spessori compresi tra 5 e $7/10$ m.

Nella zona sede del capoluogo e ad oriente della stessa, i depositi alluvionali costituiscono il settore apicale della conoide del F. Panaro alla quale si sovrappone un’unità di conoide inattiva più recente, in corrispondenza dello sbocco in pianura del Fosso Fellano. Tale corpo sedimentario è correlabile ad un sistema paleoidrografico diverso dal reticolo attuale dato che il bacino sotteso del suddetto fosso non è compatibile con la dimensione della conoide ad esso collegata.

Gli spessori dei depositi alluvionali sono mediamente corrispondenti a $10 \div 15$ m e tendenzialmente hanno potenze inferiori nell’area settentrionale (vedi area produttiva/campo sportivo), dove assumono spessori di $7 \div 10$ m.

I depositi terrazzati in narrativa sono riferibili al sistema AES8 – AES8a, di età Romana –Attuale. Depositati alluvionali più antichi, in forma di lembi residuali terrazzati, di modesta estensione e di difficile datazione deposizionale⁴ (Subsintemi AES4 e/o AES5?) si rinvennero in prossimità del confine comunale nord orientale in prossimità di C. Serra e Murazzo.

Altri depositi antichi (ma più recenti di quelli sopra citati?, attribuibili al Subsistema di Villa Verrucchio sono presenti ad ovest del Capoluogo in corrispondenza del toponimo “Castello”.

Alla confluenza delle valli secondarie con la valle principale del F. Panaro sono presenti conoidi costituite da sedimenti in genere grossolani come si può osservare per il Rio Torto.

⁴ La più recente revisione della cartografia geologica RER li attribuisce, senza differenziazioni, al subsistema AES

4 DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

4.1 Le indagini geognostiche/geofisiche pregresse

La fase iniziale di lavoro ha previsto il riordino l'archiviazione secondo gli standard CTMS più recenti delle indagini geognostiche/geofisiche e di laboratorio già di riferimento per lo studio di MS pregresso (Centrogeo, 2012). Queste indagini comprendono indagini della Banca Dati geognostica RER, indagini di repertorio raccolte presso gli archivi del Comune e indagini effettuate all'epoca per lo studio.

Per questo ulteriore approfondimento, l'Ufficio Tecnico del Comune di Marano sul Panaro ha inoltre messo a disposizione indagini d'archivio più recenti (effettuate dopo il 2012).

Le prove pregresse, sono state dunque implementate nel database che costituisce l'archivio delle indagini per questo lavoro, così distinte per tipologia:

- ✓ n. 6 sondaggi a carotaggio continuo (S);
- ✓ n. 36 prove penetrometriche statiche con punta meccanica (CPT);
- ✓ n. 54 prove dinamiche pesanti (DP);
- ✓ n. 13 prove dinamiche medie/leggere
- ✓ n. 1 prova sismica in foro "Down-Hole" (DH);
- ✓ n. 82 stendimenti sismici attivi MASW;
- ✓ n. 28 stendimenti Re.Mi.;
- ✓ n. 19 registrazioni microtremori a stazione singola (HVSR).

Si evince il buon numero e densità di prove per l'areale urbano relativo al Capoluogo, tuttavia nel corso dello studio di MS è chiaramente emerso che, data l'eterogeneità dell'archivio, non sempre indagini della stessa tipologia possono essere ritenute allo stesso modo attendibili. Dal confronto di indagini analoghe eseguite da soggetti diversi, in tempi diversi sulla stessa area, si sono evidenziati risultati a volte non coerenti, in particolare tra le indagini geofisiche. Per questo motivo, come vedremo, sono state effettuate ulteriori indagini geognostiche e geofisiche integrative. Le figure 4.1 e 4.2 riportano la distribuzione delle prove di repertorio nell'intero territorio comunale e la localizzazione delle ulteriori indagini integrative eseguite per questo ulteriore approfondimento.

I report e i diagrammi degli esiti delle indagini puntuali e lineari sono riportati anche in formato *.pdf nella cartella Indagini\documenti contenuti nell'archiviazione informatica dello studio di MS.

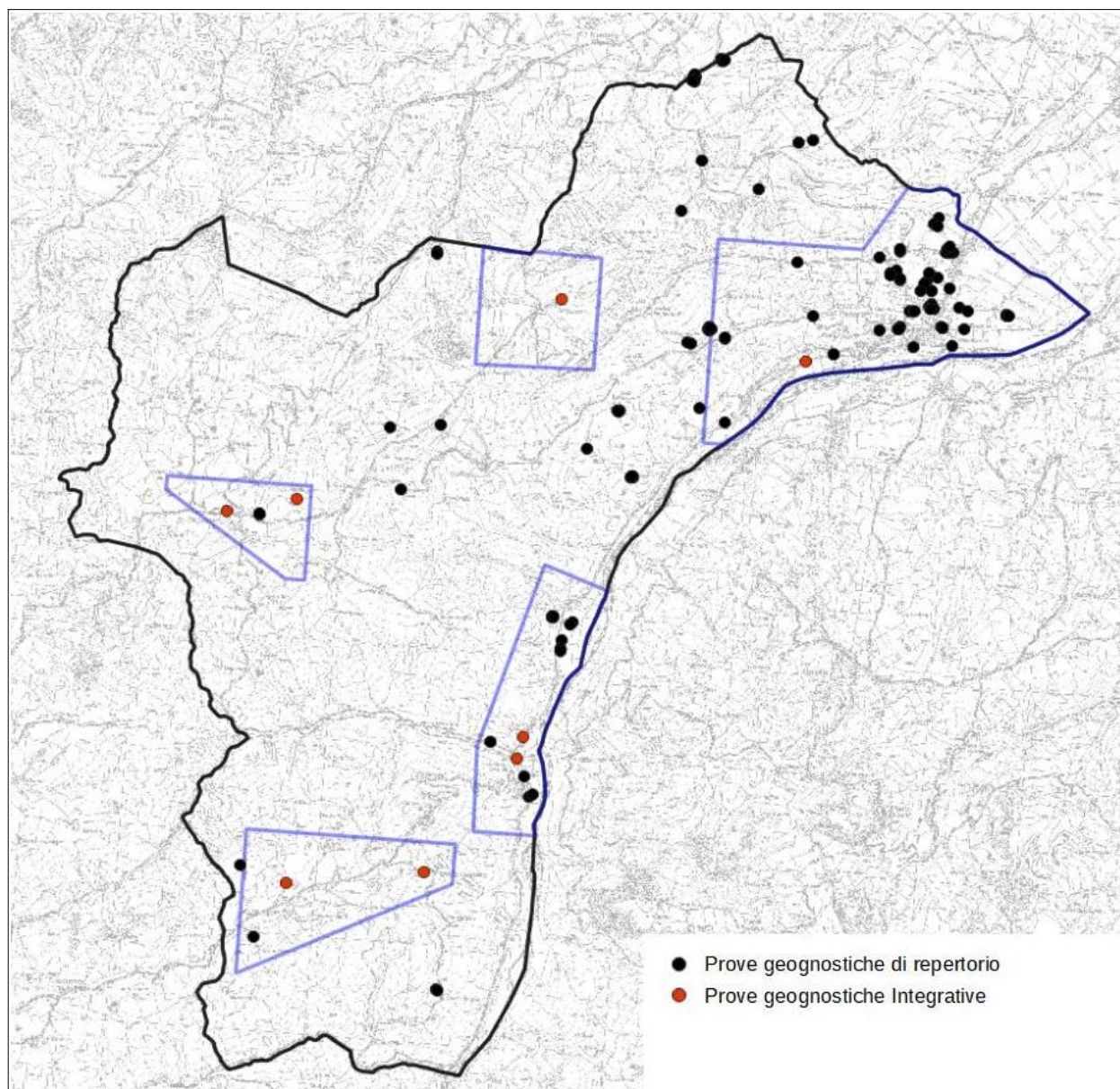


Figura 4.1- Localizzazione delle indagini geognostiche disponibili per lo studio di microzonazione sismica. Con simbologia in colore nero: prove di repertorio. Con simbologia in colore rosso: prove integrative (penetrometrie DPSH) eseguite per questo studio. La figura riporta anche il limite dell'areale con approfondimenti di livello 2 (in colore viola)

4.2 Le nuove indagini eseguite

Per l'aggiornamento della MS di livello 2 si è reso indispensabile effettuare ulteriori indagini in sito, sia di tipo geofisico, sia di tipo geognostico.

Il “piano delle indagini” (tipologia; quantità; localizzazione) è stato definito allo scopo di perseguire i seguenti obiettivi fornire la caratterizzazione sismostratigrafica più raffinata del sottosuolo negli insediamenti urbani, già parzialmente inclusi in zone suscettibili di effetti locali (es. “aree di attenzione” per instabilità di versante) nello studio di pericolosità sismica pregresso (Centrogeo, 2012). Ciò ha comportato, in particolare, l’esecuzione di ulteriori indagini negli areali comprendenti le frazioni di Casona - Osteria Vecchia, Denzano,

Ospitaletto, Puzzele, in quanto caratterizzati da una minore disponibilità di dati geognostici/geofisici.

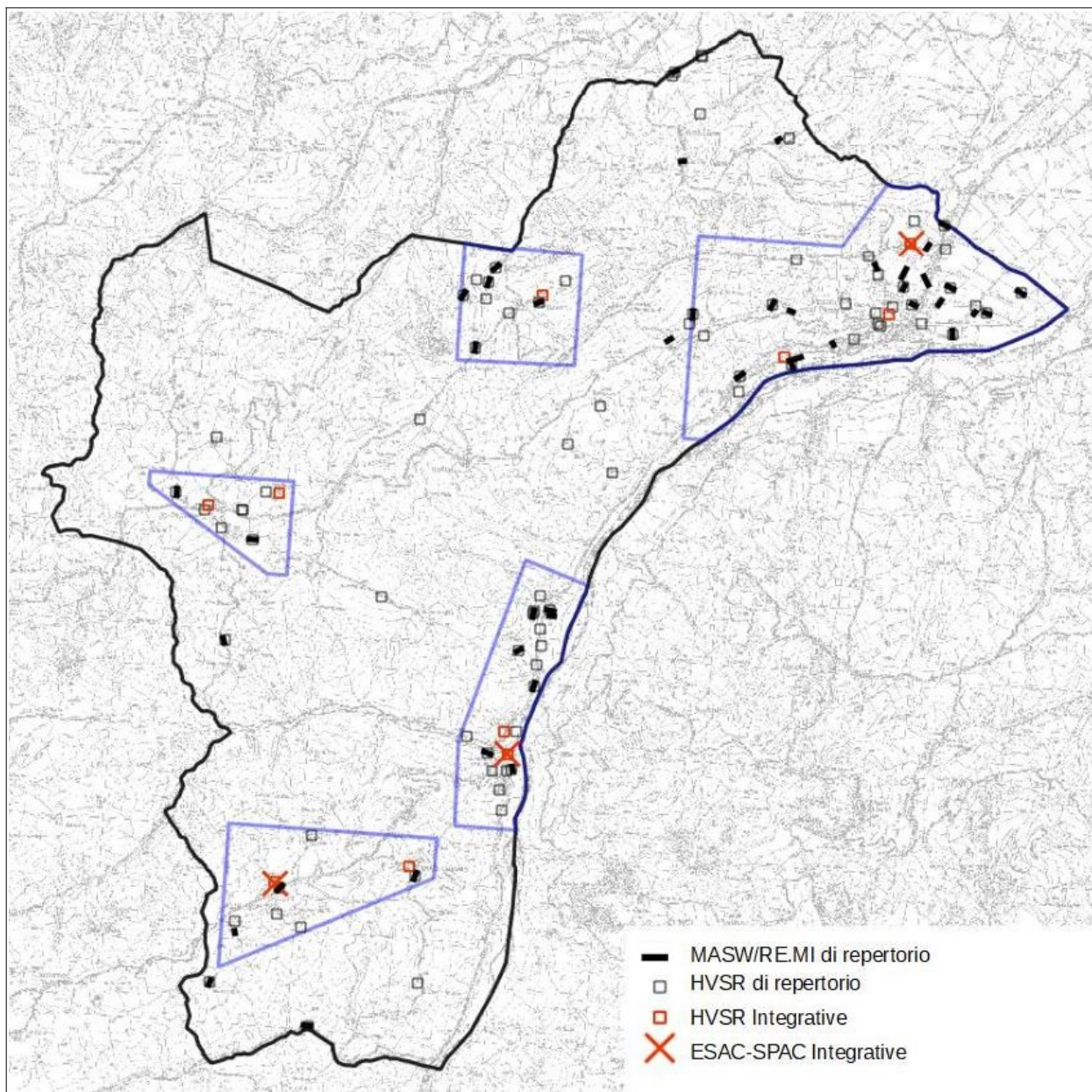


Figura 4.2- Localizzazione delle indagini geofisiche disponibili per lo studio di microzonazione sismica. Con simbologia in colore nero: prove di repertorio. Con simbologia in colore rosso: prove integrative eseguite per questo studio. La figura riporta anche il limite dell'areale con approfondimenti di livello 2 (in colore viola)

Nel territorio comunale di Marano sul Panaro sono state complessivamente eseguite le seguenti indagini integrative:

- ✓ n. 8 prove penetrometriche dinamiche superpesanti DPSH (foto 4.1) → realizzate con mezzo semovente cingolato “Pagani” e puntale “tipo Emilia”, spinte fino a “rifiuto strumentale”.



*Foto 4.1 – Prove DPSH
integrative eseguite
nelle frazioni Denzano
(in alto) e Festà Castello
(in basso)*

- ✓ *n. 3 stendimenti sismici in array bidimensionale ESAC* (foto 4.2)→ Per questo studio, sono stati elaborati tre modelli sismostratigrafici profondi oltre 80÷100 metri, mediante tecniche di investigazione sismiche basate sulla registrazione ed analisi del rumore sismico ambientale, utilizzando il metodo ESAC (Autocorrelazione Spaziale Migliorato).

L'utilizzo delle tecniche passive sull'analisi spettrale delle onde Rayleigh (R) è giustificata dal fatto che il rumore sismico ambientale è ricco di onde superficiali tipo R e che in un mezzo omogeneo ed isotropo la velocità di propagazione V_s può essere ricavata indirettamente dall'analisi spettrale delle onde R secondo equazioni sperimentali. Tale tecnica permette di ottenere i profili verticali (1D) della velocità media delle onde di taglio "S" anche molto profonde, favorendo in alcuni casi il raggiungimento del bedrock sismico. Un secondo

vantaggio della tecnica ESAC riguarda lo svincolo dal problema della direzionalità della/e sorgente/i di rumore sismico ambientale in quanto è già implicito nella stessa geometria utilizzata di tipo 2D, impiegando geofoni a bassa frequenza (4,5 Hz). Gli stendimenti eseguiti hanno previsto geometrie “a elle” con spaziatura tra i geofoni di 5 metri (lunghezza complessiva degli stendimenti 115 metri).

- ✓ n. 10 registrazioni microtremori a stazione singola HVSR (foto 4.2) → con registrazioni di 20/16 minuti e frequenza di campionamento di 128 Hz, eseguite con strumento “Tromino” della Micromed.

Le precedenti figure 4.1 e 4.2 propongono una localizzazione/distribuzione nel territorio studiato delle prove geognostiche e geofisiche complessivamente disponibili.



*Foto 4.2 – Prove ESAC–
SPAV e registrazione
HVSR integrative eseguite
nel Capoluogo (in alto) e
nella frazione Ospitaletto
(in basso)*

5 MODELLO DEL SOTTOSUOLO

Il contesto geologico generale, descritto nel capitolo 3 e gli esiti delle indagini geognostiche e geofisiche disponibili e di nuova esecuzione hanno permesso la classificazione e la modellazione del sottosuolo finalizzata alla caratterizzazione sismica.

In tal senso, il precedente studio di MS (OPCM 3907/2010) ha potuto disporre di molti punti di controllo, seppure con evidenti concentrazioni in alcune aree (nel Capoluogo e più in generale nel fondovalle del Panaro). Per questo ulteriore studio, una parte importante delle nuove indagini eseguite (penetrometrie DPSH; registrazioni HVSR; stendimenti ESAC) sono state finalizzate all'acquisizione di ulteriori dati sismostratigrafici presso le frazioni con minori informazioni disponibili (es. Denzano, Ospitaletto e Puzzele).

Le conoscenze litostratigrafiche degli areali studiati vengono sintetizzate nella Carta Geologico Tecnica (Tavola 2) che riporta le litologie superficiali prevalenti, nonché nella Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS), che presenta la suddivisione del territorio comunale sulla base delle caratteristiche della successione litostratigrafica profonda (fino al bedrock sismico) nel territorio studiato.

Il modello di sottosuolo è basato anche su quanto indicato nella Carta Geologica dell'Emilia-Romagna alla scala 1:10.000, in particolare per la redazione della carta geologico-tecnica. Dalla cartografia geologica regionale sono desunti, ad esempio, i limiti delle unità litostratigrafiche affioranti o meno nonché i limiti delle coperture quaternarie (frane; depositi di versante; depositi alluvionali di fondovalle; ecc.).

Come già evidenziato nel precedente studio di MS, gli esiti delle registrazioni HVSR e in particolare l'analisi delle amplificazioni spettrali H/V, così come gli esiti delle altre indagini geofisiche e geognostiche hanno confermato la significativa variabilità locale delle caratteristiche geotecniche e sismostratigrafiche dei litotipi investigati. Per le medesime formazioni, infatti, coesistono valori di frequenza ed ampiezza spesso molto differenti e strettamente correlabili alla significativa fratturazione/deformazione tettonica del substrato roccioso affiorante, nonché alla conseguente presenza di fenomeni gravitativi sia superficiali che profondi.

Le indagini geofisiche (Re.Mi.; HVSR; MASW) pregresse avevano già chiaramente evidenziato la presenza in tutto il territorio comunale di un substrato "non rigido" affiorante o sub affiorante e con esiti di Vs30 complessivamente inferiori a 450÷500 m/s (raggiunti nel substrato lapideo MPA e nelle argille plioceniche sovraconsolidate FAA/FAAac meno alterate). In questo senso, la figura 5.1 propone un confronto tra i tre stendimenti ESAC-SPAC eseguiti per questo ulteriore studio.

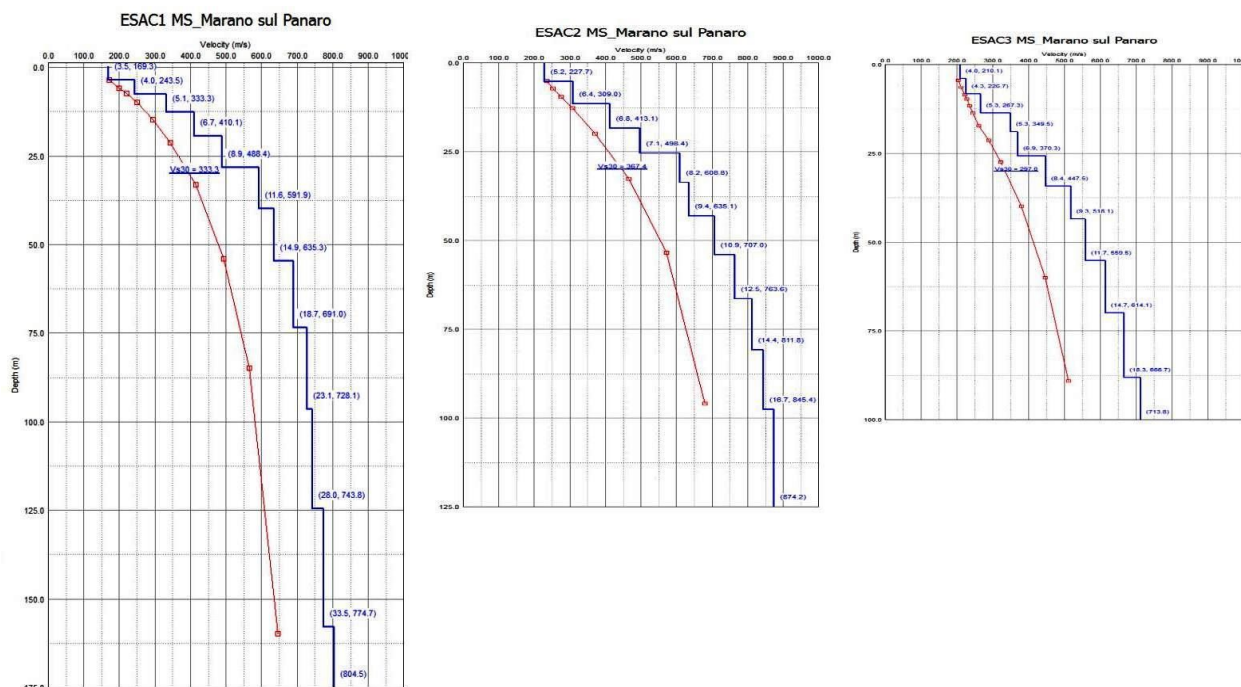


Figura 5.1 - Modelli sismostratigrafici ricavati dagli stendimenti ESAC-SPAC realizzati per questo studio: ESAC1 (presso il centro sportivo del Capoluogo); ESAC2 (campo sportivo a Osteria Vecchia); ESAC3 (campo sportivo presso Le Puzzole)

Per estesi settori di territorio studiato la presenza di bedrock molto alterati ha tuttavia richiesto di considerare gli spessori più superficiali alla stregua di coperture “soffici” in grado di condizionare anche la risposta sismica locale. Ad Ospitaletto, ad esempio, alcune prove DPSH hanno evidenziato spessori superficiali del substrato AVN penetrabili fino ad almeno 20 metri (figura 5.2). Anche presso Denzano, settore di territorio caratterizzato da versanti circostanti caratterizzati da formazioni epiliguri prevalentemente pelitiche e tettonicamente molto alterate, la prova la prova DPSH realizzata nell’abitato, sul sovrastante e più competente substrato pliocenico argilloso-arenitico FAAc, è risultata comunque approfondita fino a quasi 12 metri.

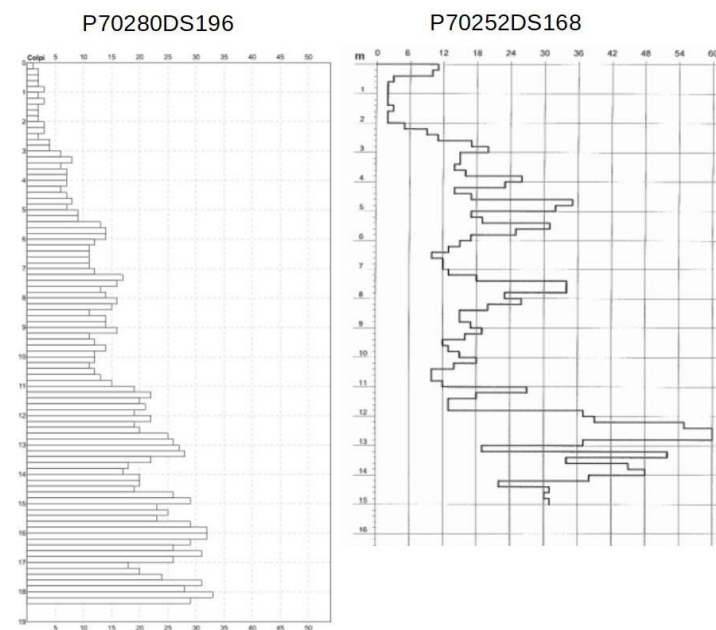


Figura 5.2 - Grafici di prove penetrometriche DPSH eseguite nell’areale di studio presso Ospitaletto

Gli ulteriori approfondimenti espletati per questo studio hanno dunque consentito un sostanziale aggiornamento della pericolosità sismica locale, attraverso una migliore definizione delle MOPS e delle relative caratteristiche di risposta sismica locale (amplificazioni). La marcata ed eterogenea fratturazione/deformazione tettonica di gran parte del substrato roccioso, evidenziata anche dalla presenza di prevalenti contatti tettonici tra le formazioni sub-affioranti ha inoltre consigliato di conservare, in prossimità delle faglie rilevate nella cartografia geologica RER, le fasce/aree interessate da “deformazioni legate a faglia” già definite nel precedente studio di MS come “zone di attenzione” per instabilità.

Questo ulteriore studio ha inoltre permesso un ulteriore approfondimento delle conoscenze sismostratigrafiche e della risposta sismica locale dell’ampio settore di capoluogo insediato sui depositi di conoide torrentizia (vedi figure 5.3 e 5.4). Il precedente studio di MS (OPCM 3907/2010) aveva infatti consentito il recupero di un buon numero di dati utili alla caratterizzazione sismostratigrafica nonché l’esecuzione di numerose registrazioni sismiche HVSR.

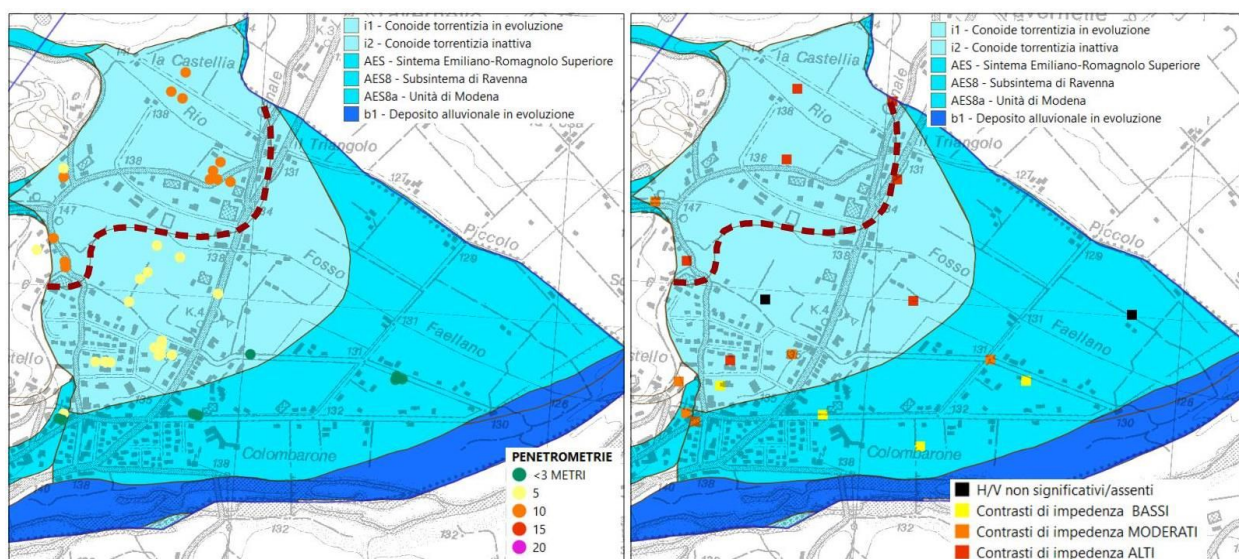


Figura 5.3 – Analisi della conoide torrentizia sulla quale si insedia il Capoluogo: a sx penetrometrie e profondità raggiunta; a dx classificazione dei massimi contrasti di impedenza ricavati dalle registrazioni HVSR

Occorre premettere che la deposizione dei depositi di conoide è sostanzialmente attribuibile al rio Piccolo e al fosso Faellano: si tratta di due corsi d’acqua con modesti bacini idrografici, prevalentemente sviluppati sui depositi argilloso limosi pliocenici (FAA). I depositi più superficiali della conoide sono costituiti da sedimenti relativamente fini, sovrastanti depositi sabbioso-ghiaioso-ciottolosi riconducibili alla deposizione fluviale del fiume Panaro. I depositi prevalentemente fini intercettati dalle numerose prove geognostiche (penetrometrie e sondaggi) costituiscono, pertanto, gli ultimi cicli di deposizione della conoide torrentizia ormai stabilizzata.

Lo spessore maggiore (fino a oltre 10÷12 metri) dei depositi più fini della conoide torrentizia si riscontra nel settore a ridosso degli sbocchi vallivi del rio Piccolo e del fosso Faellano. Questi

depositi di conoide, come già detto, sovrastano il tetto delle ghiaie alluvionali del Panaro che tuttavia risultano ancora parzialmente attraversabili nella loro porzione meno profonda (scarsamente addensate e/o meno ciottolose per alcuni metri). Nel settore di conoide il controllo delle registrazioni HVSR evidenzia, inoltre, contrasti di impedenza generalmente elevati ($H/V \geq 3$) riconducibili al tetto delle ghiaie ciottolose e maggiormente rigide (a profondità pari a circa 10÷15 metri).

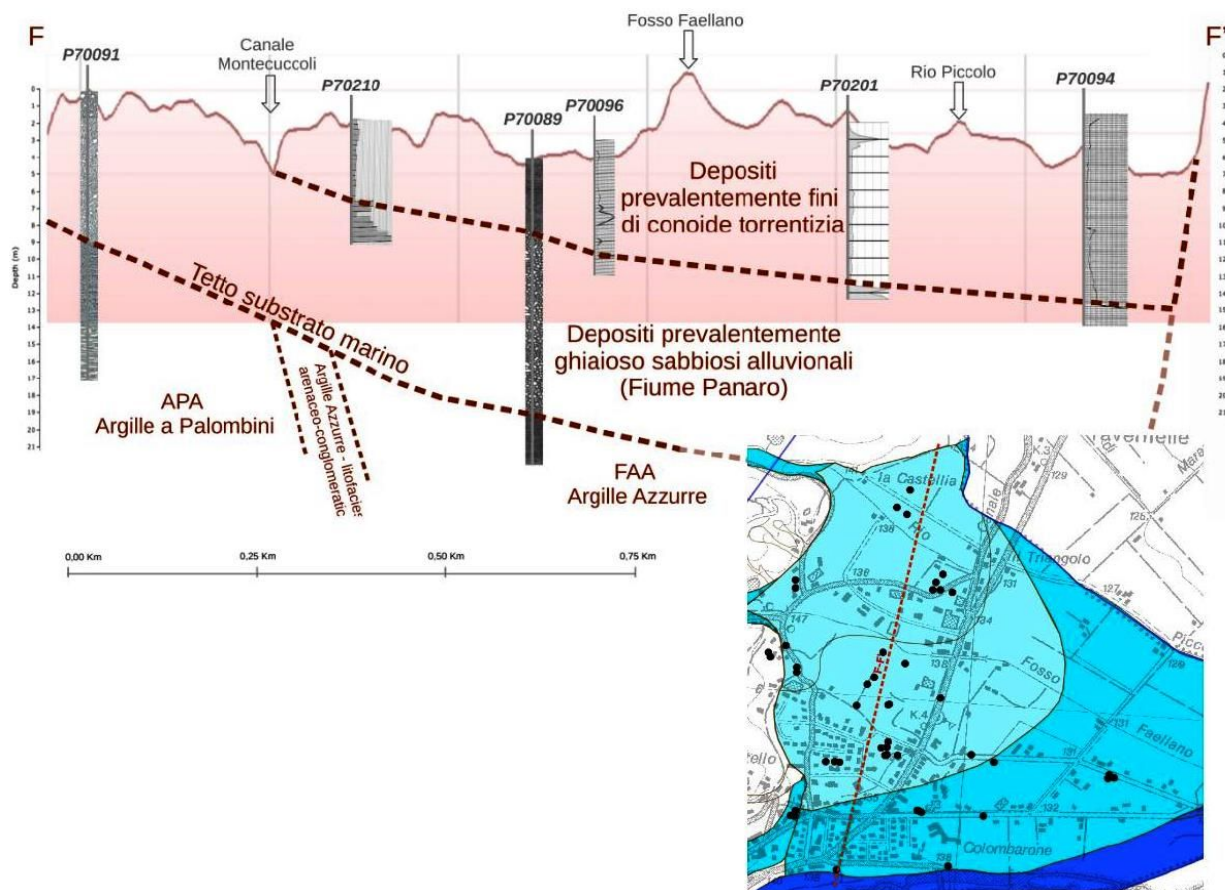


Figura 5.5 - Sezione geologica schematica della conoide torrentizia del Capoluogo

6 INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE

Lo studio di microzonazione sismica ha innanzitutto permesso di integrare le indagini di repertorio con ulteriori prove geognostiche/geofisiche in sito, consentendo una modellazione del sottosuolo esaustiva per l'elaborazione della risposta sismica locale semplificata (secondo livello).

Nel capitolo 5 si è evidenziato la presenza di areali caratterizzati da coperture amplificabili (alluvionali e di versante) sovrastanti il substrato roccioso marino.

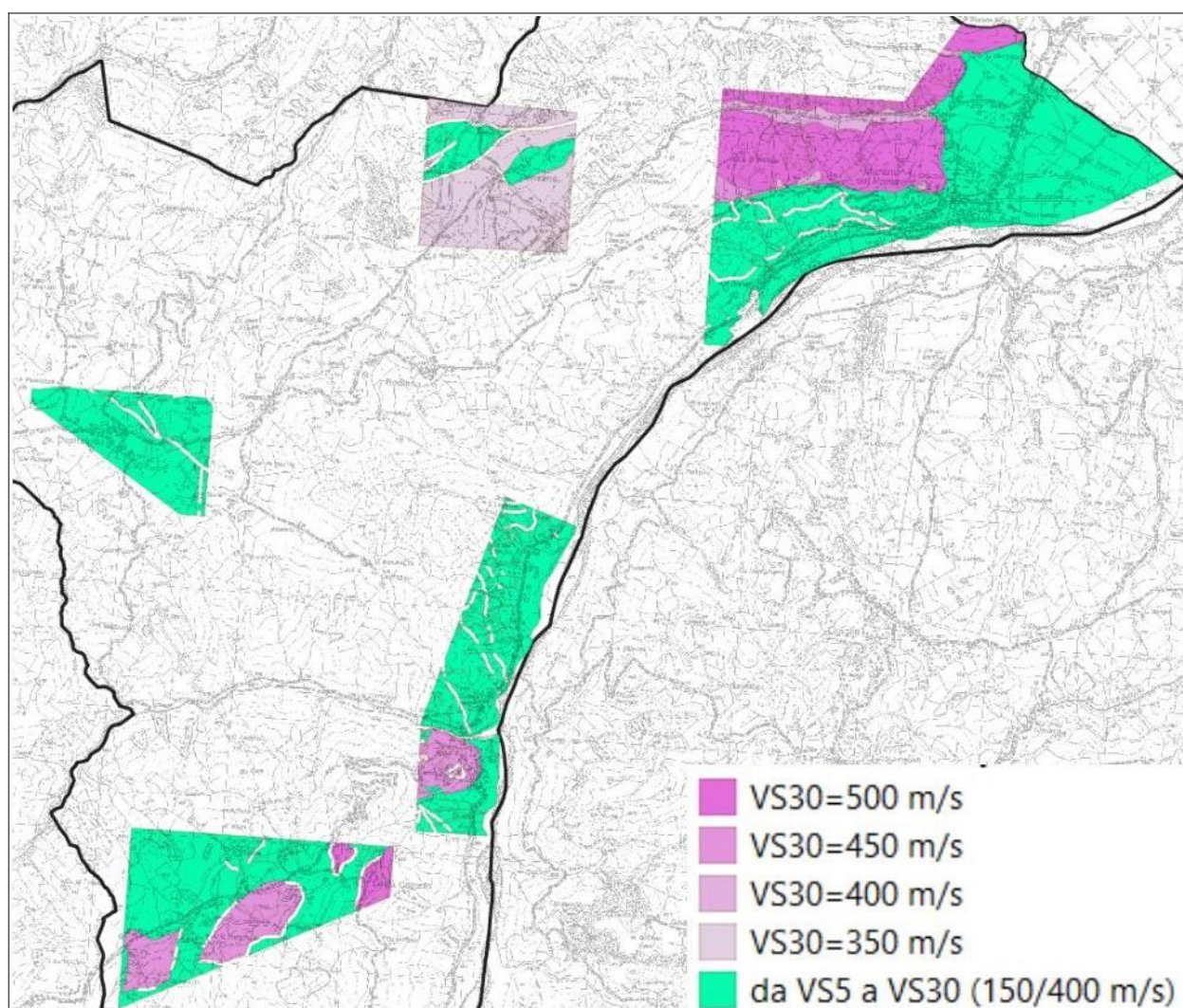


Figura 6.1 – Schema della caratterizzazione sismostratigrafica del territorio studiato: bedrock “non rigido” (in tonalità rosa) e coperture (in verde chiaro).

Per tutto il territorio studiato, il bedrock affiorante/subaffiorante è da considerarsi “non rigido” e con valori di V30 relativamente bassi (da 350 m/s fino a 500 m/s attribuiti solo in alcuni settori con substrato MPA o FAA affiorante risultati meno alterati). Per alcune Formazioni, le indagini hanno confermato le generali condizioni di fratturazione/detensionamento locale (vedi

APA; AVN; AVV; MVT; TER1) conseguenti alle deformazioni di natura tettonica. Alla luce di ciò, per alcuni areali non è stato possibile un'attribuzione a "bedrock sismico affiorante" ma, cautelativamente, si è ritenuto più opportuno attribuire queste aree a un contesto caratterizzato da spessori variabili di bedrock molto alterato (fino a circa 30 metri), alla stregua delle coperture amplificabili. Quest'ultima attribuzione è giustificata anche dalla presenza di riflettori sismici poco profondi segnalati da numerose registrazioni sismiche HVSR eseguite su aree con bedrock affiorante.

La figura 6.1 rappresenta lo schema di sintesi della suddivisione del territorio studiato in base alla Vs30 oppure in base alla VSH, con H (spessore) che è risultato variabile da 5 metri a 30 metri e con velocità equivalenti comprese tra 150 m/s e 400 m/s).

Per le aree studiate, le incertezze sono comunque accettabili in funzione del grado di approfondimento che si è inteso espletare. Lo studio, ha inoltre ben definito le aree che sulle quali si dovranno ineluttabilmente approfondire gli aspetti di pericolosità sismica.

7 METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI DELLA MS

7.1 Cenni introduttivi

Il fine ultimo dello studio di microzonazione sismica di “livello 2” è quello di consentire una suddivisione del territorio indagato in:

- zone “stabili”
- zone “stabili suscettibili di amplificazione” → a loro volta suddivise in aree a diverso grado di amplificazione da quantificare con analisi semplificate (abachi)
- zone “di attenzione” → a loro volta suddivise per tipologia di instabilità, con stima della pericolosità da ricavare in termini quantitativi (ulteriori analisi di livello 3)

Come riportato nelle note introduttive degli standard di MS (v.4.2), i risultati degli studi sono fondamentalmente riconducibili alla carta delle MOPS (microzone omogenee in prospettiva sismica) e alla cartografia di MS (microzonazione sismica).

Occorre rammentare che la carta delle MOPS è riferita unicamente al primo livello di approfondimento e perciò le zone individuate hanno approfondimenti esclusivamente di tipo qualitativo. La cartografia di MS può avere sia zone con approfondimenti di “livello 2”, sia zone con approfondimenti di “livello 3”.

Per il Comune di Marano sul Panaro, l’aggiornamento dello studio di “livello 2”, i nuovi dati ricavati da ulteriori prove di repertorio e dalle prove integrative hanno permesso di effettuare in tali areali alcuni aggiornamenti delle MOPS già definite nel precedente studio di MS (OPCM 3907/2010) e di rivalutare i fattori di amplificazione sismica semplificata per gli areali di studio, considerando gli abachi predisposti dalla Regione Emilia–Romagna e riportati nella DGR 476/2021 (Allegato A2). Gli abachi RER si riferiscono a grandi situazioni morfologico–stratigrafiche che tengono conto delle caratteristiche litologiche e morfologiche e della profondità del bedrock sismico.

Si rammenta come le precedenti DGR 2193/2015 e DGR 630/2019 abbiano determinato l’aggiornamento dei primi abachi riportati nella DAL 112/2007.

I paragrafi del presente capitolo illustrano i risultati dello studio e le metodologie di elaborazione utilizzate per determinare i diversi fattori di amplificazione sul territorio e per identificare le zone di attenzione per instabilità.

7.2 Sintesi illustrativa delle MOPS

La raccolta ed elaborazione dei dati disponibili ha permesso la suddivisione del territorio studiato in aree qualitativamente omogenee in prospettiva sismica (MOPS). La delimitazione delle MOPS ha tenuto in considerazione sia gli aspetti litostratigrafici (rigidezza del substrato

roccioso affiorante; presenza di coperture “soffici” ecc.), sia gli aspetti geomorfologici dell'areale stesso, anch'esse in grado di condizionare sia la risposta sismica, sia la complessiva stabilità di versante.

Come già descritto, il precedente studio di MS (OPCM 3907/2010) ha suddiviso tutto il territorio comunale in MOPS. Per questo studio, le nuove indagini disponibili hanno consentito un aggiornamento delle “microzone omogenee” che ha interessato in modo particolare gli areali con approfondimenti fino al “livello 2”.

Nel territorio che risulta interessato da approfondimenti fino al “livello 2”, non si riscontrano areali “stabili”, tuttavia si sono distinti 25 areali “stabili suscettibili di amplificazioni”, comprendendo anche la parte di territorio caratterizzata da substrato affiorante molto alterato per deformazioni di carattere tettonico (MOPS 2099 che comprende i litotipi prevalentemente argillosi e argilloso brecciosi delle Formazioni APA, AVN, AVV, MVT e TER1). Nello schema seguente sono riportate le descrizioni sintetiche delle MOPS così classificate per il territorio comunale urbanizzato e circostante. Come si può notare, la legenda riporta per ogni MOPS anche l'eventuale spessore delle coperture che è stato considerato nel calcolo dei fattori di amplificazione, comprensivo di della porzione di bedrock sottostante molto alterato.

2099	Zona 99 – Substrato affiorante/sub-affiorante fratturato o detensionato (APA; AVN; AVV; MVT; TER1).
2001	Zona 1 – Substrato affiorante/subaffiorante non rigido. Litotipi prevalenti: lapideo stratificato (PAT)
2002	Zona 2 – Substrato affiorante/subaffiorante non rigido. Litotipi prevalenti: alternanze tra livelli lapidei e livelli pelitici (MPA).
2003	Zona 3 – Substrato affiorante/subaffiorante non rigido. Litotipi prevalenti: conglomerati e breccie clasto sostenuti con grado di cementazione medio-bassa (FAAc).
2004	Zona 4 – Substrato affiorante/subaffiorante non rigido. Litotipi prevalenti: argille, argille marnose e argille siltose stratificate (FAA).
2005	Zona 5 – Coperture costituite da bedrock molto alterato, sovrastanti bedrock FAAc. Spessore medio coperture: 5 metri.
2006	Zona 6 – Coperture costituite da bedrock molto alterato, sovrastanti bedrock MPA. Spessore medio coperture: 15 metri.
2007	Zona 7 – Coperture costituite da bedrock molto alterato, sovrastanti bedrock ANT4. Spessore medio coperture: 20 metri.
2008	Zona 8 – Coperture costituite da bedrock molto alterato, sovrastanti bedrock ANT. Spessore medio coperture: 20 metri.
2009	Zona 9 – Coperture costituite da bedrock molto alterato, sovrastanti bedrock FAAc. Spessore medio coperture: 25 metri.
2010	Zona 10 – Coperture costituite da bedrock molto alterato, sovrastanti bedrock TER. Spessore medio coperture: 30 metri.

2011	Zona 11 – Coperture costituite da depositi di versante e/o eluvio-colluviali e bedrock molto alterato, sovrastanti bedrock ancora fratturato e detensionato (APA;AVN;AVV;MVT;TER1). Spessore medio coperture: 10 metri.
2012	Zona 12 – Coperture costituite da depositi di versante e/o eluvio-colluviali e bedrock molto alterato, sovrastanti bedrock MPA. Spessore medio coperture: 15 metri.
2013	Zona 13 – Coperture costituite da depositi di versante e/o eluvio-colluviali e bedrock molto alterato, sovrastanti bedrock ancora fratturato e detensionato (APA;AVN;AVV;MVT;TER1). Spessore medio coperture: 15 metri.
2014	Zona 14 – Coperture costituite da depositi di versante e/o eluvio-colluviali e bedrock molto alterato, sovrastanti bedrock ancora fratturato e detensionato (APA;AVN;AVV;MVT;TER1). Spessore medio coperture: 30 metri.
2015	Zona 15 – Coperture costituite da depositi più superficiali di conoide prev. fini e depositi alluvionali prev. ghiaiosi, sovrastanti bedrock APA/FAA. Spessore medio coperture: 10 metri.
2016	Zona 16 – Coperture costituite da depositi più superficiali di conoide prev. fini e depositi alluvionali prev. ghiaiosi, sovrastanti bedrock APA/FAA. Spessore medio coperture: 15 metri.
2017	Zona 17 – Coperture costituite da alluvioni prev. fini terrazzate AES8 e bedrock molto alterato, sovrastanti bedrock FAA. Spessore medio coperture: <5 metri.
2018	Zona 18 – Coperture costituite da alluvioni prev. fini terrazzate AES8 e bedrock molto alterato, sovrastanti bedrock SCB. Spessore medio coperture: 5 metri.
2019	Zona 19 – Coperture costituite da alluvioni prev. Ghiaiose terrazzate AES8 e bedrock molto alterato, sovrastanti bedrock fratturato o detensionato (APA;AVN;AVV;MVT;TER1). Spessore medio coperture: 10 metri.
2020	Zona 20 – Coperture costituite da alluvioni prev. Ghiaiose terrazzate AES8 e bedrock molto alterato, sovrastanti bedrock fratturato o detensionato (APA;AVN;AVV;MVT;TER1). Spessore medio coperture: 15 metri.
2021	Zona 21 – Coperture costituite da alluvioni prev. Ghiaiose terrazzate AES8 e bedrock molto alterato, sovrastanti bedrock fratturato o detensionato (APA;AVN;AVV;MVT;TER1). Spessore medio coperture: 20 metri.
2022	Zona 22 – Coperture costituite da alluvioni prev. ghiaiose terrazzate indifferenziate (AES), sovrastanti bedrock FAA e FAAac. Spessore medio coperture: <5 metri.
2023	Zona 23 – Coperture costituite da alluvioni prev. ghiaiose terrazzate indifferenziate (AES) e bedrock molto alterato, sovrastanti bedrock fratturato o detensionato (APA;AVN;AVV;MVT;TER1). Spessore medio coperture: 10 metri.
2024	Zona 24 – Coperture costituite da alluvioni prev. ghiaiose terrazzate indifferenziate (AES) e bedrock molto alterato, sovrastanti bedrock fratturato o detensionato (APA;AVN;AVV;MVT;TER1). Spessore medio coperture: 15 metri.

Nel seguente schema vengono inoltre riportate le descrizioni relative “microzone omogenee” derivate dal precedente studio di MS (OPCM 3907/2010). Si tratta di areali per lo più privi di informazioni sismostratigrafiche specifiche (cioè derivate da indagini in sito) e di conseguenza le descrizioni derivano dal contesto litostratigrafico e/o deposizionale. Per quanto possibile, le MOPS derivate da questo studio sono state estrapolate al territorio contermini, tuttavia le precedenti MOPS sono state ridefinite nella legenda, per consentire un necessario adeguamento agli attuali standard di rappresentazione cartografica. Pertanto, si sono delimitati un areale “stabile” (con substrato affiorante già indicato come “rigido”) e ulteriori 10 areali “stabili suscettibili di amplificazioni.

Zone stabili

Zonizzazione desunta dallo Studio realizzato con il contributo di cui all'OPCM 3907/2010 validato dal DPC in data 06/02/2014

1011

Substrato affiorante/subaffiorante rigido. Litotipi prevalenti: lapideo stratificato (basalti).

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

Zonizzazione desunta dallo Studio realizzato con il contributo di cui all'OPCM 3907/2010 validato dal DPC in data 06/02/2014

2041

Zona 41 – Substrato affiorante/subaffiorante non rigido. Litotipi prevalenti: granulare cementato stratificato (ANT4/FAAac).

2042

Zona 42 – Substrato affiorante/subaffiorante non rigido. Litotipi prevalenti: alternanze tra livelli lapidei e livelli pelitici stratificato (MPA).

2043

Zona 43 – Substrato affiorante/subaffiorante non rigido. Litotipi prevalenti: coesivo sovraconsolidato stratificato (FAA) e alternanze tra livelli lapidei e livelli pelitici stratificato (SCB/SCBb).

2044

Zona 44 – Substrato affiorante/subaffiorante non rigido. Litotipi prevalenti: argilliti tettonizzate (scagliose/brecce APA/AVN/AVV/MVT).

2045

Zona 45 – Substrato affiorante/subaffiorante non rigido. Litotipi prevalenti: alternanze tra livelli lapidei e livelli pelitici stratificato (ARB/MSB).

2046

Zona 46 – Coperture costituite da alluvioni prev. ghiaiose in fase di evoluzione (b1), sovrastanti bedrock non rigido (APA/AVV/FAA/SCB).

2047

Zona 47 – Coperture costituite da alluvioni ghiaiose e/o sabbiose in fase di evoluzione (b1), sovrastanti bedrock non rigido (APA/FAA/SCB).

2048

Zona 48 – Coperture costituite da depositi di conoide (i2) e alluvioni ghiaiose e/o sabbiose (AES8a), sovrastanti bedrock non rigido (APA/AVT/SCB).

2049

Zona 49 – Coperture costituite da alluvioni prev. ghiaiose e/o sabbiose (AES8), sovrastanti bedrock non rigido (APA/AVV/FAA/SCB).

2050

Zona 50 – Coperture costituite da depositi di versante e/o eluvio-colluviali, sovrastanti bedrock non rigido (APA/AVN/MCS/MPA/MVT/SCB).

Nel seguente schema vengono infine riportate le descrizioni relative alle “zone di attenzione per instabilità”. Questi ulteriori areali individuano le seguenti principali criticità correlabili ad eventi sismici:

- possibilità di instabilità di versante. I movimenti franosi perimetrati come “zone di attenzione” sono classificati per meccanismi di movimento, indicando anche la presenza di accumulo (se >3 metri) o distacco e i principali depositi (coperture o substrato roccioso) coinvolti nel dissesto. Vengono inoltre individuate zone di potenziale evoluzione di frana in relazione alla presenza di versanti più acclivi e limitrofi a frane già cartografate. Per i settori di territorio esterni agli areali con approfondimenti fino al “livello 2”, vengono inoltre rappresentate le “zone di attenzione” per instabilità di versante derivate dal precedente

studio di MS (OPCM 3907/2010) e differenziate per stato di attività della frana cartografata (“attiva” o “quiescente”).

- possibilità di cedimenti differenziali per intensa fratturazione cataclastica o depositi antropici (MOPS 3080). In questa tipologia di instabilità vengono comprese anche le aree di cava e i tombamenti antropici. Sono inoltre comprese le fasce a cavallo delle faglie già delimitate nel precedente studio di MS (OPCM 3907/2010), come descritto nel capitolo 5.

2025	ZA_FR 25 (3012/3022) – Zona di distacco o accumulo <3 metri per frana di scorrimento derivato da bedrock lapideo-pelitico.
2026	ZA_FR 26 (3012) – Zona di distacco o accumulo <3 metri per frana di scorrimento derivato da bedrock pelitico.
2027	ZA_FR 27 (3012/3022) – Zona di distacco o accumulo <3 metri per frana di scorrimento derivato da argilliti tettonizzate (scagliose e/o brecce).
2028	ZA_FR 28 (3012) – Zona di accumulo per frana di scorrimento derivato da bedrock lapideo-pelitico, con spessori medi di 5 metri.
2029	ZA_FR 29 (3022) – Zona di accumulo per frana di scorrimento derivato da argilliti tettonizzate (scagliose e/o brecce), con spessori medi di 5 metri.
2030	ZA_FR 30 (3013/3023) – Zona di distacco o accumulo <3 metri per colata derivato da bedrock lapideo-pelitico.
2031	ZA_FR 31 (3013/3023) – Zona di distacco o accumulo <3 metri per colata derivato da bedrock pelitico.
2032	ZA_FR 32 (3013/3023) – Zona di distacco o accumulo <3 metri per colata derivato da argilliti tettonizzate (scagliose e/o brecce).
2033	ZA_FR 33 (3013) – Zona di distacco o accumulo <3 metri per colata derivato da bedrock arenitico.
2034	ZA_FR 34 (3013/3023) – Zona di accumulo per colata derivato da bedrock lapideo-pelitico, con spessori medi di 5 metri.
2035	ZA_FR 35 (3013/3023) – Zona di accumulo per colata derivato da argilliti tettonizzate (scagliose e/o brecce), con spessori medi di 5 metri.
2036	ZA_FR 36 (3024) – Zona di distacco o accumulo <3 metri per frana complessa derivato da bedrock lapideo-pelitico.
2037	ZA_FR 37 (3024) – Zona di distacco o accumulo <3 metri per frana complessa derivato da bedrock pelitico.
2038	ZA_FR 38 (3024) – Zona di distacco o accumulo <3 metri per frana complessa derivato da argilliti tettonizzate (scagliose e/o brecce).
2039	ZA_FR 39 (3014/3024) – Zona di accumulo per frana complessa derivato da argilliti tettonizzate (scagliose e/o brecce), con spessori medi di 5 metri.
2040	ZA_FR 40 (3045) – Zona di potenziale evoluzione di frana.
3080	ZA_CD – Zona di attenzione per cedimenti differenziali/crollo di cavità/sinkhole riconducibile ad aree di intensa fratturazione/cataclastiche o contenenti resti di attività antropica.

Zone di attenzione per instabilità

Zonizzazione desunta dallo Studio realizzato con il contributo di cui all'OPCM 3907/2010 validato dal DPC in data 06/02/2014

2051

ZA_FR 51 (3012/3013/3014) – Instabilità di versante attiva.

2052

ZA_FR 52 (3022/3023/3024) – Instabilità di versante quiescente.

7.3 I fattori di amplificazione considerati per lo studio di MS

Per suddividere il territorio in base all'amplificazione attesa, in aree a maggiore e minore pericolosità, sono stati calcolati i fattori di amplificazione di ogni zona studiata. I fattori di amplificazione indicati nella DGR regionale n. 476/2021 sono calcolati per un tempo di ritorno dell'evento sismico pari a $T_r = 475$ (con smorzamento $\zeta = 5\%$) e si riferiscono a:

- FA PGA → rapporto tra la massima ampiezza dell'accelerazione ricavata alla superficie del deposito e ricavata sull'affioramento "rigido" (PGA/PGA_0). Il fattore di amplificazione dipende dalla frequenza di eccitazione armonica, dal fattore di smorzamento D e dal rapporto tra l'impedenza sismica, prodotto tra densità-velocità, della roccia base e quella del deposito;
- FA SA – Rapporto dell'intensità spettrale in accelerazione ricavata alla superficie del deposito e ricavata sull'affioramento "rigido". I fattori di amplificazione calcolati si riferiscono ai quattro seguenti intervalli di integrazione del periodo proprio T:

SA1 → 0,1s–0,5s [FA_{0105}]

SA2 → 0,4s–0,8s [FA_{0408}]

SA3 → 0,7s–1,1s [FA_{0711}]

SA4 → 0,5s–1,5s [FA_{0515}] solo per le aree di pianura/costa

- FA SI – Intensità spettrale di Housner → indicatore della pericolosità sismica, definito come l'area sottesa dello spettro di risposta di pseudovelocità per determinati periodi dello scuotimento. Nel nostro caso, si devono determinare i fattori di amplificazione per i tre seguenti intervalli di integrazione del periodo proprio T:

SI1 → 0,1s–0,5s [FH_{0105}]

SI2 → 0,5s–1,0s [FH_{0510}]

SI3 → 0,5s–1,5s [FH_{0515}] solo per le aree di pianura/costa

7.4 Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali: calcolo dei fattori di amplificazione

Il calcolo dei fattori di amplificazione ha interessato il territorio urbano e ulteriori areali circostanti così come già delimitate nel precedente studio di MS (OPCM 3907/2010).

Per suddividere il territorio in base all'amplificazione attesa, in aree a maggiore e minore pericolosità, nello studio di microzonazione sismica di livello 2, i fattori di amplificazione vengono calcolati con approccio semplificati mediante l'utilizzo di abachi. In tal senso, si sono utilizzati gli abachi di riferimento per gli studi di MS in Emilia-Romagna (DGR 476/2021), sulla base delle differenti caratteristiche stratigrafiche del sottosuolo ritenute importanti dal punto di vista della risposta sismica locale (cfr. capitolo 5).

Le seguenti tabelle 7.1-7.2-7.3-7.4-7.5-7.6 riproducono la sintesi riepilogativa dei fattori di amplificazione (FA) riferibili alle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS). Si riportano i parametri (spessori; VsH; VS30) necessari per il calcolo dei FA. Per ulteriori dettagli sulle caratteristiche litostratigrafiche delle aree MOPS si rimanda a quanto indicato nella descrizione cartografica (cfr. paragrafo 7.2)

Si precisa che tutte le MOPS sono attribuite al macro contesto "Appennino" (Allegato A2 DGR 476/2021) e si è considerato un substrato sismico "non rigido", come spiegato nei precedenti capitoli.

Occorre anche precisare che in conformità con quanto indicato negli Indirizzi CTMS (v.4.2) la microzonazione è stata estesa a tutti gli areali già considerati nel precedente studio di MS (OPCM 3907/2010). Ciò ha quindi comportato la quantificazione delle amplificazioni nelle fasce di "alveo attivo" (vedi MOPS 2046,02047,02048), attraverso una semplice integrazione dei FA già calcolati, come riportato nella tabella 7.6.

Tabella 7.1 Capoluogo

ZONA (MOPS)	VS/SPESSORI	FA PGA	SA1	SA2	SA3	SI1	SI2	NOTE
2003	VS30=450	1,6	1,6	1,5	1,3	1,6	1,4	Per le MOPS 2003/2004/2005/2099 in zone di versante e crinale sono stati ulteriormente calcolati i FA topografici (da 1,1 a 1,3)
2004	VSH5=250	1,6	1,5	1,4	1,3	1,5	1,4	
2005	VSH5=250	1,6	1,5	1,4	1,3	1,5	1,4	
2006	VSH15=350	1,8	1,7	1,4	1,3	1,6	1,4	
2015	VSH10 =250	2,0	1,9	1,5	1,4	1,9	1,4	
2016	VSH15 =250	2,1	2,2	1,9	1,5	2,3	1,6	
2017	VS30 =400	1,8	1,7	1,6	1,4	1,7	1,5	
2021	VSH20 =400	1,7	1,6	1,5	1,3	1,6	1,4	
2022	VS30=400	1,8	1,7	1,6	1,4	1,7	1,5	
2023	VSH10 =250	2,0	1,9	1,5	1,4	1,9	1,4	
2024	VSH15=350	1,8	1,7	1,4	1,3	1,6	1,4	
2099	VSH10 =250 VSH15=350 VSH20 =300	2,0 1,8 2,0	1,9 1,7 2,1	1,5 1,4 1,8	1,4 1,3 1,4	1,9 1,6 2,1	1,4 1,4 1,6	

Tabella 7.2 Denzano

ZONA (MOPS)	VS/SPESSORI	FA PGA	SA1	SA2	SA3	SI1	SI2	NOTE
2001	VS30=400	1,8	1,7	1,6	1,4	1,7	1,5	Per le MOPS 2009/2010/2099 in zone di versante e crinale sono stati ulteriormente calcolati i FA topografici (da 1,1 a 1,2)
2007	VSH20 =400	1,7	1,6	1,5	1,3	1,6	1,4	
2008	VSH20 =400	1,7	1,6	1,5	1,3	1,6	1,4	
2009	VSH25 =300	2,0	2,2	2,0	1,5	2,3	1,7	
2010	VSH30 =300	2,0	2,2	2,3	1,7	2,3	1,9	
2099	VSH25 =300 VS30 =350	2,0 1,9	2,2 1,9	2,0 1,7	1,5 1,4	2,3 1,9	1,7 1,5	

Tabella 7.3 Ospitaletto

ZONA (MOPS)	VS/SPESSORI	FA PGA	SA1	SA2	SA3	SI1	SI2	NOTE
2006	VSH15=350	1,8	1,7	1,4	1,3	1,6	1,4	
2012	VSH15=300	2,0	1,9	1,5	1,4	1,9	1,4	
2099	VSH30 =300	2,0	2,2	2,3	1,7	2,3	1,9	
	VS30 =350	1,9	1,9	1,7	1,4	1,9	1,5	

Tabella 7.4 Casona-Osteria Vecchia

ZONA (MOPS)	VS/SPESSORI	FA PGA	SA1	SA2	SA3	SI1	SI2	NOTE
2002	VS30=450	1,6	1,6	1,5	1,3	1,6	1,4	
2006	VSH15=350	1,8	1,7	1,4	1,3	1,6	1,4	
2011	VSH10 =250	2,0	1,9	1,5	1,4	1,9	1,4	
2013	VSH15=300	2,0	1,9	1,5	1,4	1,9	1,4	
2018	VSH5=200	2,2	2,3	1,8	1,5	2,3	1,6	
2019	VSH10 =250	2,0	1,9	1,5	1,4	1,9	1,4	
	VSH10 =300	1,8	1,7	1,4	1,3	1,6	1,4	
2020	VSH15=350	1,8	1,7	1,4	1,3	1,6	1,4	
2099	VSH15 =250	2,1	2,2	1,9	1,5	2,3	1,6	
	VSH15=350	1,8	1,7	1,4	1,3	1,6	1,4	
	VSH15 =400	1,6	1,5	1,4	1,3	1,5	1,4	
	VSH25 =400	1,8	1,7	1,5	1,4	1,7	1,4	
	VSH30=450	1,6	1,6	1,5	1,4	1,6	1,4	
	VS30=450	1,6	1,6	1,5	1,3	1,6	1,4	

Tabella 7.5 Puzzele

ZONA (MOPS)	VS/SPESSORI	FA PGA	SA1	SA2	SA3	SI1	SI2	NOTE
2002	VS30=450	1,6	1,6	1,5	1,3	1,6	1,4	Per la MOPS 2002 in zone di versante e crinale sono stati ulteriormente calcolati i FA topografici (fino a 1,1)
	VS30=500	1,4	1,4	1,4	1,3	1,4	1,4	
2006	VSH15 =250	2,1	2,2	1,9	1,5	2,3	1,6	
2012	VSH15 =250	2,1	2,2	1,9	1,5	2,3	1,6	
2014	VSH30 =300	2,0	2,2	2,3	1,7	2,3	1,9	
2099	VSH30 =300	2,0	2,2	2,3	1,7	2,3	1,9	

Tabella 7.6 Areali che comprendono depositi d'alveo in evoluzione

ZONA (MOPS)	VS/SPESSORI	FA PGA	SA1	SA2	SA3	SI1	SI2	NOTE
2046	VS10=300	1,8	1,7	1,4	1,3	1,6	1,4	Areali inseriti nel precedente studio di MS (OPCM 3907/2010)
2047	VS10=300	1,8	1,7	1,4	1,3	1,6	1,4	
2048	VS10=300	1,8	1,7	1,4	1,3	1,6	1,4	

7.5 Zone di attenzione per instabilità: calcolo dei fattori di amplificazione

Il calcolo dei fattori di amplificazione ha interessato anche le aree perimetrate come “zone di attenzione per instabilità di versante”, come richiesto negli Standard MS v. 4.2 (CTMS, 2020) della protezione Civile. Tuttavia, sono aree ove vengono richiesti ulteriori approfondimenti (livello 3).

Le zone di attenzione per instabilità di versante sono desunte dalla cartografia geologica RER (superfici di frana), dall'Inventario del dissesto RER e dal PAI Po e dalla cartografia del PTCP (in particolare dalla Tavola 2.2 <<Rischio sismico: carta delle aree suscettibili di effetti locali>>). Come già scritto, sono state individuate anche zone di potenziale evoluzione di frana in relazione alla presenza di versanti più acclivi e limitrofi a frane già cartografate.

Per il calcolo dei fattori di amplificazione semplificati (che andranno tuttavia confermati con studi di approfondimento di livello 3), si è dunque considerato il contesto litostratigrafico e sismico locale e stimato lo spessore di sedimento rimaneggiato compatibile con la presunta profondità del piano di taglio/scivolamento della frana. Nel territorio studiato, gli accumuli di frana risultano per lo più modesti (<10 metri). Più in generale e soprattutto nel caso di frane di modesta estensione, oppure nelle zone di possibile evoluzione del dissesto, si è spesso considerato come intervallo maggiormente amplificabile la profondità delle eventuali coperture e/o del bedrock alterato del circostante versante stabile, visto che il piano di taglio dovrebbe verosimilmente interessare solamente tale spessore.

7.6 Effetti della topografia: calcolo dei fattori di amplificazione

Per gli areali studiati, lo studio ha considerato anche gli effetti morfologici dei pendii più acclivi (<15°) e in particolare le configurazioni geometriche bidimensionali e tridimensionali (es. cucuzzoli, creste, dorsali allungate) di altezza superiore a 30 metri.

Il calcolo dei fattori di amplificazione topografica è stato espletato secondo quanto indicato nella DGR n. 476/2021 (figura 7.1).

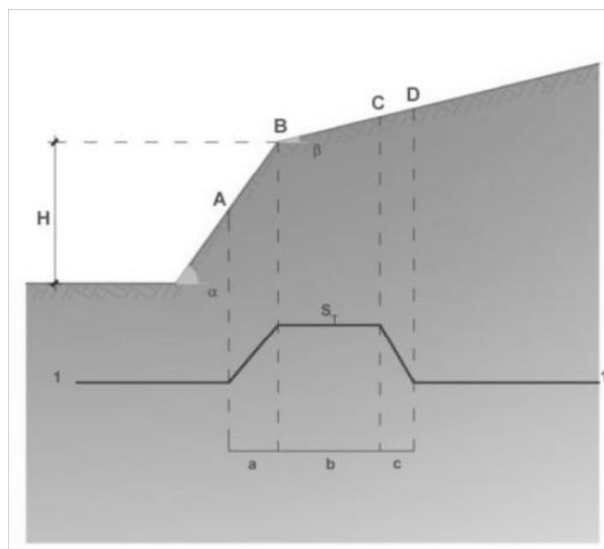


Figura 7.1 – Schema geometrico per il calcolo degli effetti della topografia (cfr. DGR 476/2021)

In base alla geometria descritta in figura 7.1, il valore del fattore di amplificazione topografica ST è dato dalla seguente relazione:

$$ST = 1 + 0,8 \cdot (\alpha - \beta - 0,4) \text{ sul segmento BC}$$

dove:

b = valore minimo tra 20α e $(H+10)/4$

α è il gradiente del fronte più ripido e β del fronte meno ripido.

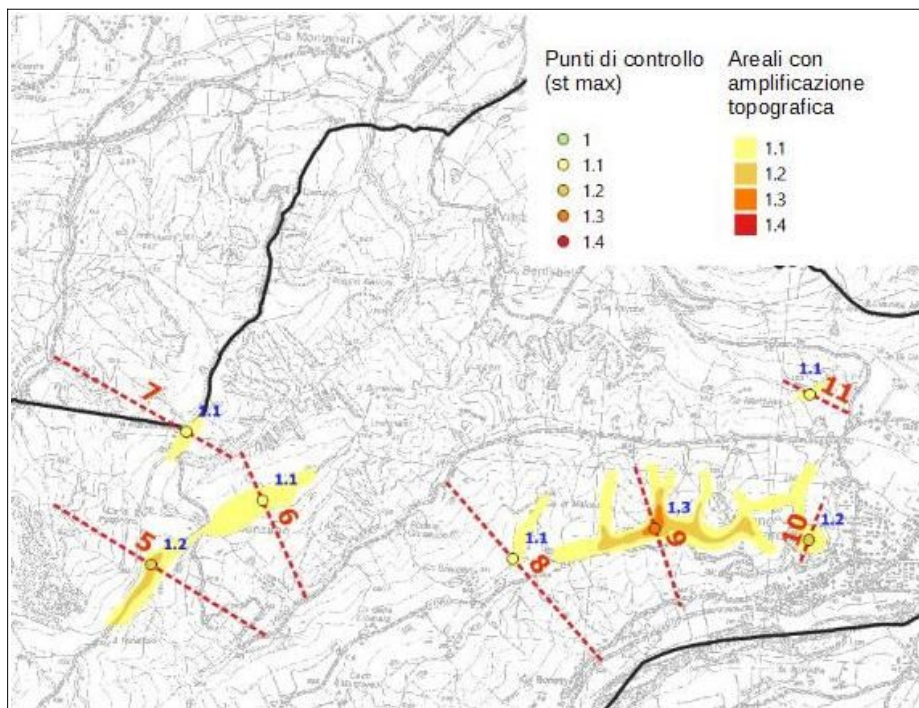
ST = 1 in A ($a = H/3$)

St = 1 in D ($c = H/4$)

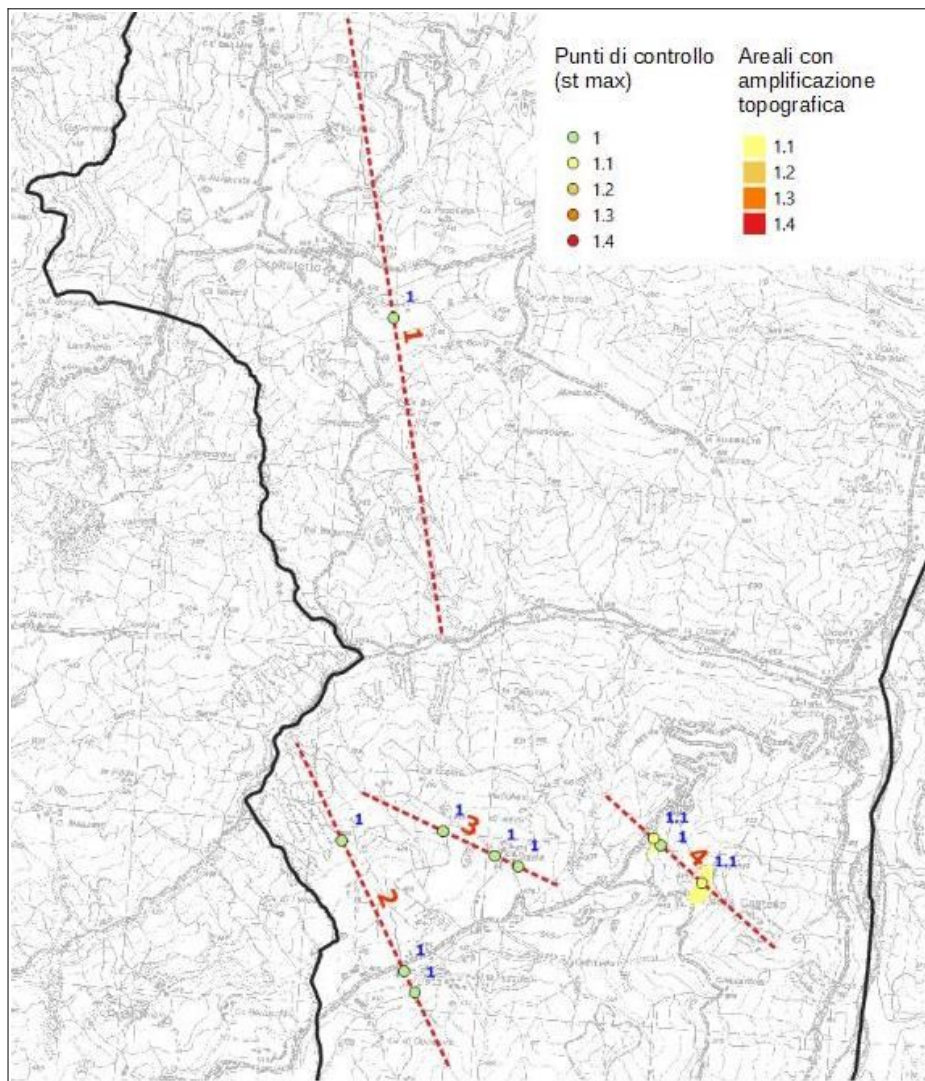
L'analisi ha dunque richiesto l'elaborazione di sezioni topografiche, rappresentate nelle figure 7.2 e 7.3, con sintetizzati gli esiti di calcolo di ST e delle relative aree di influenza. Le tracce sono state elaborate mediante software GIS e base topografica CTR regionale (scala 1:5.000). Nell'Allegato 2 vengono riportate con maggior dettaglio plano-altimetrico le sezioni elaborate e vengono riportati i parametri di calcolo del punto caratterizzato da massima amplificazione topografica.

Le analisi morfologiche hanno evidenziato possibilità di amplificazione topografica in limitati settori di principale crinale (a ovest del Capoluogo, a Denzano) nonché in alcuni rilievi di cresta più pronunciati (Festà; Salata;) e cucuzzoli/scarpate isolate (vedi Castello e ca' Bagola). Occorre precisare che in alcuni casi le aree di interferenza sono state estrapolate in modo più cautelativo, cioè comprendendo l'intera cresta e/o cucuzzolo, in ragione del contesto morfologico riscontrabile. Gli esiti di ST sono dunque compresi tra 1,1 e 1,3.

Figura 7.2 – Localizzazione delle sezioni topografiche di riferimento e delimitazione delle zone di amplificazione ST calcolate (territorio comunale nord)



7.3 – Localizzazione delle sezioni topografiche di riferimento e delimitazione delle zone di amplificazione ST calcolate (territorio comunale sud)



7.7 Calcolo dei fattori di amplificazione (livello 2) Elaborazione dei valori di H_{SM}

Lo studio ha consentito di calcolare i valori di H_{SM} (Naso et al., 2019), parametro che esprime lo scuotimento atteso al sito in valore assoluto (accelerazione espressa in g), dato dal prodotto del parametro *Acceleration Spectrum Intensity* (ASI_{UHS}), valore integrale dello spettro di riferimento in accelerazione calcolato per l'intervallo di periodi $0,1s \leq T \leq 0,5s$, diviso per ΔT (in questo caso pari a 0,4s) e moltiplicato per il fattore di amplificazione in accelerazione (FA) calcolato per lo stesso intervallo di periodi:

$$H_{SM} = (ASI_{UHS} / \Delta T) * FA$$

I valori di $ASI_{UHS} / \Delta T$ sono stati calcolati per ogni punto della griglia INGV (già disponibili nella pagina web dedicata agli indirizzi per gli studi di microzonazione sismica a cura del SGSS).

I valori di $ASI_{UHS} / \Delta T$ sono stati calcolati per ogni punto della griglia INGV (già disponibili nella pagina web dedicata agli indirizzi per gli studi di microzonazione sismica a cura del SGSS).

Per il territorio studiato di Marano sul Panaro le elaborazioni evidenziano valori tendenzialmente medio bassi per aree più estese. Valori di H_{SM} più alti risultano negli areali caratterizzati da fattori di amplificazione più elevati (es. aree con coperture sovrastanti il substrato roccioso "non rigido" e nei crinali/versanti caratterizzati da ulteriore amplificazione topografica (es. crinale presso Ca' de Ciochi, a ovest del Capoluogo).

8 ELABORATI CARTOGRAFICI

8.1 Carta delle Indagini (tavola 1a/b)

Gli studi di microzonazione sismica hanno consentito di riordinare e selezionare le conoscenze di sottosuolo pregresse, fondate sugli esiti delle indagini geognostiche e geofisiche di repertorio e sugli esiti delle prove integrative. Sono state inoltre incluse le ulteriori indagini integrative eseguite per questo studio (penetrometrie DPSH; stendimenti sismici ESAC-SPAC; registrazioni sismiche HVSR).

In questo senso, la “Carta delle Indagini”, realizzata alla scala 1:10.000, permette la visione di insieme delle localizzazioni delle prospezioni geologiche e geofisiche realizzate nel territorio comunale di Minerbio, raccolte e archiviate in formato digitale per il presente studio.

La cartografia identifica il tipo di prova con la simbologia riportata negli <<Standard di rappresentazione e archiviazione informatica>> CTMS (v.4.2), distinguendo la tipologia delle prove e indicando il sito oggetto delle indagini.

8.2 Carta geologico-tecnica per la microzonazione sismica (tavola 2a/b)

La <<Carta geologico-tecnica>>, elaborata alla scala 1:10.000, ha lo scopo di fornire ulteriori elementi per la definizione del modello di sottosuolo meno profondo, necessario per lo studio di microzonazione sismica. Tuttavia, si può distinguere nei contenuti dalla classica carta geologica e/o litologica.

In particolare, la cartografia geologico-tecnica ha suddiviso il territorio studiato sulla base del controllo dei dati tessiturali desunti dalle stratigrafie dei sondaggi a carotaggio continuo (analisi tessiturali; classificazione dei campioni prelevati) e dalle prove penetrometriche, disponendo anche di dati numerici.






L'elaborazione di questa cartografia è basata sul criterio delle classi tessiturali definite secondo gli “standard di microzonazione sismica” (v.4.2). La carta geologico tecnica riporta le litologie superficiali prevalenti (primi 5-6 metri). Il territorio di studio è stato quindi suddiviso nelle classi USCS/AGI riportate in figura 8.1.

La cartografia geologico-tecnica inoltre riporta:

- ✓ le zone di attenzione per instabilità di versante (classificate per tipologia di movimento e stato di attività)
- ✓ le forme di superficie e sepolte (picchi isolati; creste; orli di scarpata morfologica; assi di valli sepolte strette; conoidi)
- ✓ i principali elementi tettonico strutturali affioranti (faglie)

- ✓ gli elementi geologici e idrogeologici di interesse (sondaggi/pozzi)
- ✓ le tracce delle sezioni geologiche di riferimento per questo lavoro.

Terreni di copertura

 <p>RI</p>	<p>Terreni contenenti resti di attività antropica</p>	 <p>ML</p>	<p>Limi inorganici, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità – eluvi/colluvi (ec), conoide alluvionale (ca), terrazzo fluviale (tf)</p>
 <p>GW</p>	<p>Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbia – argine/barre/canali (es), conoide alluvionale (ca)</p>	 <p>CL</p>	<p>Argille e argille limose più o meno consistenti – eluvi/colluvi (ec)</p>
 <p>GM</p>	<p>Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo – argine/barre/canali (es), terrazzo fluviale (tf)</p>		

Substrato geologico

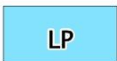





 <p>LP</p>	<p>Lapideo</p>	 <p>COS</p>	<p>Coesivo sovraconsolidato stratificato</p>
 <p>LPS</p>	<p>Lapideo stratificato</p>	 <p>ALS</p>	<p>Alternanza di litotipi stratificato</p>
 <p>GRS</p>	<p>Granulare cementato stratificato</p>	 <p>SFCO</p>	<p>Coesivo sovraconsolidato fratturato o alterato</p>

Figura 8.1 – Stralcio della legenda della Tavola 2 – Carta geologico–tecnica: si riportano le classi geotecniche USCS/AGI che caratterizzano il sottosuolo meno profondo del territorio studiato

8.3 Carta delle frequenze naturali dei terreni (tavola 3)

La <<Carta delle frequenze naturali dei terreni>>, elaborata alla scala 1:10.000, individua con specifica simbologia, le misure tomografiche per classi di frequenza, secondo quanto indicato nella DGR 476/2021 della Regione Emilia–Romagna, ovvero: $0,6 \text{ Hz} < f_0 \leq 1 \text{ Hz}$; $1 \text{ Hz} < f_0 \leq 2$; $2 \text{ Hz} < f_0 \leq 8 \text{ Hz}$; $f_0 > 8 \text{ Hz}$.

Le registrazioni HVSR vengono anche classificate in base all'entità del rapporto spettrale H/V riferito a contrasti di impedenza alla base delle coperture, in particolare discriminando le prove che hanno ricavato rapporti: $H/V < 2$ (ampiezze basse); $2 \leq H/V < 3$ (ampiezze moderate); $H/V \leq 3$ (ampiezze elevate).

Sono infine riportati per ogni singola misura i valori delle frequenze di risonanza fondamentale f_0 e le eventuali ulteriori frequenze di possibile amplificazione (f_1 e f_2).

I dati acquisiti attraverso l'estesa campagna di misure di microtremore realizzata a supporto del presente studio, correlati coi dati geognostici disponibili, hanno permesso di individuare zone in cui gli spessori delle coperture continentali e/o del substrato roccioso marino più alterato sono significativi per la risposta sismica locale, di definire la profondità del tetto di quello che può essere definito in alcuni casi il substrato “non rigido” e di individuare quindi le caratteristiche stratigrafiche del sottosuolo importanti dal punto di vista dell'influenza sul moto sismico in superficie, per la definizione dei fattori di amplificazione.

8.4 Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica MOPS (tavola 4a/b)

La cartografia MOPS, elaborata alla scala 1:10.000, rappresenta la suddivisione del territorio dei comuni in "Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali" e in "Zone di attenzione per instabilità". Questa cartografia costituisce l'elaborato fondamentale dello studio sismico di livello 1. Come già descritto (cfr. paragrafo 7.2), la tavola rappresenta sia le MOPS aggiornate e ridefinite da questo studio (per il territorio interessato dagli approfondimenti fino al "livello 2"), sia le MOPS derivate dalla precedente MOPS (OPCM 3907/2010).

La carta riporta, inoltre, le "forme di superficie e sepolte" (già presenti nella carta geologico-technica), i punti di misura di rumore ambientale (con l'indicazione della frequenza fondamentale) e le tracce delle sezioni topografiche realizzate per determinare i fattori di amplificazione "ft".

Rispetto alle diverse litologie (superficiali) distinte nella carta geologico-technica, estendendo la valutazione a profondità maggiore, si è cercato di arrivare a delle semplificazioni, accorpendo alcune stratigrafie analoghe e cercando di utilizzare un criterio di similarità dal punto di vista della possibile risposta sismica e delle criticità locali.

Sulla base delle caratteristiche della successione litostratigrafica, nel territorio studiato non si riscontrano "zone stabili", tuttavia sono distinte 25 "zone stabili suscettibili di amplificazioni" (compreso anche il substrato affiorante fratturato/detensionato). Per ciascuna classe, in legenda viene indicato lo spessore delle coperture che è stato considerato nel calcolo dei fattori di amplificazione, comprensivo di un'eventuale porzione di bedrock alterato.

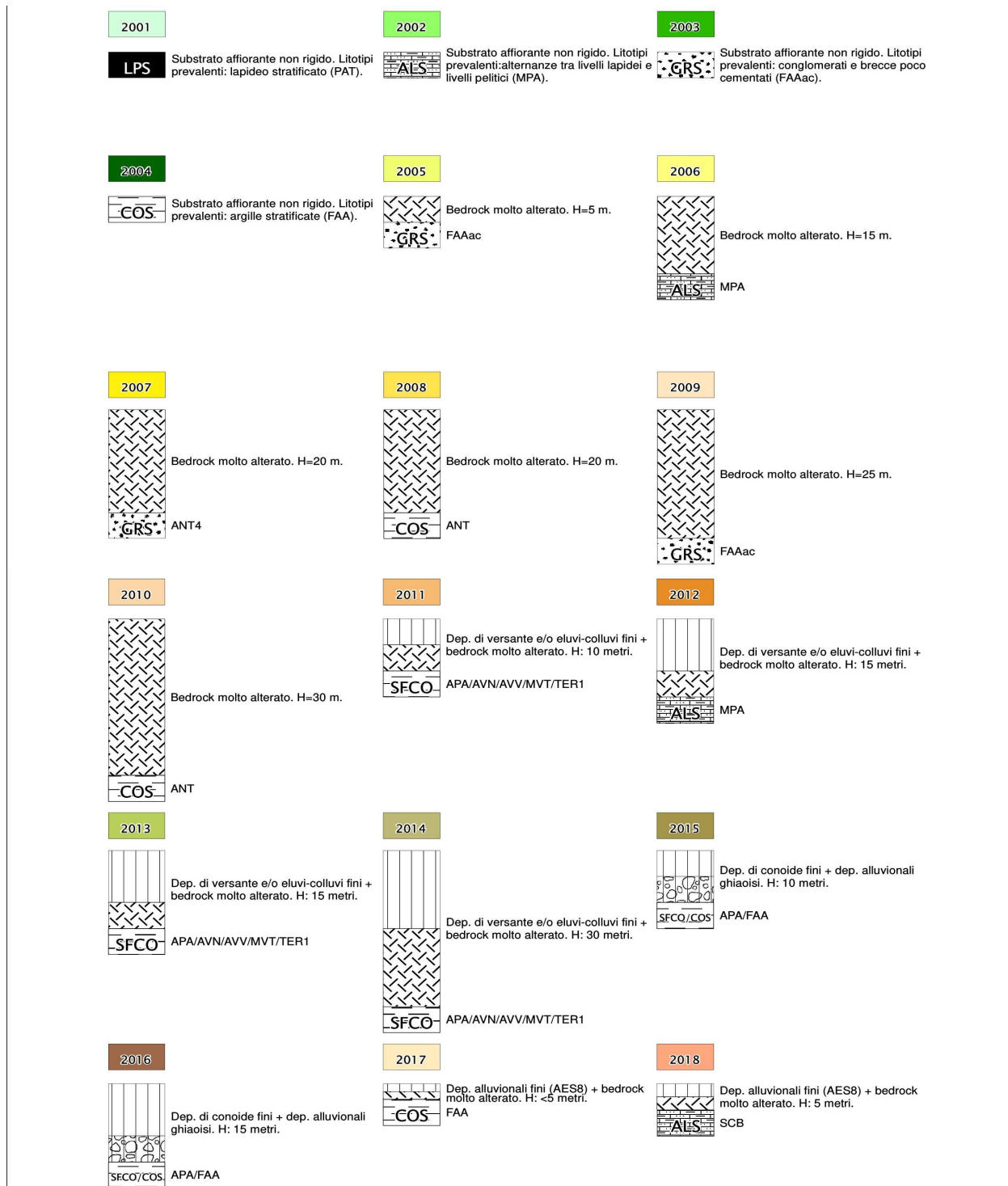
Vengono qui di seguito riportate le descrizioni di dettaglio delle singole "zone stabili suscettibili di amplificazioni" definite per il territorio urbanizzato e contermini studiato:

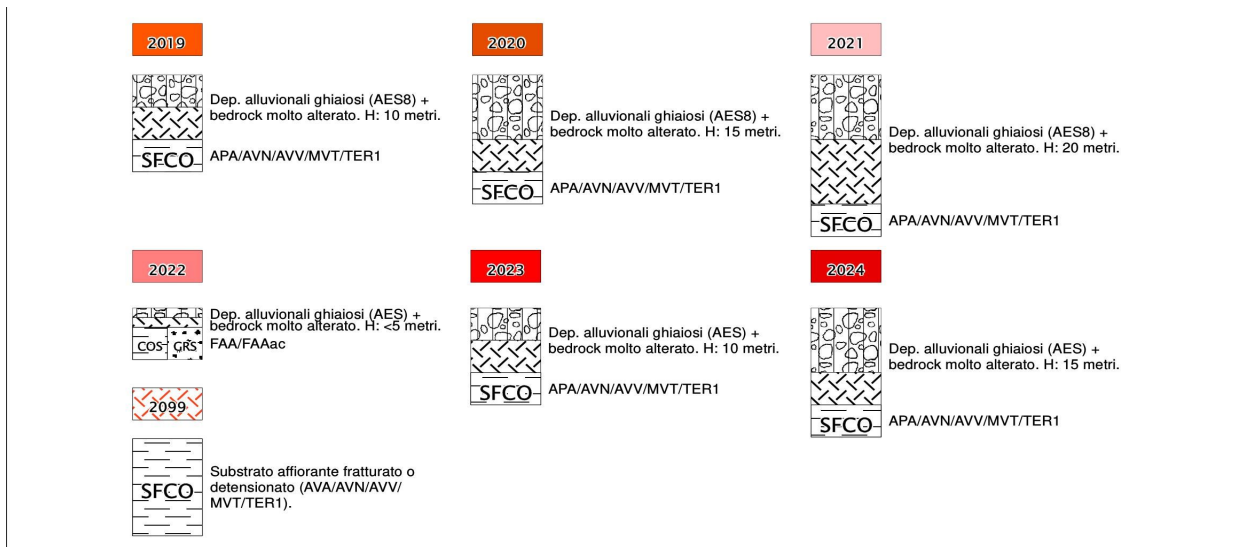
2099	Comprende settori di territorio con substrato fratturato o detensionato (APA/AVN/AVV/MVT/TER1) affiorante/sub-affiorante, cioè con coperture >3 metri. Gli spessori del substrato fratturato o detensionato sono risultati molto variabili (fino a oltre 30 metri) e in alcuni casi con scarsa rigidità sismica ($V_s < 400$ m/s) e senza evidenziare particolari contrasti di impedenza nei primi 30 metri.
2001	Comprende settori di territorio con substrato affiorante, cioè con coperture >3 metri. Il substrato risulta "non rigido" ($V_s < 800$ m/s), viene è attribuito alla "Formazione di Pantano" (PAT) ed è caratterizzato da areniti, areniti marnose e peliti sabbiose a stratificazione mal distinguibile (litotipi prevalenti: lapideo stratificato).
2002	Comprende settori di territorio con substrato affiorante, cioè con coperture >3 metri. Il substrato risulta "non rigido" ($V_s < 800$ m/s), viene è attribuito alla "Formazione di Montepastore" (MPA) ed è caratterizzato da arenarie torbiditiche calcarenitico - marnose (litotipi prevalenti: alternanze tra livelli lapidei e livelli pelitici).
2003	Comprende settori di territorio con substrato affiorante, cioè con coperture >3 metri. Il substrato risulta "non rigido" ($V_s < 800$ m/s), viene è attribuito alla Litozona arenaceo conglomeratica delle "Argille Azzurre" (FAAac) ed è caratterizzato da un

	orizzonte arenaceo conglomeratico potente pochi metri (litotipi prevalenti: conglomerati e breccie clasto sostenuti con grado di cementazione medio-bassa).
2004	Comprende settori di territorio con substrato affiorante, cioè con coperture >3 metri. Il substrato risulta “non rigido” ($V_s < 800$ m/s), viene è attribuito alle “Argille Azzurre” (FAA) ed è caratterizzato da argille più o meno marnose (litotipi prevalenti: argille, argille marnose e argille siltose stratificate).
2005	Comprende settori di territorio con coperture di spessore medio pari a 5 metri sovrastanti il bedrock “non rigido” ($V_s < 800$ m/s) attribuito alla Litozona arenaceo conglomeratica delle “Argille Azzurre” (FAAac).
2006	Comprende settori di territorio con coperture di spessore medio pari a 15 metri sovrastanti il bedrock “non rigido” ($V_s < 800$ m/s) prevalentemente arenaceo della “Formazione di Montepastore” (MPA) e/o delle “Arenarie di Scabiazza” (SCB).
2007	Comprende settori di territorio con coperture di spessore medio pari a 20 metri sovrastanti il bedrock “non rigido” ($V_s < 800$ m/s) prevalentemente costituito da alternanze arenaceo pelitiche attribuiti al “Membro di Anconella” della “Formazione di Antognola” (ANT4).
2008	Comprende settori di territorio con coperture di spessore medio pari a 20 metri sovrastanti il bedrock “non rigido” ($V_s < 800$ m/s) prevalentemente pelitico e marnoso della “Formazione di Antognola” (ANT).
2009	Comprende settori di territorio con coperture di spessore medio pari a 25 metri sovrastanti il bedrock “non rigido” ($V_s < 800$ m/s) attribuito alla Litozona arenaceo conglomeratica delle “Argille Azzurre” (FAAac).
2010	Comprende settori di territorio con coperture di spessore medio pari a 30 metri sovrastanti il bedrock “non rigido” ($V_s < 800$ m/s) prevalentemente marnoso argillosa della “Formazione del Termina” (TER).
2011	Comprende settori di territorio con coperture di spessore medio pari a 10 metri sovrastanti il bedrock “non rigido” ($V_s < 800$ m/s) ancora molto fratturato o detensionato (APA/AVN/AVV/MVT/TER1).
2012	Comprende settori di territorio con coperture costituite da depositi di versante e/o eluvio-colluviali, di spessore medio pari a 15 metri, sovrastanti il bedrock “non rigido” ($V_s < 800$ m/s) prevalentemente arenaceo della “Formazione di Montepastore” (MPA).
2013	Comprende settori di territorio con coperture costituite da depositi di versante e/o eluvio-colluviali, di spessore medio pari a 15 metri, sovrastanti il bedrock “non rigido” ($V_s < 800$ m/s) ancora molto fratturato o detensionato (APA/AVN/AVV/MVT/TER1).
2014	Comprende settori di territorio con coperture costituite da depositi di versante e/o eluvio-colluviali, di spessore medio pari a 30 metri, sovrastanti il bedrock “non rigido” ($V_s < 800$ m/s) ancora molto fratturato o detensionato (APA/AVN/AVV/MVT/TER1).
2015	Comprende settori di territorio con coperture costituite da depositi superficiali di conoide recente prevalentemente fini e poi da depositi alluvionali prevalentemente

	ghiaiosi, di spessore medio pari a 10 metri, sovrastanti il bedrock “non rigido” ($V_s < 800$ m/s) costituito da argilliti (formazione delle Argille a Palombini – APA) e/o da argille e marne delle “Argille Azzurre” (FAA).
2016	Comprende settori di territorio con coperture costituite da depositi superficiali di conoide recente prevalentemente fini e poi da depositi alluvionali prevalentemente ghiaiosi, di spessore medio pari a 15 metri, sovrastanti il bedrock “non rigido” ($V_s < 800$ m/s) costituito da argilliti (formazione delle Argille a Palombini – APA) e/o da argille e marne delle “Argille Azzurre” (FAA).
2017	Comprende settori di territorio con coperture alluvionali terrazzate (AES8) prevalentemente fini di spessore medio fino a 5 metri, sovrastanti il bedrock “non rigido” ($V_s < 800$ m/s) costituito da argille e marne delle “Argille Azzurre” (FAA).
2018	Comprende settori di territorio con coperture alluvionali terrazzate (AES8) prevalentemente fini di spessore medio fino a 5 metri, sovrastanti il bedrock “non rigido” ($V_s < 800$ m/s) costituito delle “Arenarie di Scabiazza” (SCB).
2019	Comprende settori di territorio con coperture alluvionali terrazzate (AES8) prevalentemente ghiaiose di spessore medio pari a 10 metri, sovrastanti il bedrock “non rigido” ($V_s < 800$ m/s) ancora molto fratturato o detensionato (APA/AVN/AVV/MVT/TER1).
2020	Comprende settori di territorio con coperture alluvionali terrazzate (AES8) prevalentemente ghiaiose di spessore medio pari a 15 metri, sovrastanti il bedrock “non rigido” ($V_s < 800$ m/s) ancora molto fratturato o detensionato (APA/AVN/AVV/MVT/TER1).
2021	Comprende settori di territorio con coperture alluvionali terrazzate (AES8) prevalentemente ghiaiose di spessore medio pari a 20 metri, sovrastanti il bedrock “non rigido” ($V_s < 800$ m/s) ancora molto fratturato o detensionato (APA/AVN/AVV/MVT/TER1).
2022	Comprende settori di territorio con coperture alluvionali terrazzate indifferenziate (AES) prevalentemente ghiaiose di spessore medio fino a 5 metri, sovrastanti il bedrock “non rigido” ($V_s < 800$ m/s) costituito da argille e marne delle “Argille Azzurre” (FAA) e/o dalla sua alla litozona arenaceo conglomeratica delle “Argille Azzurre” (FAAac).
2023	Comprende settori di territorio con coperture alluvionali terrazzate indifferenziate (AES) prevalentemente ghiaiose di spessore medio pari a 10 metri, sovrastanti il bedrock “non rigido” ($V_s < 800$ m/s) ancora molto fratturato o detensionato (APA/AVN/AVV/MVT/TER1).
2024	Comprende settori di territorio con coperture alluvionali terrazzate indifferenziate (AES) prevalentemente ghiaiose di spessore medio pari a 15 metri, sovrastanti il bedrock “non rigido” ($V_s < 800$ m/s) ancora molto fratturato o detensionato (APA/AVN/AVV/MVT/TER1).

Il seguente schema riporta per le medesime “zone stabili suscettibili di amplificazione” i rispettivi rapporti stratigrafici rappresentativi.





Le zone di attenzione per instabilità individuano le principali criticità correlabili ad eventi sismici individuate per il territorio studiato (possibilità di instabilità di versante; possibilità di cedimenti differenziali).

In questa tipologia di instabilità vengono comprese anche le aree di cava e/o i tombamenti antropici, nonché le fasce (cautelative) di possibile intensa fratturazione/cataclasi a cavallo delle principali linee di faglia.

Il seguente schema riporta per le zone di attenzione individuate i rispettivi rapporti stratigrafici rappresentativi.

	2025	Zona di distacco o accumulo <3 metri per frana di scorrimento derivato da bedrock lapideo-pelitico (3012/3022)
	2026	Zona di distacco o accumulo <3 metri per frana di scorrimento derivato da bedrock pelitico (3012)
	2027	Zona di distacco o accumulo <3 metri per frana di scorrimento derivato da argilliti tettonizzate (scagliose e/o breccie) (3012/3022)
	2028	Zona di accumulo per frana di scorrimento derivato da bedrock lapideo-pelitico, H=5 metri (3012)
	2029	Zona di accumulo per frana di scorrimento derivato da argilliti tettonizzate (scagliose e/o breccie), H=5 metri (3022)
	2030	Zona di distacco o accumulo <3 metri per colata derivato da bedrock lapideo-pelitico (3013/30123)
	2031	Zona di distacco o accumulo <3 metri per colata derivato da bedrock pelitico (3013/3023)
	2032	Zona di distacco o accumulo <3 metri per colata derivato da argilliti tettonizzate (scagliose e/o breccie) (3013/3023)
	2033	Zona di distacco o accumulo <3 metri per colata derivato da bedrock arenitico (3013)
	2034	Zona di accumulo per colata derivato da bedrock lapideo-pelitico, H=5 metri (3013/3023)
	2035	Zona di accumulo per colata derivato da argilliti tettonizzate (scagliose e/o breccie), H=5 metri (3013/3023)
	2036	Zona di distacco o accumulo <3 metri per frana complessa derivato da bedrock lapideo-pelitico (3024)
	2037	Zona di distacco o accumulo <3 metri per frana complessa derivato da bedrock pelitico (3024)
	2038	Zona di distacco o accumulo <3 metri per frana complessa derivato da argilliti tettonizzate (scagliose e/o breccie) (3024)
	2039	Zona di accumulo per frana complessa derivato da argilliti tettonizzate (scagliose e/o breccie), H=5 metri (3014/3024)
	2040	Zona di potenziale evoluzione di frana (3045)

Nel seguente schema vengono infine riportati i rapporti stratigrafici rappresentativi delle “microzone omogenee” potenzialmente stabili o instabili derivate dal precedente studio di MS (OPCM 3907/2010). Si tratta di areali per lo più privi di informazioni sismostratigrafiche specifiche e di conseguenza le caratteristiche derivano dal contesto litostratigrafico e/o deposizionale (MOPS potenzialmente stabili) e dallo stato di attività dei movimenti franosi cartografati (MOPS potenzialmente instabili).

	1011	Substrato affiorante rigido. Litotipi prevalenti: lapideo stratificato (basalti).
	2041	Substrato affiorante non rigido. Litotipi prevalenti: granulare cementato stratificato (ANT4/FAAac).
	2042	Substrato affiorante non rigido. Litotipi prevalenti: lapideo stratificato (MPA).
	2043	Substrato affiorante non rigido. Litotipi prevalenti: coesivo sovraconsolidato stratificato (FAA) e alternanze tra livelli lapidei e livelli pelitici stratificato (SCB/SCBb).
	2044	Substrato affiorante non rigido. Litotipi prevalenti: argilliti tettonizzate (scagliose/breccie APA/AVN/AVV/MVT).
	2045	Substrato affiorante non rigido. Litotipi prevalenti: alternanze tra livelli lapidei e livelli pelitici stratificato (ARB/MSc).
	2046	Alluvioni prev. ghiaiose in fase di evoluzione (b1) APA/AVV/FAA/SCB
	2047	Alluvioni ghiaiose e/o sabbiose in fase di evoluzione (b1) APA/FAA/SCB
	2048	Dep. di conoide (i2) + alluvioni ghiaiose e/o sabbiose (AES8a) APA/AVT/SCB
	2049	Alluvioni ghiaiose e/o sabbiose (AES8) APA/AVV/FAA/SCB
	2050	Dep. di versante e/o eluvio-colluviali APA/AVN/MCS/MPA/MVT/SCB
	2051	Instabilità di versante attiva (3012/3013/3014) Bedrock non definito

Per una descrizione sintetica di tutte le singole zone di rimanda al precedente paragrafo 7.2.

8.5 Carta delle velocità delle onde di taglio S (tavola 5)

La <<Carta delle velocità delle onde di taglio S>>, elaborata alla scala 1:10.000, localizza tutti i punti di misura di V_s , con indicazione, per ogni punto di controllo, del valore della media armonica nei primi 30 metri della velocità delle onde sismiche di taglio ($V_{s_{30}}$) oppure della V_{sH} . Infatti, nelle situazioni di sottosuolo caratterizzate da coperture di maggior spessore e in grado di condizionare il campo di moto verso la superficie, si sono riportati anche i valori di V_sH . Tale parametro risulta di fondamentale importanza per la caratterizzazione della risposta sismica locale, sia valutata con approccio semplificato (DGR 476/2020; criteri nazionali ICMS 2008 nonché NTC 2018), sia da valutare con modellazioni numeriche.

Si segnala che il calcolo della V_sH ha interessato ampi settori del territorio studiato, per la presenza di coperture quaternarie sovrastanti il substrato marino più rigido oppure per la presenza di substrato roccioso molto alterato e/o detensionato e con V_s tali da non considerarsi bedrock sismico fino a 30 metri di profondità. Inoltre, in alcune situazioni (vedi Ospitaletto e Puzzele,rispettivamente su substrato roccioso affiorante prevalentemente argilloso e tettonicamente molto alterato (AVN e APA), si è valutato più opportuno utilizzare i FA relativi a V_s con $H = 30$ metri al fine di ponderare la presenza di riflettori sismici associabili agli esiti delle registrazioni HVSR, con frequenti massime amplificazioni spettrali f_0 a medio-basse frequenze (2÷3 Hz) e di intensità H/V anche significative (moderate/elevate).

Informazioni relative alle tipologie d'indagine e agli esiti delle V_s misurate nelle aree di approfondimento, sono riportate nei precedenti capitoli (in particolare nel capitolo 5) a cui si rimanda per ulteriori descrizioni.

8.6 Carta di microzonazione sismica livello 2 (tavole da 6 a 11)

Le cartografie <<carta di microzonazione sismica livello 2>> sono anch'esse elaborate alla scala di dettaglio 1:10.000 e riportano i fattori di amplificazioni calcolati per le “zone stabili suscettibili di amplificazioni” e per le “zone di attenzione per instabilità” da liquefazioni riscontrate nel territorio studiato comunale e che derivano dalla cartografia MOPS.

Occorre ulteriormente precisare che la microzonazione di “livello 2” ha interessato soltanto la parte di territorio comunale urbanizzato, un suo ampio intorno, nonché gli areali che includono la viabilità di connessione relativa all'analisi delle CLE.

Le cartografie di microzonazione sismica rappresentano gli elaborati finali di sintesi del presente approfondimento di “livello 2” in quanto riportano per ogni zona i fattori di amplificazione calcolati. In questo senso è necessario specificare che:

- alle “zone stabili suscettibili di amplificazioni” vengono attribuiti i parametri di amplificazione considerati (FAPga; SA; SI) attraverso la suddivisione del territorio studiato in classi di amplificazione, come previsto dagli Indirizzi della CTMS e come indicato negli Standard di rappresentazione per la microzonazione sismica (v. 4.2). Si rammenta che agli areali studiati i fattori di amplificazione sono attribuiti sulla base degli abachi regionali (cfr. DGR 472/2020, allegato A2).

- Per le “zone di attenzione” per instabilità” vengono attribuiti i parametri di amplificazione considerati (FAPga; SA; SI) vengono ancora attribuiti sulla base degli abachi regionali (cfr. capitolo 7), considerando il contesto litostratigrafico e sismico locale. La stima dello spessore di sedimento rimaneggiato e maggiormente amplificabile è compatibile con la presunta profondità del piano di taglio/scivolamento della frana oppure con la profondità del substrato più alterato.

La grafica standard (colore pieno) consente di attribuire alle zone di attenzione i rispettivi parametri di amplificazione.

In sintesi, sono state elaborate le seguenti otto cartografie di microzonazione sismica:

- ✓ Tavola di microzonazione sismica di livello 2 – FA_{PGA} → riporta il fattore di amplificazione FA PGA (rapporto tra le massime ampiezze dell'accelerazione orizzontale in superficie e al bedrock sismico (PGA/PGA0));
- ✓ Tavola di microzonazione sismica di livello 2 FA_{SA1} → riporta il fattore di amplificazione FA SA (rapporto di Intensità di spettrale in accelerazione in superficie e al bedrock sismico per periodo compreso tra 0,1 e 0,5 secondi);
- ✓ Tavola di microzonazione sismica di livello 2 FA_{SA2} → riporta il fattore di amplificazione FA SA (rapporto di Intensità di spettrale in accelerazione in superficie e al bedrock sismico per periodo compreso tra 0,4 e 0,8 secondi);
- ✓ Tavola di microzonazione sismica di livello 2 FA_{SA3} → riporta il fattore di amplificazione FA SA (rapporto di Intensità di spettrale in accelerazione in superficie e al bedrock sismico per periodo compreso tra 0,7 e 1,1 secondi);
- ✓ Tavola di microzonazione sismica di livello 2 FA_{SA4} → riporta il fattore di amplificazione FA SA (rapporto di Intensità di spettrale in accelerazione in superficie e al bedrock sismico per periodo compreso tra 0,5 e 1,5 secondi);
- ✓ Tavola di microzonazione sismica di livello 2 FA_{SI1} → riporta il fattore di amplificazione FA SI (rapporto di Intensità di Housner in superficie e al bedrock sismico per periodo compreso tra 0,1 e 0,5 secondi);
- ✓ Tavola di microzonazione sismica di livello 2 FA_{SI2} → riporta il fattore di amplificazione FA SI (rapporto di Intensità di Housner in superficie e al bedrock sismico per periodo compreso tra 0,5 e 1,0 secondi);
- ✓ Tavola di microzonazione sismica di livello 2 FA_{SI3} → riporta il fattore di amplificazione FA SI (rapporto di Intensità di Housner in superficie e al bedrock sismico per periodo compreso tra 0,5 e 1,5 secondi).

8.7 Carta della distribuzione dei valori di H_{SM} (tavola 12)

Le mappe di pericolosità sismica denominate <<Carta della distribuzione dei valori di H_{SM} >> sono anch'esse elaborate alla scala di dettaglio 1:10.000 e riportano i valori di H_{SM} (Naso et al., 2019) per gli areali interessati dalla microzonazione sismica di livello 2.

Si rammenta che il valore di H_{SM} rappresenta un parametro di pericolosità che esprime lo scuotimento atteso al sito in valore assoluto (accelerazione espressa in g) come indicato nel paragrafo 7.7.

9 BIBLIOGRAFIA

AA.VV. (2005) – Guidelines for the implementation of the H/V spectral ratio technique on ambient vibrations measurements, processing and interpretation. Deliverable D23.12 of the SESAME project, 62 pp, April 2005. Available at <http://www.SESAME-FP5.obs.ujf-grenoble.fr>.

AA.VV. (2011) – Contributi per l'aggiornamento degli "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica". Supplemento alla rivista *Ingegneria Sismica* Anno XXVIII – n.2.

Albarello D. e Castellaro S. (2011) – Tecniche sismiche passive: indagini a stazione singola. In AA.VV. (2011) – Contributi per l'aggiornamento degli "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica". Supplemento alla rivista *Ingegneria Sismica* Anno XXVIII – n.2.

Boccaletti M., Bonini M., Corti G., Gasperini P., Martelli L., Piccardi L., Severi P., Vannucci G. (2004): Carta sismotettonica della Regione Emilia-Romagna, scala 1:250.000. Con note illustrative. Regione Emilia-Romagna-SGSS, CNR-IGG. SELCA, Firenze.

Castellaro S., Mulargia F. e Bianconi L. (2005) – Passive Seismic Stratigraphy: A new efficient, fast and economic technique. *Geologia e tecnica ambientale*, 3.

Castellaro S. e Mulargia F. (2011) – Seismic soil classification from a different perspective. Annual meeting of the Seismological Society of America, Memphis (Tennessee, USA), Apr. 13-15.

Castellaro S. (2012) – H/V: un contributo oltre Vs30. In "Tecniche speditive per la stima dell'amplificazione sismica e della dinamica degli edifici" a cura di Mucciarelli M.

Cerrina Feroni A., Martelli L., Martinelli P. & Ottria G. (2002) – Carta geologico-strutturale dell'Appennino emiliano-romagnolo in scala 1:250.000. Regione Emilia-Romagna, Servizio Geologico, sismico e dei Suoli – CNR, Istituto di Georisorse e Geoscienze, Pisa. S.EL.CA., Firenze.

Commissione tecnica per la microzonazione sismica (dicembre 2020) – Microzonazione sismica – Standard di rappresentazione e archiviazione informatica versione 4.2. <https://www.centromicrozonationesismica.it/it/download/category/23-standard-ms-e-cle>.

DISS Working Group (2021). Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.3.0: *A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas*. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/diss3.3.0>

Elmi, Zecchi (1982) – *Note sulla sismicità dell'appennino emiliano-romagnolo*. In Guida alla geologia del margine appenninico-padano. *Società Geologica Italiana – Guide Geologiche regionali*, Bologna.

Gruppo di lavoro MS (2008) – *Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica*. Conferenza delle

Regioni e delle Province autonome – Dipartimento della Protezione Civile, Roma, 3 vol. e Dvd. Disponibili nel sito web del Dipartimento della Protezione Civile, area “Rischio Sismico” all'indirizzo: http://www.protezionecivile.it/cms/view.php?dir_pk=395&cms_pk=15833.

Guidoboni E., Ferrari G., Mariotti D., Comastri A., Tarabusi G., Sgattoni G., Valensise G. (2018) – CFTI5Med, *Catalogo dei Forti Terremoti in Italia (461 a.C.–1997) e nell'area Mediterranea (760 a.C.–1500)*. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). doi: <https://doi.org/10.6092/ingv.it-cfti5>.

Guidoboni E., Ferrari G., Tarabusi G., Sgattoni G., Comastri A., Mariotti D., Ciuccarelli C., Bianchi M.G., Valensise G. (2019), *CFTI5Med, the new release of the catalogue of strong earthquakes in Italy and in the Mediterranean area*, Scientific Data 6, Article number: 80 (2019). doi: <https://doi.org/10.1038/s41597-019-0091-9>

ISIDe Working Group (2010) – Italian Seismological Instrumental and parametric database. [Online], Available: <http://iside.rm.ingv.it>.

ISPRA (2009) – *Carta Geologica d'Italia, Foglio 219*. Coord. Scientifico: Regione Emilia-Romagna. ISPRA, Servizio Geologico d'Italia – Regione Emilia-Romagna, Servizio geologico, sismico e dei suoli. SystemCart, Roma.
<https://www.isprambiente.gov.it/Media/carg/emilia.html>.

Lanzo G. & Silvestri F. (1999) – *Risposta Sismica Locale*. Edizioni Hevelius.

Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Antonucci A. (2022). *Database Macrosismico Italiano (DBMI15), versione 4.0*. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/DBMI/DBMI15.4>

Martelli L. (coord.), Bonini M., Calabrese L., Corti G., Ercolessi G., Molinari F. C., Piccardi L., Pondrelli S., Sani F. (2017): *Carta sismotettonica della Regione Emilia-Romagna e aree limitrofe. Con note illustrative*. Regione Emilia-Romagna, Servizio geologico, sismico e dei suoli. Con note illustrative e CD. DREAM Italia.

Martelli (2015) – *I terremoti dell'Appennino Bolognese*. La geologia. Nueter, XLI, n. 82, 387–395.

Meletti M., Valensise G (a cura di) (2004) – *Zonazione sismogenetica ZS9 – App.2 al Rapporto conclusivo*. Gruppo di lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica (Ordinanza PCM 3274/2003), Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. <http://zonesismiche.mi.ingv.it/documenti/App2.pdf>.

Ministero delle Infrastrutture (2018) – D.M. 17/01/2018 (G.U. n.42 del 20/02/2018 – Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni.

Mucciarelli M. (a cura di) (2012) – *Tecniche speditive per la stima dell'amplificazione sismica e della dinamica degli edifici. Studi teorici ed applicazioni professionali*. Edizioni Aracne.

Naso G., Martelli L., Baglione M., Brammerini F., Castenetto S., D'Intinosante V., Ercolessi G.

(2019): *Maps for land management: from geology to seismic hazard*, Boll. Geof. Teor. Appl., Vol. 60, DOI 10.4430/bgta0263.

Pieri M. e Groppi G. (1981) – Subsurface geological structure of the Po Plain (Italy). Progetto Finalizzato Geodinamica, publ.n° 414, C.N.R., 23.

Provincia di Modena – Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale – Tavola 2.2 <<Rischio sismico: carta delle aree suscettibili di effetti locali>> (scala 1:25.000).

Regione Emilia Romagna – Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli – Carta Geologica in scala 1:10.000 della regione Emilia-Romagna – cartografia interattiva consultabile on line: https://applicazioni.regione.emilia-romagna.it/cartografia_sgss.

Regione Emilia Romagna – Legge Regionale n.19/2008 – “*Norme per la riduzione del rischio sismico, con le modifiche apportate dalla L.R. 6 luglio 2009, n.6 "Governo e riqualificazione solidale del territorio"*. BURER n. 184 del 30/10/2008.

Regione Emilia Romagna – Legge Regionale n.24/2017 – “*Disciplina regionale sulla tutela e l’uso del territorio*”. BURERT n. 304 del 21/12/2017.

Regione Emilia Romagna – *Delibera Regionale n.112/2007 – “Approvazione dell’atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell’art. 16, comma 1, della LR 20/2000 Disciplina generale sulla tutela del territorio, in merito a <<Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale ed urbanistica>>”*. BURER n. 64 del 17 maggio 2007.

Regione Emilia Romagna – *Delibera della Giunta Regionale n. 2193/2015 – “Art. 16 della L.R. n.20 del 24/3/2000. Approvazione aggiornamento dell’atto di coordinamento tecnico denominato <<Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale ed urbanistica>>, di cui alla deliberazione dell’Assemblea Legislativa 2 maggio 2007, n. 112”*. BURER n. 4 del 8 gennaio 2016 parte seconda.

Regione Emilia Romagna – *Delibera della Giunta Regionale n. 630/2019 – “Atto di coordinamento tecnico sugli studi di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale ed urbanistica (artt. 22 e 49, L.R. n.24/2017”*. BURER. n. 143 del 6 maggio 2019 parte seconda.

Regione Emilia Romagna – *Delibera della Giunta Regionale n. 476/2021 (e DGR integrativa n.564/2021)– Aggiornamento dell’“Atto di coordinamento tecnico sugli studi di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale ed urbanistica (artt. 22 e 49, L.R. n.24/2017”*. Di cui alla *Deliberazione della Giunta Regionale 29 aprile 2019 n.630*. BURERT n. 137 del 12/5/2021 (parte seconda) e BURERT n. 111 del 20/04/2021.

Robertson P.K. – *Performance based earthquake design using the CPT* – Keynote Lecture, International Conference on Performance-based Design in Earthquake Geotechnical Engineering – from case history to practice, IS-Tokyo, 2009.

Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P., Antonucci A. (2022). *Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15), versione 4.0*. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/CPTI/CPTI15.4>