



PROTEZIONE CIVILE
 Presidenza del Consiglio dei Ministri
 Dipartimento della Protezione Civile



CONFERENZA DELLE REGIONI E
 DELLE PROVINCE AUTONOME

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

DDS n.199/SPC del 27/07/2020

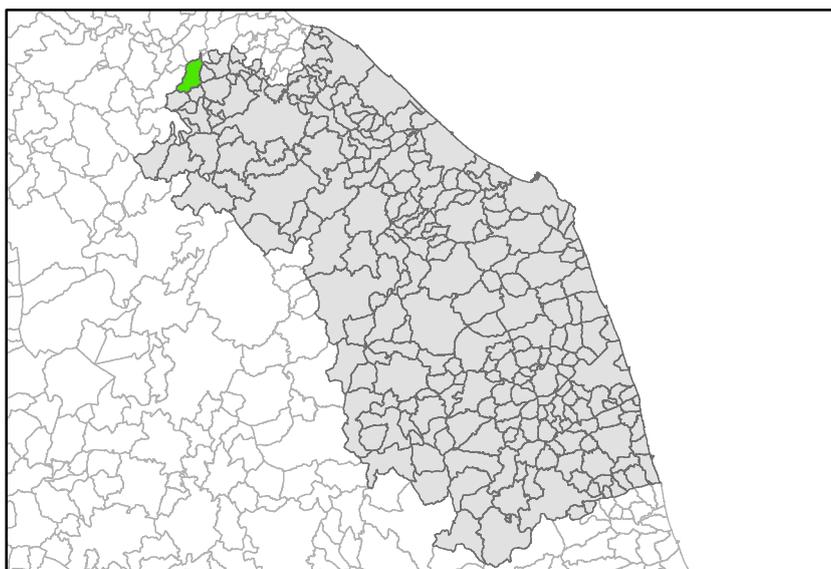
PROGRAMMA REGIONALE DEGLI STUDI E INDAGINI DI MICROZONAZIONE SISMICA DI II° LIVELLO
 ANNUALITA' 2020 Regione Marche

MICROZONAZIONE SISMICA

Relazione Illustrativa

Livello 2 di approfondimento

Regione Marche
 Comune di Montecopiolo



Regione



Soggetto realizzatore:

Geol. Edo Bianchi

Collaboratori:

Geol. Paolo Nanni

Data:

Marzo 2021

SOMMARIO

1	INTRODUZIONE	2
2	INQUADRAMENTO GEOLOGICO – STRUTTURALE DELL’AREA	5
2.1	UBICAZIONE E INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	5
2.2	INQUADRAMENTO TETTONICO	6
2.3	MODELLO GEOLOGICO DELL’AREA DI STUDIO	8
2.4	FORMAZIONI PRESENTI NEL TERRITORIO COMUNALE	8
2.5	IDROLOGIA E IDROGEOLOGIA DEL TERRITORIO COMUNALE	10
3	LE SORGENTI SISMOGENETICHE MARCHIGIANE	12
4	PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE DELL’AREA DI STUDIO	15
5	DATI GEOTECNICI E GEOFISICI	17
6	INTERPRETAZIONE DELLE INCERTEZZE	19
7	METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI	20
8	MICROZONAZIONE SISMICA DI 1° LIVELLO: ELABORATI CARTOGRAFICI	21
8.1	CARTA DELLE INDAGINI	21
8.2	CARTA GEOLOGICO-TECNICA	22
8.3	SEZIONI LITOTECNICHE	23
8.4	CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA	23
9	MICROZONAZIONE SISMICA DI 2° LIVELLO: ELABORATI CARTOGRAFICI	28
9.1	CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO 2	28
9.2	CARTA DELLE FREQUENZE NATURALI DEI TERRENI	31
10	ALLEGATI	33

1 INTRODUZIONE

Nel presente documento vengono illustrati i risultati dello studio di Microzonazione Sismica (MS) di Livello 2 condotto nel territorio comunale di Montecopiolo (PU), predisposto in conformità all'incarico conferito al Dott. Geol. Edo Bianchi in data 24/09/2020 dal Comune di Montecopiolo nella figura del Responsabile del Settore Tecnico Arch. Sara Bernardini.

Lo studio di Microzonazione Sismica di livello 2 si pone come obiettivo quello di fornire quantificazioni numeriche sotto forma di un Fattore di Amplificazione (FA), della risposta locale del moto sismico, dal bedrock sismico (convenzionalmente considerato un substrato geologico con velocità di propagazione delle onde di taglio $V_s > 800$ m/sec) alla superficie. Inoltre il presente elaborato costituisce un aggiornamento completo ed una revisione sulla base dei nuovi standard (4.1 – novembre 2018), dello studio di Microzonazione Sismica di Livello 1 eseguito nell'anno 2018.

Per Microzonazione Sismica si intende la valutazione della pericolosità sismica locale attraverso l'individuazione di zone omogenee del territorio in termine di comportamento sismico.

Nel caso specifico di uno studio di microzonazione sismica di 1° livello, il documento di sintesi finale è rappresentato da una carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) del territorio nella quale vengono indicate:

- **Zone stabili**, ovvero quelle zone nelle quali il moto sismico non subisce modifiche rispetto a quello atteso in condizioni ideali di roccia rigida affiorante e topografia pianeggiante (Categoria di suolo A delle NTC 2018 e dell'Eurocodice 8);
- **Zone stabili suscettibili di amplificazioni sismiche locali**, ovvero le zone nelle quali il moto sismico subisce modifiche rispetto a quello atteso in condizioni ideali di roccia rigida affiorante e topografia pianeggiante, a causa delle caratteristiche litostratigrafiche del terreno e/o delle caratteristiche geomorfologiche del territorio;
- **Zone instabili**, ovvero le zone nelle quali sono presenti, o sono suscettibili di attivazione, fenomeni di deformazione permanente del territorio indotti o innescati dal sisma (*instabilità di versante, liquefazioni, cedimenti differenziali, ecc...*).

Nella seguente Figura 1.1 viene evidenziato in maniera schematica il ruolo della morfologia e della geologia locale sui fenomeni di amplificazione in occasione di un evento sismico.

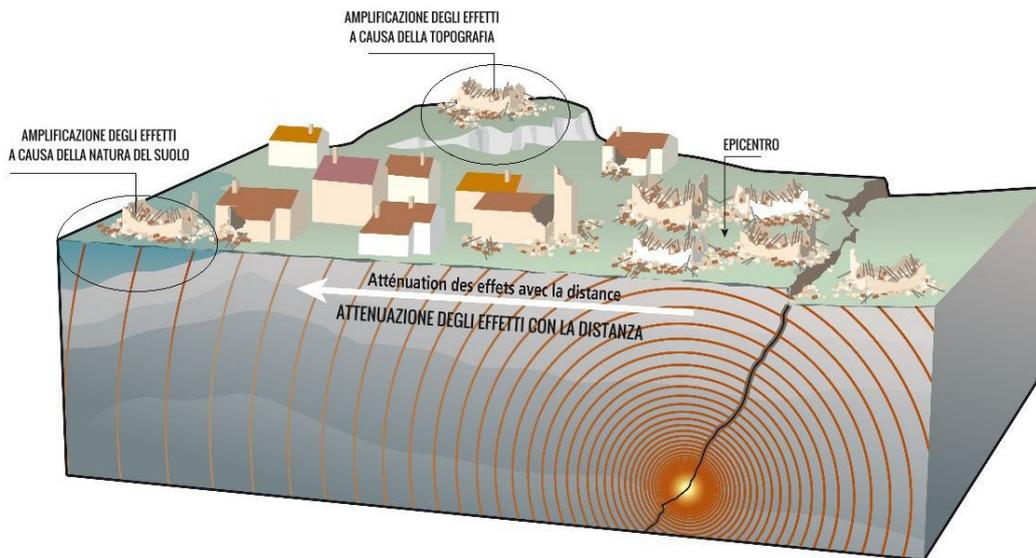


Figura 1.1: Schema che evidenzia come, in occasione di un evento sismico, diversi contesti geomorfologici possano determinare amplificazioni sismiche locali indotte dalla stratigrafia o dalla morfologia o da fenomeni di deformazione permanente come frane, liquefazione o cedimenti differenziali.

Per lo studio di Microzonazione Sismica di 1° Livello del territorio comunale si è proceduto nel modo seguente:

- Definizione delle aree di studio, in accordo con la committenza, costituite dalle zone del territorio comunale a maggior carico antropico ed oggetto di previsione di espansione urbanistica;
- Raccolta dei dati pregressi di natura geologica, geofisica e geotecnica allegati alle pratiche edilizie presso l'Ufficio Tecnico comunale;
- Studio e consultazione della cartografia disponibile ovvero della Carta Geologica d'Italia (scala 1:50.000), cartografia geologica del progetto CARG (scala 1:10.000), Progetto IFFI (Inventario Fenomeni Franosi in Italia), cartografia del PAI (Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico in scala 1:10.000) e la cartografia del PRG comunale.
- Analisi aerofotogrammetriche e rilevamenti diretti di campagna.

Il presente studio di Microzonazione Sismica di 2° livello è stato condotto secondo le specifiche tecniche contenute nei seguenti testi di riferimento normativo:

- Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica (ICMS), Dipartimento di Protezione Civile, approvati il 13 novembre 2008 dalla Conferenza delle Regioni e delle Provincie autonome;
- Aggiornamento ICMS, supplemento alla rivista Ingegneria Sismica, Anno XXVIII, n°2-2011;
- Microzonazione Sismica: Standard di rappresentazione ed archiviazione informatica – Versione 4.0b – Commissione Tecnica per il monitoraggio degli studi di Microzonazione Sismica (art. 5, comma 7 OPCM 13 novembre 2010, n.3907) versione 4.1;
- Studi pilota e disposizioni e/o linee guida redatto allo scopo dalla Regione Marche.

Ulteriori indicazioni sull'interpretazione dei dati e sulla predisposizione degli elaborati sono state fornite dalla "Commissione tecnica regionale per la Microzonazione Sismica" e dal "Centro per la Microzonazione Sismica e le sue applicazioni (<https://www.centromicrozonazioneismica.it/it/>).

La sintesi dei dati dell'aggiornamento dello studio di Microzonazione Sismica di 1 Livello è rappresentata dai seguenti elaborati che corredano lo studio:

- Carta delle Indagini (scala 1:10.000);
- Carta Geologico – Tecnica per la Microzonazione Sismica (scala 1:10.000);
- Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS - scala 1:10.000);
- Sezioni Litotecniche (scala 1:2.000).

Il secondo livello di approfondimento (Livello 2) dello Studio di Microzonazione Sismica viene rappresentato dai seguenti elaborati di sintesi:

- Carta delle Frequenze (scala 1:10.000);
- Carta di Microzonazione Sismica di Livello 2 con Fattori di Amplificazione per periodi compresi nel range 0.1-0.5 sec (scala 1:10.000);
- Carta di Microzonazione Sismica di Livello 2 con Fattori di Amplificazione per periodi compresi nel range 0.4-0.8 sec (scala 1:10.000);
- Carta di Microzonazione Sismica di Livello 2 con Fattori di Amplificazione per periodi compresi nel range 0.7-1.1 sec (scala 1:10.000).

È importante sottolineare in questa sede, che gli studi di Microzonazione Sismica di livello 1 e 2 sono subordinati alla scala di rilevamento adottata (1:10.000). Per questo motivo, nell'ambito della pianificazione urbanistica e della progettazione di opere strutturali, tale strumento potrà essere adottato e utilizzato previa verifica dei modelli geologico-tecnici e di risposta sismica locale alla scala di progettazione e non in sostituzione alle verifiche necessarie e previste dalla normativa vigente (NTC 2018).

2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO – STRUTTURALE DELL’AREA

2.1 UBICAZIONE E INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Il territorio del Comune di Montecopiolo, riportato sul foglio n°108 della carta dell'I.G.M. 1:100.000 ha un'estensione complessiva di circa 36 Km², è posto alle falde del Monte Carpegna (m.1415), sulle prime propaggini montane della costa Marchigiano-Romagnola, ed è solcato dal corso dei fiumi Conca e Marzocco.

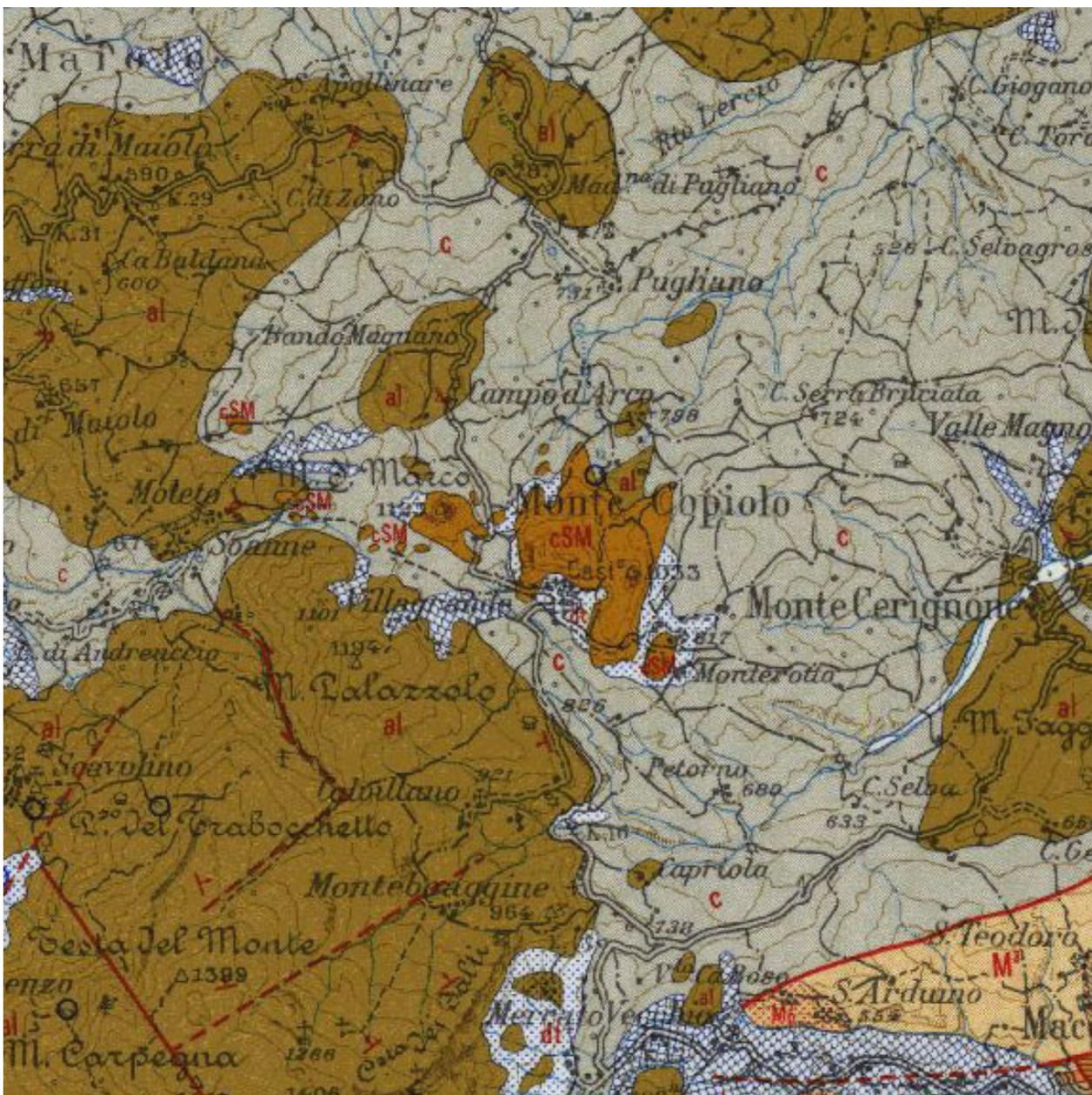


Figura 2.1: Stralcio del Foglio n°108 della Carta Geologica d'Italia comprendente l'area oggetto di studio (territorio comunale di Montecopiolo).

Morfologicamente il territorio di Montecopiolo è posto in area montana, e risulta ben marcato ed accidentato in conseguenza della diversità dei litotipi e delle formazioni geologiche che lo compongono.

Più nel dettaglio, e per una maggiore chiarezza di interpretazione, il territorio comunale di Montecopiolo può essere suddiviso, dal punto di vista geomorfologico, in tre distinte aree:

- *l'area settentrionale* del territorio comunale (Rancaliccio – Pugliano – Madonna di Pugliano) nella quale predominano litologie aventi granulometria fine e finissima;
- *l'area centrale* del territorio comunale (Villagrande di Montecopiolo, Santa Rita e Cà Moneta) dove affiorano i litotipi lapidei calcarei e calcareo-arenacei della Formazione di San Marino, generalmente compatti ed organizzati in blocchi;
- *l'area meridionale* del territorio comunale (Petorno, Serra Nanni, Monte Boaggine, Cisterna) nella quale sono rinvenibili litologie compatte, di natura calcarea, organizzate in strati, rappresentate dai terreni della Formazione di Monte Morello.

2.2 INQUADRAMENTO TETTONICO

Le caratteristiche della tettogenesi dell'area di studio vanno ricercate ed inquadrare in scala regionale. Il territorio del comune di Montecopiolo ricade nella fascia di affioramento della colata gravitativa della Valmarecchia, che rappresenta l'elemento tettonico più importante dell'area; i terreni affioranti appartengono al complesso alloctono Tosco-Emiliano, denominato nella geologia regionale "*Complesso caotico eterogeneo*" (vedi Figura 3.2).

Studi effettuati in quest'area indicano che la "coltre" si è messa in posto in un periodo abbastanza breve e come un corpo unitario. La presenza di un sistema di embricazioni tettoniche e sovrascorrimenti delimitati da faglie inverse listriche vergenti a NE sono la fase finale di una tettonica compressiva piuttosto complessa.

Risulta importante sottolineare che la messa in posto della "coltre" è definita dalla tettonica che ha dislocato il substrato, a vari livelli, con produzione di falde e sovrascorrimenti il cui impilamento ha portato alla formazione dell'Appennino Settentrionale.



Figura 3.2: Schema tettonico del Foglio n°109 della Carta Geologica d'Italia, con individuata l'area di studio (territorio del comune di Montecopiolo).

2.3 **MODELLO GEOLOGICO DELL'AREA DI STUDIO**

Come su detto, la storia geologica del territorio comunale di Montecopiolo è legata ad un particolare fenomeno geodinamico chiamato "Coltre della Val Marecchia", che contraddistingue la fascia di Appennino compresa tra i fiumi Savio e Conca. Dal Cretacico al Pliocene si sono susseguiti e alternati fenomeni tettonici, movimenti complessi della crosta terrestre, che hanno determinato lo spostamento di terreni che si sono formati in zone assai diverse dalle attuali.

I terreni della Coltre della Val Marecchia per questo motivo sono detti "alloctoni". Sono invece detti "autoctoni" i terreni che trovano in posizioni immutate o solo leggermente spostate rispetto a quelle originarie di sedimentazione.

2.4 **FORMAZIONI PRESENTI NEL TERRITORIO COMUNALE**

In geologia con il termine "formazione", si indica un insieme di rocce affioranti in una determinata area dotate di comuni caratteristiche.

In generale le caratteristiche che sono considerate sono:

- età della roccia;
- composizione litologica e mineralogica;
- contenuto in fossili.

Esistono anche altri criteri, come l'aspetto, il colore o altre caratteristiche che possono facilitare l'identificazione di una formazione.

Il nome che è dato ad una formazione può derivare oltre che dall'aspetto litologico e dal contenuto in fossili, anche dalla località tipica in cui la formazione affiora.

Nel territorio del Comune di Montecopiolo affiorano diverse formazioni che sono divisibili in gruppi secondo considerazioni legate all'età ed alla storia geologica (vedi Cap. 3.3):

Unità Alloctone Liguri: sono i terreni più antichi tra quelli affioranti nel territorio comunale e si sono depositati in un antico bacino marino detto "Oceano Ligure Piemontese".

- Argille Varicolori della Val Marecchia
- Formazione di Monte Morello
- Formazione di Sillano

Unità Alloctone Epiliguri: Anche questi terreni sono alloctoni e si sono depositati in diverse fasi al di sopra delle unità Liguri. Nel territorio comunale si distinguono:

- Formazione di San Marino (*Langhiano – Serravalliano inf.*, età 16,5-15,5 milioni di anni)

Di seguito si riporta una descrizione sintetica delle Formazioni sopra elencate, rinvenibili nel territorio del Comune di Montecopiolo:

Argille Varicolori della Val Marecchia - sono costituite da argille di colore molto variabile. Il colore predominante è il grigio, con frequenti variazioni di tonalità, fino al rosso mattone. L'estesa fratturazione che suddivide le argille in scaglie di dimensioni millimetriche o centimetriche, determinandone il caratteristico aspetto, è l'eredità della tormentata storia geologica, così come la presenza di blocchi rocciosi di varie dimensioni e natura (calcari, calcari marnosi, marne e arenarie). Le Argille Varicolori della Val Marecchia, note anche come Argille scagliose, hanno un'età che va dal Cretacico all'Eocene inferiore e si sono depositate in un mare profondo, al di sopra della crosta basaltica di un antico Oceano. I Fossili sono rari, mentre le specie mineralogiche sono numerose (pirite, marcasite, calcite, barite, manganese, ecc...).

Formazione di Monte Morello – Si rinviene in larga parte del territorio comunale di Montecopiolo e presenta un'ampia varietà di litologie, che va da calcari biancastri con selce nera in livelli sottili, ad arenarie torbiditiche brune, calcari marnosi giallastri e grigi e marne ed argille grigio azzurre. I processi deformativi tettonici hanno fratturato e smembrato i calcari, le arenarie, ed i calcari marnosi e ridotto in scaglie e le marne e le argilliti. La Formazione di Monte Morello, nota anche come “Alberese”, risale all'Eocene medio e superiore e si è originata in un ambiente di piana sottomarina con profondità variabile. I fossili sono scarsi e si limitano a nummuliti (foramminiferi tipici dell'inizio dell'era Terziaria) e a tracce di organismi fossili. Sono invece abbondanti i minerali, come la calcite e la pirite.

Formazione di Sillano – si tratta di depositi pelagici e torbiditici di piana bacinale, costituiti da peliti e siltiti fogliettate, di colore variabile (grigio scuro, nerastro, marrone, ocre o verdastro), intercalate a calcari, spesso silicei, e calcari marnosi a grana fine e finissima, in strati da sottili a molto spessi, di colore nocciola, giallastri o verdini in superficie alterata, grigio chiari in superficie fresca. I livelli calcarei si presentano talora con fratturazione ad incudine. Sono frequenti anche strati gradati calcarenitici, da sottili a spessi, di colore grigio scuro e marrone all'alterazione. Tutti i litotipi presenti, a causa della complessa evoluzione tettonica cui sono stati sottoposti, si presentano intensamente deformati. La Formazione di Sillano è datata Cretaceo – Eocene Inf.

Formazione di San Marino – costituita, nell’area di studio, da calcari organogeni di colore grigio-biancastro, in banchi spessi più di un metro, che passano a biocalcareni di colore grigio-giallastro ed arenarie di colore giallastro. I litotipi della Formazione di San Marino, nell’area in esame, risultano intensamente fratturati a causa della loro tormentata evoluzione tettonica, con discontinuità molto diffuse ed a tratti di dimensioni ragguardevoli, spesso riempite da materiale residuale e da concrezioni carbonatiche o in molti casi beanti. L’ambiente di deposizione dei terreni della formazione di San Marino è un ambiente di mare poco profondo, evolutosi in bacino via via più profondo. La Formazione di San Marino è datata Serravalliano inferiore – Burdigaliano.

2.5 IDROLOGIA E IDROGEOLOGIA DEL TERRITORIO COMUNALE

La rete idrografica superficiale è segnata dalle sorgenti del Torrente Conca sul Monte Carpegna (appena fuori dal territorio comunale) per un tratto di circa 5,0 km sul lato Sud, con direzione di scorrimento da Ovest verso Nord-Est.

La pendenza del primo tratto risulta essere di circa il 16% in concomitanza con la litologia della Formazione di Monte Morello e tende ad essere maggiormente acclive per la non facile erodibilità; dove questo corso d’acqua incontra la Formazione di Sillano la pendenza si addolcisce con tendenza all’accumulo dei materiali più grossolani per la diminuzione dell’energia idraulica delle acque.

Altro elemento idrografico di una certa importanza risulta il Torrente Mazzocco, situato nella zona Nord del territorio del comune di Montecopiolo. Questo risulta impostato quasi interamente sui litotipi argillosi della Formazione di Sillano, e presenta un regime spiccatamente torrentizio con portate minime e pressoché assenti nella stagione più calda, che si contrappongono a piene improvvise, forti e di breve durata, in coincidenza di fenomeni piovosi intensi.

Le incisioni laterali formano la rete idrografica in ringiovanimento, con corsi brevi e tortuosi; i fossi ed i corsi d’acqua minori hanno un alto potere erosivo che si attua specialmente durante le precipitazioni di maggiore intensità e di breve durata, manifestandosi in maniera ancor più accentuata nelle zone caratterizzate da litologia a predominanza argillosa.

Per quanto riguarda l’idrologia profonda, la presenza di serbatoi idrici sotterranei condiziona l’alimentazione di sorgenti e fiumi. Risulta evidente che il movimento delle acque sotterranee si svolge per la diversa permeabilità delle rocce e per il conseguente gradiente idraulico esistente. La diversa permeabilità delle rocce permette di classificarle in diverse serie idrogeologiche: le serie idrogeologiche più permeabili (formazione di San Marino e formazione di Monte Morello, con permeabilità medio-alta per fessurazione) costituiscono l’acquifero assumendo funzione di trasferimento, stoccag-

gio e relativa restituzione dell'elemento liquido. In posizione stratigrafica inferiore ai precedenti troviamo la formazione di Sillano, definita "impermeabile per la sua natura argillosa, che tampona la circolazione idrica creando un limite idrogeologico per diversa permeabilità e determinando la comparsa di svariate sorgenti idriche sparse nel territorio comunale.

3 LE SORGENTI SISMOGENETICHE MARCHIGIANE

L'attività sismica registrata nell'area marchigiana in epoca storica testimonia un'attività tettonica ancora in atto che interessa la zona appenninica, pre-appenninica e costiera.

La distribuzione degli epicentri e ipocentri degli eventi sismici ed i meccanismi focali associati indicano che l'area umbro-marchigiana è sottoposta ad un regime estensionale con direzione SW-NE, che si differenzia dalla fascia costiera adriatica caratterizzata da un regime tettonico compressivo, anch'esso con direzione SW-NE.

Nella sottostante figura 3.1 è riportato uno stralcio, con in evidenza il territorio di Montecopiolo, del progetto DISS (Database of Individual Seismogenic Sources; <http://diss.rm.ingv.it/diss/>; DISS Working Group, 2010) dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).

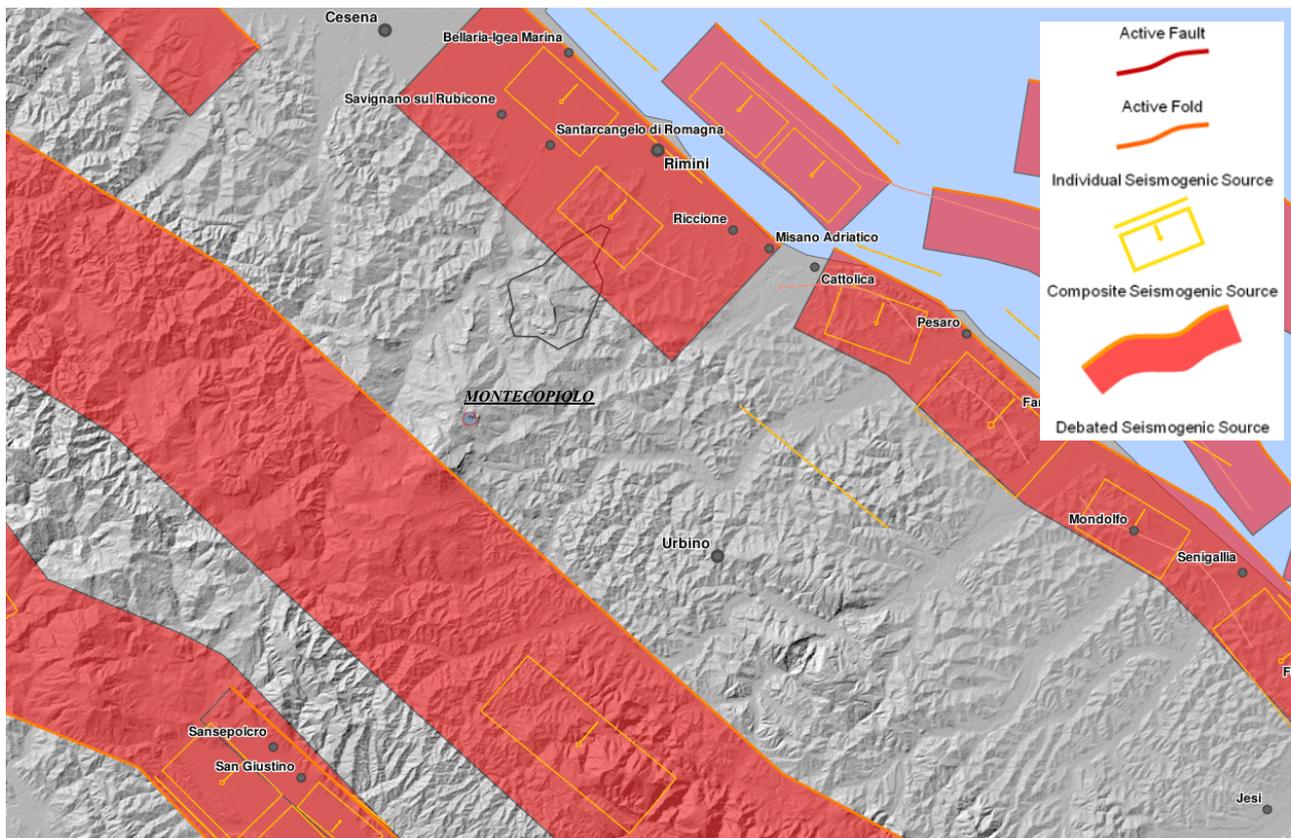


Figura 3.1: Stralcio della cartografia del progetto DISS in cui sono evidenziate le sorgenti sismogenetiche individuali e quelle composite più vicine al territorio oggetto di studio (territorio del Comune di Montecopiolo).

Tale studio individua nell'area marchigiana:

- *10 sorgenti sismogenetiche individuali*, ovvero strutture geologiche in grado di generare, ripetitivamente ed esclusivamente, il terremoto massimo a essa associato;
- *5 sorgenti sismogenetiche composite*, ovvero un insieme di strutture geologiche aventi tra loro caratteristiche geometriche e cinematiche comuni (quali profondità, direzione, immersione, verso e pendenza), potenzialmente in grado di generare terremoti di magnitudo maggiore di 5,5.

Di seguito vengono descritte con maggior dettaglio le sorgenti sismogenetiche individuali del territorio marchigiano:

- *Mondolfo - ITIS024*: La sorgente sismogenetica Mondolfo, responsabile del terremoto che ha interessato l'area costiera tra Fano e Senigallia il 2 gennaio 1924 (Me 5.3), è legata all'attuale crescita dell'anticlinale costiera evidenziata dalle deformazioni che interessano i terrazzi fluviali e costieri quaternari.
- *Conero offshore - ITIS029*: Questa sorgente sismogenetica è associata al terremoto di Ancona del 1690 (Me 5.3). La sorgente è legata a un sovrascorrimento sepolto nell'avanfossa adriatica a largo del Monte Conero.
- *Senigallia - ITIS030*: Si ritiene che il terremoto che ha colpito Senigallia il 30 ottobre 1930 (Me 5.9) sia legato a questa sorgente sismogenetica, anch'essa facente parte delle strutture derivare dal corrugamento dell'anticlinale costiera.
- *Fano Ardizio - ITIS031*: La sorgente sismogenetica Fano Ardizio interessa il tratto di costa compreso tra Pesaro e Fano. Anche in questo caso vengono individuate anomalie di drenaggio e deformazioni nei terrazzi fluviali e costieri, in relazione con l'attività di crescita dell'anticlinale costiera (Vannoli et al. 2004). Quest'area non risulta interessata da terremoti registrati nei cataloghi sismici, tuttavia recenti studi (Guidoboni e Comastri 2005) evidenziano la possibilità che questa sorgente sismogenetica possa essere responsabile di un terremoto con effetti che ha interessato l'area tra Fano e Senigallia nel 1303.
- *Pesaro San Bartolo - ITIS032*: Questa sorgente sismogenetica, che interessa il tratto di costa compreso tra Gabicce Mare e Pesaro, è anch'essa legata alla crescita dell'anticlinale costiera mostrando le caratteristiche anomalie di drenaggio e deformazioni dei terrazzi fluviali e costieri (Bally et al. 1986). Tuttavia non si registra in epoca storica (ultimi anni circa) alcun evento sismico riconducibile a questa sorgente.

- Cagli - ITIS047: La sorgente sismogenetica Cagli è associata al terremoto di Cagli del 1781 (Me 6.2). Essa è stata individuata su una rampa profonda del sovrascorrimento principale che nei settori orientali è responsabile della crescita dell'anticlinale costiera.
- Fabriano - ITIS048: Responsabile del terremoto di Fabriano del 1741 (Me 6.2), anche questa sorgente sismogenetica è stata individuata su una rampa profonda del sovrascorrimento principale che nei settori orientali è responsabile della crescita dell'anticlinale costiera.

Sono riportate di seguito le principali sorgenti sismogenetiche composite dell'area marchigiana (<http://diss.rm.ingv.it/diss/> e referenze contenute).

- Conero Onshore - ITCS008: Questa sorgente sismogenetica composta è stata definita attraverso considerazioni geologiche generali e in accordo con quelle delle sorgenti adiacenti. Il sovrascorrimento associato alla sorgente areale Conero Onshore è un elemento tettonico attivo del prisma appenninico.
- Conero Offshore - ITCS031: La sorgente Conero Offshore si allinea a uno dei fronti principali del prisma appenninico in Adriatico.
- Pesaro Senigallia - ITCS032: La sorgente Pesaro Senigallia si colloca lungo la direzione del sovrascorrimento responsabile della crescita dell'anticlinale costiera sul tratto di costa tra Pesaro e Senigallia.
- Pesaro Senigallia Offshore - ITCS043: Dati storici e strumentali (Boschi et al. 2000; Gruppo di Lavoro CPTI 2004; Pondrelli et al. 2006; Guidoboni et al. 2007) evidenziano come tale sorgente sia caratterizzata da una rara sismicità di tipo intermedio.
- Northern Apennines - ITSA027: La sorgente composta Northern Apennines si colloca a ovest del sovrascorrimento responsabile della crescita dell'anticlinale costiera. I terremoti a essa associati sono prodotti dall'attivazione delle rampe profonde di tale elemento tettonico.

4 PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE DELL'AREA DI STUDIO

Con l'OPCM n°3274 del 2003 ("*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e norme tecniche per le costruzioni in zona sismica*") si è dato il via ad una riclassificazione sismica del territorio italiano, in sostituzione a quella in vigore dal 1974 (legge 2 febbraio 1974, n. 64) ritenuta obsoleta.

L'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) ha riconosciuto nel territorio nazionale, 4 fasce a pericolosità sismica di base omogenea, in base al diverso grado di accelerazione sismica massima orizzontale (a_g), espressa in frazione dell'accelerazione gravitazionale ($g = 9,81 \text{ m/sec}^2$), riferita al substrato sismico rigido convenzionalmente caratterizzato da velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio maggiori di 800 m/sec ($V_s > 800 \text{ m/sec}$).

La riclassificazione sismica della Regione Marche (DGR n°1046/2003 e DGR n°136/2004) vede la quasi totalità del territorio regionale classificato in zona sismica 2, alla quale viene attribuito un valore di accelerazione orizzontale a_g compreso tra 0,15g e 0,25g con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Figura 4.1).

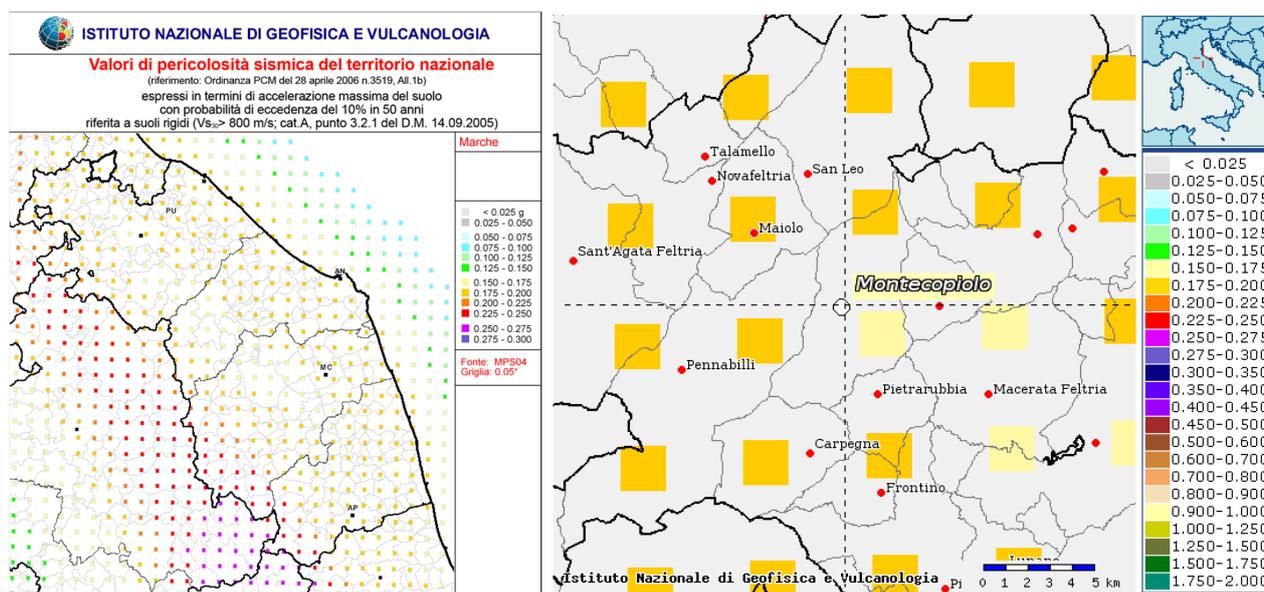


Figura 4.1: A sinistra è riportata la classificazione sismica sito dipendente della Regione Marche. A destra il dettaglio del territorio di studio che mostra un'accelerazione massima di base $a_g = 0.175\text{-}0.200 \text{ g}$ (riferita al substrato geologico rigido), con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (da: <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>).

Anche il Comune di Montecopiolo ricade in zona sismica 2 con $a_g = 0,175\text{-}0,200\text{g}$ (riferita al substrato geologico rigido) e probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni.

La storia sismica del comune di Montecopiolo è accessibile consultando il Database Macrosismico Italiano 2015 (DBMI15; <https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>; Locati et al. 2011) dell'INGV, da cui è possibile riconoscere i principali eventi sismici censiti in epoca storica, che hanno interessato un determinato territorio.

In figura 4.2 sono riportati i principali terremoti percepiti nel territorio del comune di Montecopiolo, insieme all'intensità registrata a Montecopiolo (I[MCS]), la data dell'evento (Data), l'area epicentrale (Ax), l'intensità nella zona d'epicentro (Io) e la magnitudo momento (Mw).

Si evidenzia come il comune di Montecopiolo sia stato interessato in epoca storica da numerosi eventi di Intensità uguale o superiore a 6 (MCS) e magnitudo momento maggiore di 5.

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
NF	1969	09	26	23	40	3	Teramano	97	5	4.39
NF	1971	10	04	16	43	3	Valnerina	43	5-6	4.51
NF	1972	10	25	21	56	1	Appennino settentrionale	198	5	4.87
4	1987	07	03	10	21	5	Costa Marchigiana	359	7	5.06
5	1987	07	05	13	12	3	Montefeltro	90	6	4.44
3-4	1989	07	09	03	54	3	Montefeltro	48	5	4.09
5	1990	05	08	22	33	1	Alta Valtiberina	64	5	3.77

Figura 4.2: Censimento dei terremoti da cataloghi storici e strumentali in ordine cronologico che hanno interessato l'area del Comune di Montecopiolo (da: <https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>).

5 DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

Gli studi di Microzonazione Sismica di livello 1 e 2 fondano le loro basi sulla quantità, tipologia e qualità dei dati geologici pregressi disponibili nel territorio di interesse. Lo studio infatti, prevede la raccolta delle indagini geognostiche eseguite nel corso degli anni a corredo di progetti urbanisti ed edilizi, reperite presso gli archivi dell'Ufficio Tecnico del Comune, presso colleghi geologi ed eseguite ad hoc dallo scrivente in funzione dello studio di Microzonazione Sismica di livello 1 e del presente aggiornamento/approfondimento di Livello 2 (n°9 misure di sismica passiva HVSR e n°5 indagini sismiche di tipo MASW).

Le indagini geognostiche raccolte sono state selezionate e catalogate andando a formare un dettagliato database (una scheda di ogni indagine reperita è disponibile nel database elettronico e nei file pdf all'interno della cartella "indagini" presente nell'allegato elettronico) in conformità agli standard di archiviazione previsti e sono riassunte nella seguente tabella.

CLASSE	TIPO	SIMBOLO – SIGLA	NUMERO
<i>Indagini Puntuali</i>			
GS	Prova penetrometrica statica con punta meccanica	 CPT	2
GS	Prova penetrometrica dinamica leggera	 DL	5
GS	Prova penetrometrica dinamica media	 DN	17
GS	Prova penetrometrica dinamica pesante	 DP	31
GS	Prova penetrometrica dinamica super pesante	 DS	8
GF	Misura microtremore a stazione singola	 HVSR	20
GG	Sondaggio a carotaggio continuo che intercetta il substrato	 SS	10
GG	Sondaggio a distruzione di nucleo che intercetta il substrato	 SDS	7
GG	Trincea o pozzetto esplorativo	 T	4
<i>Indagini Lineari</i>			
GF	Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW)	 MASW	6
TOTALE			110

Tra le indagini reperite, i sondaggi geognostici hanno rappresentato una fondamentale fonte di informazioni, andando ad interessare tutte le aree maggiormente urbanizzate del territorio Comunale.

L'analisi dei rapporti di ogni singola prova ha reso possibile la modellizzazione dettagliata delle aree di studio, permettendo di discriminare la natura delle coperture quaternarie, di stimare il loro

grado di coesione o addensamento, ed i loro spessori identificando la profondità dei contatti con il substrato geologico.

Le indagini penetrometriche statiche (CPT) e dinamiche (DL, DN, DP e DS) reperite, sono state principalmente utilizzate allo scopo di determinare la profondità dal piano campagna del substrato geologico, in quelle aree dove la presenza di sondaggi geognostici era scarsa o assente. Inoltre, in correlazione con i sondaggi geognostici reperiti, sono state utilizzate per la determinazione dello stato di coesione o addensamento dei depositi quaternari.

Le indagini di misura di rumore sismico ambientale (HVSr) reperite ed eseguite ad hoc, mostrano una certa coerenza con le condizioni geo-litologiche del sito: si pone l'attenzione sul fatto che picchi di frequenza in un intorno di 3.5-4.5 Hz vengono evidenziati da molte delle misurazioni eseguite a dimostrazione della possibile presenza di un contrasto di impedenza relativamente profondo (interno alla formazione geologica), comune a tutto il territorio studiato.

Le indagini sismiche MASW reperite ed eseguite in funzione del presente studio, interessano tutti i differenti contesti geo-litologici riscontrati nel capoluogo e nelle frazioni, evidenziando che:

- nella microzona omogenea zona 1 (codice 2001) i terreni indagati presentano velocità delle onde di taglio S inferiori a 800 m/sec ($V_{s30} < 800$ m/sec), dove quindi si conferma l'assenza di un substrato sismico a profondità inferiore a 30 metri dal piano campagna;
- nella microzona omogenea zona 2 (codice 2002) si riscontra invece la presenza di un substrato sismico a profondità inferiore a 30 metri dal piano campagna, in quanto i terreni di substrato, rappresentati dai calcari della formazione di San Marino, presentano velocità delle onde di taglio S superiori a 800 m/sec.

6 INTERPRETAZIONE DELLE INCERTEZZE

La principale difficoltà nel redigere lo studio di Microzonazione Sismica di livello 1 o 2, risiede nella necessità di realizzare un modello in scala 1:10.000 (o 1:5.000) di un dato territorio, partendo da dati puntuali.

Tale modello è principalmente geologico-litotecnico negli studi di livello 1 e si basa principalmente su indagini geognostiche (sondaggi, penetrometrie, etc.) pregresse o realizzate ad hoc; negli studi di livello 2, sulla base di indagini sismiche (principalmente HVSR e MASW) viene realizzato un modello di microzonazione sismica in cui il territorio viene diviso sulla base di fattori di amplificazione (FA) sismica.

Si rende necessaria quindi un'importante elaborazione ed interpolazione dei dati al fine di creare un modello che, nelle aree ricche di indagini pregresse sarà quantomeno simile alla realtà, ma che diventa incerto nelle aree povere di indagini.

L'incertezza risiede nel riuscire a collimare il modello geologico – litotecnico (livello 1) con il modello “sismico” (livello 2).

Per quanto riguarda il territorio comunale di Montecopiolo, le principali difficoltà sono state appunto nell'interpretazione dei dati HVSR in relazione alla geologia locale, allo scopo di fornire una carta di microzonazione sismica (livello 2) il più attendibile possibile: più in dettaglio, per la microzona omogenea in prospettiva sismica (MOPS) zona 1 (codice 2001), i dati sono relativamente omogenei, mostrando nella maggior parte dei casi amplificazioni per frequenze nell'ordine dei 3,00÷4,50 Hz e, in limitati casi, nessuna amplificazione sismica; le misure HVSR eseguite nella microzona omogenea in prospettiva sismica (MOPS) zona 2 (codice 2002), caratterizzata dalla presenza di terreni calcarei compatti sottostanti una coltre di copertura di natura detritica e/o eluvio-colluviale, mostrano invece dei picchi di amplificazione per frequenze comprese tra i 2,00 ed i 3,00 Hz, indicativi di contrasti di impedenza piuttosto profondi e probabilmente da imputare al contatto stratigrafico tra i litotipi calcarei della formazione di San Marino ed i sottostanti terreni, prevalentemente pelitici, ascrivibili alla formazione delle Argille Varicolori.

Per i relativi fattori di amplificazione delle diverse MOPS si rimanda ai successivi capitoli; in questa sede si vuole evidenziare che le scelte interpretative effettuate per le MOPS zona 1 e zona 2, tendono a sovrastimare il fattore di amplificazione (FA) per le onde sismiche con periodi compresi tra 0.1 e 0.5 secondi (di maggiore interesse per l'abitato di Montecopiolo) ed a sottostimare il fattore di amplificazione per le onde con periodi compresi tra 0.7 e 1.1 secondi.

7 METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI

Come già esposto in premessa lo studio di Microzonazione Sismica (MS) di Livello 1 del Comune di Montecopiolo (anno 2018) è stato condotto all'interno di perimetri concordati con l'Amministrazione Comunale tenendo conto della densità di popolazione, del tessuto urbanistico esistente, delle aree di futura espansione, nonché delle zone di interesse per le finalità di protezione civile e della disponibilità delle indagini esistenti.

Con la MS di livello 2 si è provveduto alla revisione ed aggiornamento della MS di livello 1 sulla base dei nuovi standard 4.1, tenendo conto delle ulteriori indagini geofisiche reperite e di quelle integrative appositamente eseguite nel corso dello studio.

Lo studio ha comportato quindi l'aggiornamento a delle cartografie di 1° livello, ovvero della carta delle indagini, della carta geologico-tecnica, della carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS) e delle sezioni litotecniche. Il tutto attraverso:

- ✓ la raccolta, all'interno del database messo a disposizione dal Dipartimento la Protezione Civile, di tutti i dati di indagini geognostiche pregresse reperiti e la realizzazione di alcune indagini integrative per le finalità dello studio di MS di livello 2;
- ✓ la consultazione degli strumenti cartografici e urbanistici indicati negli standard per la microzonazione sostanzialmente riferibili alla cartografia geologica CARG della Regione Marche, alla cartografia degli Inventari dei Fenomeni Franosi in Italia (Progetto IFFI), alla cartografia del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI) del Comune di Montecopiolo, alla cartografia geologica e geomorfologica di PRG.

Per l'archiviazione informatica dei dati raccolti è stato utilizzato il software SoftMS (versione 4.1) specificatamente elaborato dalla "Commissione tecnica per la Microzonazione Sismica (articolo 5, comma 7 dell'O.P.C.M. 13 novembre 2010, n. 3907)".

Riguardo alle indagini la metodologia di studio ha comportato l'utilizzo dei dati evitando la sovrapposizione, quando possibile, di informazioni analoghe.

La base cartografica di rappresentazione delle informazioni è la CTR della Regione Marche alla scala 1:10.000.

8 MICROZONAZIONE SISMICA DI 1° LIVELLO: ELABORATI CARTOGRAFICI

Lo studio di microzonazione sismica di 1° livello prevede la realizzazione delle seguenti cartografie tematiche allegate alla presente relazione illustrativa:

- Carta delle Indagini (scala 1:10.000);
- Carta Geologico - Tecnica (scala 1:10.000);
- Sezioni Litotecniche (scala 1:2.000);
- Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (scala 1:10.000).

8.1 CARTA DELLE INDAGINI

Lo studio di Microzonazione Sismica di 1° livello fonda le sue basi sulla quantità, tipologia e qualità dei dati geologici pregressi disponibili nel territorio di interesse.

Lo studio, infatti, prevede la raccolta delle indagini geognostiche eseguite nel corso degli anni, a corredo di progetti urbanisti ed edilizi, reperite presso gli archivi dell'Ufficio Tecnico del Comune, presso colleghi geologi, o eseguite ad hoc in funzione del presente lavoro.

Le indagini geognostiche raccolte sono state selezionate e catalogate andando a formare un dettagliato database (presente tra gli allegati elettronici del lavoro) in conformità agli standard di archiviazione previsti.

Oltre alle indagini reperite ed eseguite, i nuovi standard 4.1 hanno previsto l'inserimento di *logs* stratigrafici fittizi per ogni poligono di zona stabile o stabile suscettibile di amplificazioni locali della Carta delle MOPS.

Di seguito sono riportate in tabella il numero e la tipologia di indagini pregresse, fittizie ed eseguite durante l'esecuzione degli studi di livello 1 e livello 2.

CLASSE	TIPO	SIMBOLO – SIGLA	NUMERO
Indagini Puntuali			
GS	Prova penetrometrica statica con punta meccanica	 CPT	2
GS	Prova penetrometrica dinamica leggera	 DL	5
GS	Prova penetrometrica dinamica media	 DN	17
GS	Prova penetrometrica dinamica pesante	 DP	31
GS	Prova penetrometrica dinamica super pesante	 DS	8
GF	Misura microtremore a stazione singola	 HVSr	20
GG	Sondaggio a carotaggio continuo che intercetta il substrato	 SS	10
GG	Sondaggio a distruzione di nucleo che intercetta il substrato	 SDS	7
GG	Trincea o pozzetto esplorativo	 T	4
EL	Stratigrafia zona MS (teorica)	 SMS	3
Indagini Lineari			
GF	Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW)	 MASW	6
TOTALE			113

Ogni indagine geognostica raccolta ed elaborata viene mostrata con l'opportuna simbologia e la corretta ubicazione nella carta delle indagini: una carta tematica su base CTR (scala 1:10.000) che fornisce una visione d'insieme della densità delle indagini e della loro distribuzione all'interno del territorio oggetto di microzonazione.

8.2 CARTA GEOLOGICO-TECNICA

La Carta geologico-tecnica per la microzonazione sismica riporta tutte le informazioni di base relativamente a geologia, geomorfologia, caratteristiche litotecniche, ed idrogeologiche dell'area di studio. La Carta geologico-tecnica è stata realizzata con software GIS, alla scala 1:10.000, in conformità alle linee guida nazionali e agli standard previsti per l'informatizzazione e la rappresentazione dei dati (standard 4.1).

Per la realizzazione della carta è stata usata, come base di riferimento, la cartografia geologica e geomorfologica del Progetto CARG (rispettivamente sez. 266160, 267090, e 267130 della carta geologica, alla scala 1:10.000). La cartografia di riferimento utilizzata è stata opportunamente modificata

sulla base dei dati geologici e stratigrafici reperiti dalle indagini elaborate durante la realizzazione del database a corredo della Carta delle Indagini, nonché sulla base degli studi aereofotogrammetrici e dei rilievi di campagna eseguiti durante lo svolgimento dello studio.

Le unità geologiche tecniche riconosciute sono state divise in terreni di copertura e substrato geologico secondo la classificazione USCS (Unified Soil Classification System - ASTM, 1985), come prescritto dagli standard.

Sono state cartografate le instabilità di versante, a base prevalentemente desunta dal PAI dell'Autorità Interregionale di Bacino Marecchia-Conca, con distinzione dello stato di attività e della tipologia di movimento.

Sono state inoltre cartografate le forme di superficie (falde detritiche).

Infine tra gli elementi geologici e idrologici sono state cartografate la giacitura degli strati, in corrispondenza degli affioramenti del substrato marino e l'indicazione dei sondaggi con le relative profondità previste dagli standard di rappresentazione.

Sono inoltre rappresentate le tracce delle tre Sezioni Litotecniche elaborate.

8.3 SEZIONI LITOTECNICHE

Sono state elaborate n°3 sezioni litotecniche denominate Sezione 1, Sezione 2 e Sezione 3.

- la Sezione 1 interessa l'abitato di Villagrande (sede del Municipio del Comune di Montecopiolo), il Castello di Montecopiolo e la frazione abitata di Cà Moneta/Santa Rita;
- la Sezione 2 interessa le frazioni di Rancaliccio e Madonna di Pugliano;
- la Sezione 3 interessa le frazioni di Cisterna e Calvillano/Monte Boaggine.

Le tre sezioni elaborate, riportate nell'elaborato grafico Sezioni Litotecniche alla scala 1:2.000, sono considerate le più significative in funzione delle caratteristiche geologiche e geomorfologiche del territorio di Montecopiolo.

8.4 CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA

La Carta delle MOPS costituisce il documento fondamentale di uno studio di Microzonazione Sismica di 1° livello.

Nella carta in scala 1:10.000 sono rappresentate le microzone considerate omogenee da un punto di vista geo-litologico, per le quali è possibile ipotizzare un'omogenea suscettibilità a fenomeni di amplificazione sismica locale e quindi un'omogenea risposta in caso di evento sismico.

Le microzone omogenee sono state riconosciute sulla base di attente valutazioni ed analisi dei dati geologici, geomorfologici e geofisici raccolti.

Le Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica vengono classificate in 3 diverse categorie:

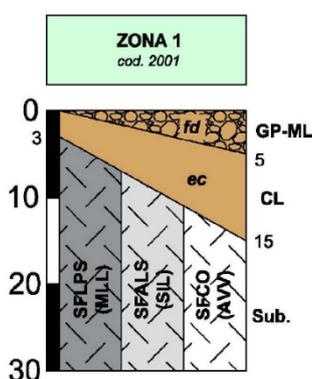
- **zone stabili**, per le quali vengono esclusi effetti di amplificazione sismica locale a causa di un substrato geologico rigido affiorante o sub-affiorante ed una morfologia pianeggiante o poco inclinata;
- **zone stabili ma suscettibili di amplificazioni locali**, per le quali sono attese amplificazioni del moto sismico, come effetto dell'assetto litostratigrafico e morfologico locale;
- **zone suscettibili di instabilità**, per quali gli effetti sismici attesi e predominanti sono riconducibili a deformazioni permanenti del territorio (instabilità di versante, liquefazioni, ecc.).

Nel territorio indagato del Comune di Montecopiolo non sono state riconosciute **Zone stabili** non suscettibili di amplificazioni sismiche, in quanto il substrato geologico è in larga parte costituito da rocce tenere e/o rocce fortemente fratturate, con velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio $V_s < 800$ m/sec, pertanto non può essere considerato un substrato rigido o substrato sismico.

Inoltre dove il substrato geologico è affiorante o sub-affiorante, è in genere caratterizzato da una fascia di alterazione al tetto dello spessore da poche decine di centimetri a qualche metro.

Queste considerazioni sono avvalorate dalle numerose indagini di sismica passiva (HVSr) eseguite e raccolte, che evidenziano possibili amplificazioni sismiche locali.

Nelle aree urbanizzate e di espansione oggetto di studio sono state invece riconosciute 3 diverse **Microzone Omogenee stabili ma suscettibili di amplificazioni sismiche locali**, descritte di seguito:



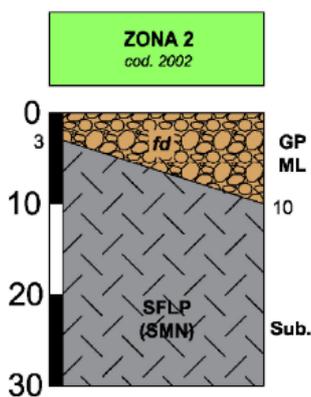
ZONA 1

Costituisce le zone caratterizzate dalla presenza di depositi quaternari fini, prevalentemente limoso-argillosi, di natura eluvio colluviale (ec) e depositi quaternari più grossolani di natura detritica (fd), che presentano uno spessore variabile da 3 a 15 metri ed ai quali segue il substrato geologico, attribuibile alle diverse formazioni alloctone Liguri: Formazione di Monte Morello (MLL), Formazione di Sillano (SIL), Formazione delle Argille

Varicolori (AVV). Le misure di sismica passiva (HVSr) evidenziano modesti fenomeni di impedenza, imputabili probabilmente al contatto tra i depositi di copertura ed i terreni di substrato ed indotti dalla differente velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio, marcatamente inferiori nei terreni di copertura rispetto a quelle dei terreni di substrato, e che potrebbero suscitare fenomeni di amplificazione locale in caso di evento sismico.

A seguire si riporta, come da istruzioni del Servizio Protezione Civile della Regione Marche (*Tabella colonnine MOps*), la tabella che esplicita la successione degli strati e la variabilità di profondità e spessori degli stessi per la Zona 1 (cod. 2001):

id_mops	tipo_gt	top_min	top_max	bot_min	bot_max	ordine	spessore_min	spessore_max	vs_min	vs_max	vs_mean	lente	%lente_su str.principale
0410332001	GP-ML	0	0	0	5	1	0	5	200	240	220	0	-1
0410332001	CL	0	5	3	15	1	3	10	260	280	270	0	-1
0410332001	SFLPS	3	15	30	-1	2	27	-1	500	750	650	0	-1
0410332001	SFALS	3	15	30	-1	2	27	-1	440	650	600	0	-1
0410332001	SFCO	3	15	30	-1	2	27	-1	380	750	600	0	-1

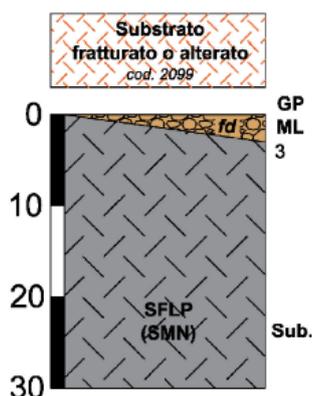


ZONA 2

Questa zona è rappresentata dalla presenza in superficie di depositi quarternari di natura detritica, prevalentemente grossolani in matrice limoso-argillosa, con spessori variabili da 3 a 10 metri, posti al di sopra del substrato geologico lapideo fratturato o alterato (SFLP), rappresentato dalla Formazione di San Marino (SMN). La velocità delle onde sismiche di taglio dei depositi di copertura è stimabile tra 200 e 300 m/sec ed il contrasto di impedenza con i terreni profondi di substrato, caratterizzati da velocità delle onde sismiche di taglio nettamente superiori ($V_s > 800$ m/sec per i terreni della formazione di San Marino, intensamente fratturati e alterati), può anche in questo caso portare a fenomeni di amplificazione locale in caso di evento sismico.

A seguire si riporta, come da istruzioni del Servizio Protezione Civile della Regione Marche (*Tabella colonnine MOps*), la tabella che esplicita la successione degli strati e la variabilità di profondità e spessori degli stessi per la Zona 2 (cod. 2002):

id_mops	tipo_gt	top_min	top_max	bot_min	bot_max	ordine	spessore_min	spessore_max	vs_min	vs_max	vs_mean	lente	%lente_su str.principale
0410332002	GP-ML	0	0	3	10	1	3	10	200	240	220	0	-1
0410332002	SFLP	3	10	30	-1	2	27	-1	700	1200	950	0	-1



ZONA 2099

Costituisce le zone di affioramento del substrato geologico lapideo fratturato o alterato (SFLP), rappresentato dalla Formazione di San Marino (SMN). Queste condizioni sono state riscontrate in limitate aree rappresentate principalmente dal rilievo della “Roccaccia” sul quale sorgono i resti del Castello di Montecopiolo, ed il rilievo denominato “Poggio” presente nei pressi della frazione di Monterotto.

A seguire si riporta, come da istruzioni del Servizio Protezione Civile della Regione Marche (*Tabella colonnine MOPS*), la tabella che esplicita la successione degli strati e la variabilità di profondità e spessori degli stessi per la Zona 2099 (cod. 2099):

id_mops	tipo_gt	top_min	top_max	bot_min	bot_max	ordine	spessore_min	spessore_max	vs_min	vs_max	vs_mean	lente	%lente_su str.principale
0410332099	GP-ML	0	0	0	3	1	0	3	200	240	220	0	-1
0410332099	SFLP	0	3	30	-1	2	27	-1	700	1200	950	0	-1

Si precisa che tali zone, nelle quali non sono presenti fabbricati e non sono previste zone di espansione di alcun tipo, in accordo con la committenza (amministrazione comunale di Montecopiolo) non sono state oggetto di studio nel successivo livello di approfondimento di microzonazione sismica (livello 2).

Le **Zone suscettibili di instabilità**, ovvero quelle zone per le quali l'evento sismico può portare a deformazioni permanenti del territorio, riscontrate nel territorio comunale di Montecopiolo, sono tutte identificabili come zone di attenzione per instabilità di versante, ossia aree interessate da movimenti gravitativi (frane), e sono state contrassegnate/codificate in carta, sulla base della tipologia (scorrimento, colata, crollo, ecc..) e dello stato di attività (attivo, quiescente, inattivo, ecc...) del movimento franoso, con la seguente simbologia:

Zone di attenzione per instabilità

- 
 ZA FR – Zona di attenzione per instabilità di versante – Zona 1
 Cod. 3011 = Crollo o ribaltamento attivo ; Cod. 3012 = Scorrimento attivo
 Cod. 3021 = Crollo o ribaltamento quiescente ; Cod. 3022 = Scorrimento quiescente
- 
 ZA FR – Zona di attenzione per instabilità di versante – Zona 2
 Cod. 3011 = Crollo o ribaltamento attivo ; Cod. 3012 = Scorrimento attivo
 Cod. 3021 = Crollo o ribaltamento quiescente ; Cod. 3022 = Scorrimento quiescente
- 
 ZA FR – Zona di attenzione per instabilità di versante – Sub. fratturato o alterato
 Cod. 3011 = Crollo o ribaltamento attivo ; Cod. 3012 = Scorrimento attivo
 Cod. 3021 = Crollo o ribaltamento quiescente

Le analisi compiute nel territorio hanno permesso di escludere possibili fenomeni di liquefazione alla scala del rilevamento; d'altro canto l'eterogeneità dei sondaggi analizzati e le eteropie laterali riscontrate nei depositi, non permettono di escludere che in alcune aree limitate e circoscritte i depositi siano caratterizzati da una curva granulometrica tale da essere classificati come suscettibili di liquefazione.

Alla stessa maniera non sono state riscontrate criticità riguardanti possibili cedimenti differenziali nel territorio analizzato.

Si esclude inoltre la presenza di faglie attive e/o capaci all'interno del territorio comunale.

9 MICROZONAZIONE SISMICA DI 2° LIVELLO: ELABORATI CARTOGRAFICI

Con lo studio di Microzonazione Sismica (MS) di Livello 2 l'obiettivo prefissato è stato quello di compensare alcune incertezze del Livello 1 con approfondimenti conoscitivi e fornire quantificazioni numeriche, con metodi semplificati (abachi e leggi empiriche), della modificazione locale del moto sismico in superficie (zone stabili suscettibili di amplificazioni locali) e dei fenomeni di deformazione permanente (zone suscettibili di instabilità).

Lo studio oltre alla revisione delle indagini pregresse ed all'acquisizione dello studio di MS di Livello 1 del territorio comunale predisposto nel 2018, ha previsto la realizzazione di nuove indagini geofisiche che hanno permesso di caratterizzare ulteriormente i terreni dal punto di vista sismico.

Gli elaborati cartografici realizzati secondo gli standard di rappresentazione e archiviazione informatica (versione 4.1), sono i seguenti:

- ✓ N° 3 Carte di Microzonazione Sismica di 2° Livello (scala 1:10.000);
- ✓ Carta delle frequenze naturali dei terreni (scala 1:10.000).

9.1 CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO 2

L'elaborato di riferimento per il secondo livello di approfondimento è rappresentato dalla Carta di Microzonazione Sismica di livello 2, redatta associando la quantificazione numerica degli effetti alle parti del territorio suscettibili di amplificazione sismica.

Per la realizzazione della carta sono stati utilizzati gli abachi di riferimento forniti dal Servizio Protezione Civile Regione Marche.

Gli abachi prevedono la divisione del territorio della Regione Marche in tre grandi domini:

- ✓ Dominio Calcareo;
- ✓ Dominio Terrigeno;
- ✓ Dominio Alluvionale.

Le aree in studio caratterizzate dalla presenza di coperture eluvio – colluviali e/o detritiche sovrastanti i substrati delle formazioni alloctone liguri (Zona 1 – codice 2001) sono state associate al *Dominio Terrigeno*, mentre le aree caratterizzate dalla presenza di copertura detritica sovrastante i litotipi Epiliguri prettamente calcarei della Formazione di San Marino (Zona 2 – codice 2002) sono state associate al *Dominio Calcareo*.

Nel primo caso (Zona 1 – Codice 2001) l'abaco utilizzato è stato quello relativo ad aree con un basamento sismico ($V_s \geq 800$ m/sec) posto a profondità > 30 metri dal piano campagna, come evidenziato dalle indagini MASW svolte e reperite.

Nel secondo caso (Zona 2 – Codice 2002) l’abaco utilizzato è stato quello relativo ad aree con un basamento sismico ($V_s \geq 800$ m/sec) posto a profondità < 30 metri e > 3 metri dal piano campagna, come riscontrato dai risultati forniti dalle indagini MASW svolte in tali aree.

Le carte risultati (una per ogni intervallo di periodo) riportano le aree suscettibili di amplificazioni locali e le aree di attenzione per instabilità con i corrispondenti fattori di amplificazione (FA) determinati sulla base degli abachi, associando ad ogni microzona omogenea (MOPS) una “Frequenza di risonanza (F_0) caratteristica” ed una “Velocità delle onde sismiche di taglio ($V_{s,30}$ o $V_{s,eq}$)”.

Il modello sismico dell’area di Montecopiolo è stato quindi realizzato utilizzando negli abachi i parametri di input riportati nella tabella seguente:

Microzona Omogenea in Prospettiva Sismica	Frequenza del picco di amplificazione principale F_0 (Hz)	Velocità delle onde sismiche di taglio $V_{s,30}$ o V_{Seq} (m/sec)	Tipo di abaco utilizzato
ZONA 1	3.50	300	Dominio Terrigeno con basamento sismico >30 m
ZONA 2	2.50	300	Dominio Calcarea con basamento sismico <30 m e >3 m

Gli abachi di riferimento corrispondenti agli intervalli di periodo di vibrazione previsti dagli standard, ovvero: “ $0.1 < T < 0.5$ secondi” “ $0.4 < T < 0.8$ secondi” “ $0.7 < T < 1.1$ secondi” sono di seguito riportati:

ZONA ALLUVIONALE Profondità basamento sismico > 30 m

ZONA CALCAREA Profondità basamento sismico < 30 m e > 3 m

FA $0.1 < T < 0.5$ s

		f0 (Hz)									75° perc.	
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8		
Vs (m) 0.8VA	<200	1.0	1.3	1.5							1.3	
	300	1.3	1.4	1.5	1.8	1.9	2.0	2.0	1.9	1.7	1.5	
	500	1.2	1.3	1.4	1.6	1.7	1.8	1.5	1.5	1.5	1.5	
	700	0.9	1.1	1.3		1.4				1.2	1.1	1.1
	≥ 800											

FA $0.1 < T < 0.5$ s

		f0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	
Vs (m) HSA	<200	0.9	1.3	1.7	2.6	2.5	2.7				1.4
	300	0.8	1.3	1.7	2.1	2.4	2.6	2.5	2.3	2.1	2.1
	500		0.8	1.3	1.5	1.6	1.8	1.6	1.6	1.5	1.5
	700				1.3	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.3
	≥ 800									1.2	1.2

FA $0.4 < T < 0.8$ s

		f0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	
Vs (m) 0.8VA	<200	1.8	2.1	2.1							2.0
	300	1.6	2.0	1.9	1.8	1.7	1.9	1.9	1.7	1.7	1.9
	500	1.3	1.5	1.6	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4	1.5
	700	1.1	1.3	1.5		1.3				1.3	1.3
	≥ 800										

FA $0.4 < T < 0.8$ s

		f0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	
Vs (m) HSA	<200	1.5	2.1	2.4	1.9	1.8	1.6				2.1
	300	1.5	2.2	2.1	1.8	1.7	1.6	1.8	1.6	1.5	1.9
	500		1.6	1.5	1.4	1.3	1.3	1.2	1.1	1.2	1.3
	700				1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.0	1.1
	≥ 800									1.1	1.0

FA $0.7 < T < 1.1$ s

		f0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	
Vs (m) 0.8VA	<200	2.5	2.7	1.8							2.6
	300	2.0	2.2	1.7	1.7	1.7	1.8	1.8	1.7	1.6	1.9
	500	1.5	1.5	1.3	1.4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4	1.5
	700	1.3	1.4	1.3		1.2				1.3	1.4
	≥ 800										

FA $0.7 < T < 1.1$ s

		f0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	
Vs (m) HSA	<200	2.1	2.4	1.7	1.5	1.4	1.3				2.3
	300	1.9	2.1	1.6	1.4	1.3	1.3	1.4	1.3	1.3	1.5
	500		1.6	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
	700				1.1	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0
	≥ 800								1.0	1.0	1.0

Alla luce di quanto esposto si riportano di seguito i Fattori di Amplificazione (FA) sismica risultante nel territorio in studio del Comune di Montecopiolo, per i suddetti intervalli di periodo.

FA0105 - valore del fattore di amplificazione per periodi compresi nel range 0,1-0,5 sec.		
Microzona Omogenea in Prospettiva Sismica	FA0105	Rappresentazione grafica in carta
ZONA 1	1,8	
ZONA 2	1,7	
ZONA DI ATTENZIONE PER INSTABILITA' DI VERSANTE	1,7÷1,8	

FA0408 - valore del fattore di amplificazione per periodi compresi nel range 0,4-0,8 sec.		
Microzona Omogenea in Prospettiva Sismica	FA0105	Rappresentazione grafica in carta
ZONA 1	1,9	
ZONA 2	2,1	
ZONA DI ATTENZIONE PER INSTABILITA' DI VERSANTE	1,9	
ZONA DI ATTENZIONE PER INSTABILITA' DI VERSANTE	2,1	

FA0711 - valore del fattore di amplificazione per periodi compresi nel range 0,7-1,1 sec.		
Microzona Omogenea in Prospettiva Sismica	FA0105	Rappresentazione grafica in carta
ZONA 1	1,7	
ZONA 2	1,6	
ZONA DI ATTENZIONE PER INSTABILITA' DI VERSANTE	1,7	
ZONA DI ATTENZIONE PER INSTABILITA' DI VERSANTE	1,6	

Per le zone di attenzione per instabilità si precisa che il territorio del Comune di Montecopiolo ricade all'interno dell'autorità di Bacino ex Marecchia-Conca. Come da istruzioni del Servizio Protezione Civile della Regione Marche (Chiarimenti rappresentazione aree in frana autorità di Bacino Conca-Marecchia) alle zone di instabilità classificate dal suddetto PAI come:

- “Calanchi (Art. 14)”
- “Aree in dissesto per fenomeni in atto (Art. 14)”
- “Aree di possibile influenza del dissesto nelle frane di crollo (Art. 15)”
- “Aree in dissesto da assoggettare a verifica (Art. 17 – frana attiva)”

non è stato attribuito il corrispondente fattore di amplificazione FA. Tali aree sono quindi riportate in carta con la seguente simbologia:



FRANE P.A.I. Autorità di Bacino Conca-Marecchia classificate come:
 - Calanchi (Art.14),
 - Aree in dissesto per fenomeni in atto (Art.14),
 - Aree di possibile influenza del dissesto nelle frane di crollo (Art.15),
 - Aree in dissesto da assoggettare a verifica (Art.17-Frana attiva),
 non microzonate nell'ambito del Livello 2 di approfondimento

9.2 CARTA DELLE FREQUENZE NATURALI DEI TERRENI

La carta delle frequenze naturali del terreno è stata elaborata sulla base dei dati desunti dalle prove HVSR e riporta per ogni stazione di misura il valore della frequenza di risonanza (F0) misurato con la relativa ampiezza (A0) del picco (rapporto H/V), come da legenda di seguito riportata:



La combinazione dei parametri F_0 e A_0 fornisce indicazioni sui fenomeni di risonanza sismica e conseguenti amplificazioni del moto sismico.

Per la stima di F_0 si è tenuto conto delle indicazioni dalla Commissione Tecnica Regionale di considerare l'intervallo di frequenza 0.5-20 Hz, (frequenze di normale interesse ingegneristico-strutturale); per rapporti $H/V < 2.0$ le curve sono state considerate "piatte" quindi senza picchi di frequenza ($F_0 = 0$).

Dall'analisi della Carta delle frequenze si riscontra una distribuzione della frequenza di risonanza naturale dei terreni piuttosto omogenea in relazione alla microzona omogenea in prospettiva sismica di appartenenza; inoltre l'ampiezza dei picchi di amplificazione risulta piuttosto bassa in tutto il territorio indagato, con picchi in genere compresi tra $2 < H/V < 4$.

10 ALLEGATI

- ✓ Carta delle indagini
- ✓ Carta geologico-tecnica per la Microzonazione Sismica (CGT_MS)
- ✓ Carta delle Sezioni geologico - litotecniche
- ✓ Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)
- ✓ Carte di Microzonazione Sismica di 2° Livello (FA0105; FA0408; FA0711)
- ✓ Carta delle frequenze naturali dei terreni

Montecopiolo (PU), Marzo 2021

Il soggetto realizzatore

Dott. Geol. Edo Bianchi

Il collaboratore

Dott. Geol. Paolo Nanni