

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

MICROZONAZIONE SISMICA

Livello 2

Relazione Illustrativa

Regione Toscana
Comune di Massa e Cozzile



Regione Toscana
Comune di Massa e Cozzile
Settore Lavori Pubblici e
Pianificazione Territoriale
Responsabile Unico del Procedimento
Arch. Marzia Tesi
Gruppo di lavoro:
Arch. Elisa Soggiu
Ing. Erika Focosi
Geom. Roberto Maccanti
Geom. Massimo Rondini

Soggetto realizzatore
Geol. Paola Peccianti
Indagini sismiche:
Geol. Francesco
Puccetti
Collaboratore subordinato di
Geol. F. Puccetti:
Geol. Cristian Pieroni

Data
Luglio 2019

INDICE

1 - PREMESSA E QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO	2
2 – PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO	4
3 – METODOLOGIA DI LAVORO	11
4 – QUADRO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO	13
4.1 - Caratteri geomorfologici del territorio comunale	13
4.2 - Cenni di tettonica	14
4.3 - Geologia	15
5 – DATI GEOTECNICI E GEOFISICI	18
5.1 - Dati pregressi	18
5.2 - Piano di indagini geofisiche – nuova campagna livello 2	18
6. – MODELLO GEOLOGICO DEL SOTTOSUOLO	20
6.1 - Studi MS di Livello 1	20
6.1 - Studi MS di Livello 2	21
7. – INTERPRETAZIONI ED INCERTEZZE	22
7.1 - Studi MS di Livello 1	22
7.2 - Studi MS di Livello 2	22
8. – METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI DEL LIVELLO 2	23
8.1 - Utilizzo degli abachi di secondo livello	23
8.2 - Assegnazione dei valori del fattore di amplificazione (FHa)	26
9. – ELABORATI CARTOGRAFICI	31
9.1 – Aggiornamento della Carta delle indagini	31
9.2. – Aggiornamento della Carta delle frequenze	32
9.3 - Aggiornamento della Carta geologico-tecnica per gli studi di microzonazione sismica ..38	
9.3.1 - <i>Unità geologico-tecniche distinte tra terreni di copertura e substrato geologico rigido e non rigido</i>	38
9.3.2. - <i>Elementi lineari</i>	39
9.3.3 - <i>Forme di superficie e sepolte</i>	40
9.4 - Aggiornamento della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (M.O.P.S.)	43
9.4.1. - <i>Zone stabili suscettibili di amplificazione</i>	44
9.4.3. - <i>Zone di attenzione per le instabilità</i>	47
9.5 Carta di Microzonazione Sismica – Livello 2 – Intervallo 0.1-0.5 sec	47
9.5.1 – <i>FA per Intervallo T= 0.1 – 0.5 sec</i>	47
9.5.2 – <i>FA per Intervallo T= 0.5 – 1.0 sec</i>	48
9.5.2 – <i>Fa massimi</i>	48
9.6 – Carta della Pericolosità Sismica	50
BIBLIOGRAFIA	53

APPENDICI

APPENDICE 1:

Misure di rumore con indicazione dei valori di FA attribuiti sulla base delle Vs (vsH o Vs30) e dei valori di frequenza (f_0)

1 - PREMESSA E QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

Il presente studio di Microzonazione Sismica di livello 2 è stato eseguito in ottemperanza a quanto richiesto dal Comune di Massa e Cozzile (Determina dirigenziale n.27 del 23.01.2019) e del DPGR n.53/R del 27 aprile 2007 “Regolamento di Attuazione dell’ Art.62 della LR n. 1/2005 in materia di indagini geologiche” (Allegato A “Direttive per le Indagini Geologiche”, §2. Punto B.1, punto B.7 e punto C.5), norma che ha introdotto la necessità di redigere studi di tipo sismico finalizzati a suddividere il territorio in microzone omogenee dal punto di vista del comportamento sismico, secondo gli “Indirizzi e criteri per la Microzonazione Sismica”, approvati dalla Conferenza dei presidenti delle Regioni nella seduta del 13 Novembre 2008.

Il Comune di Massa e Cozzile (PT), già incluso nell’elenco dei comuni ammessi al finanziamento nazionale e regionale, ai sensi dell’Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.52/2013, della D.G.R.T. n. 971 del 25/04/2013 e del D.C.R. n. 1669/2014 (annualità 2012), per la redazione di “indagini e studi di Microzonazione Sismica - Livello 1 e CLE”, è rientrato di nuovo tra i comuni oggetto finanziamento nazionale, ai sensi dell’Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 344/2016 (annualità 2015) e nel rispetto delle Specifiche Tecniche Regionali approvate con D.G.R.T. n. 468 del 2 Maggio 2018, per la redazione degli studi Microzonazione Sismica di livello 2.

Tali contributi sono stati conferiti solo ai comuni nei quali l’accelerazione massima al suolo “ag” risulta pari o superiore a 0.125 g.

Lo studio di livello 1 per il Comune di Massa e Cozzile è stato approvato con verbale della Commissione Tecnica per il supporto e monitoraggio degli studi di MS il 20 Luglio 2015 (Settore Sismica Regionale con Verbale della Regione Toscana, assunto al Protocollo dell’Ente in data 10.08.2015 n. 8410).

Lo studio di Microzonazione Sismica si differenzia in funzione del livello di approfondimento che si vuole raggiungere:

-il livello 1 è un livello propedeutico ai successivi studi di MS, che consiste esclusivamente in una raccolta organica e ragionata di dati di natura geologica, geofisica e geotecnica e delle informazioni preesistenti e/o acquisite appositamente al fine di suddividere il territorio in microzone qualitativamente omogenee dal punto di vista del comportamento sismico. Tale approfondimento è finalizzato alla realizzazione della carta delle “Microzone Omogenee in prospettiva sismica (MOPS)”;

-il livello 2 è un livello successivo in cui si introduce l’elemento quantitativo associato alle zone omogenee mediante metodologie di analisi numerica di tipo semplificato (abachi regionalizzati, modellazione 1D, leggi empiriche) e l’esecuzione di ulteriori e più mirate indagini. Tale approfondimento è finalizzato alla realizzazione della “Carta di Microzonazione Sismica”;

In particolare con la D.G.R.T. n.468/2018 del 02/05/2018 e la successiva D.G.R.T. n. 1162 del 22/10/2018 la Regione Toscana ha approvato nuovi aggiornamenti delle Specifiche Tecniche Regionali (Allegato A), contenenti i nuovi standard di rappresentazione ed archiviazione informatica (versione 4.1.1) ed ha richiesto la revisione obbligatoria del precedente studio di Livello 1, già approvato, ai nuovi standard.

Lo studio di MS livello 2 e le indagini geofisiche sono state condotte secondo le seguenti normative:

- Regolamento di attuazione dell’art. 62 della L.R. n. 1/2005 in materia di indagini geologiche (D.P.G.R. 25.10.2011, n. 53/R);
- l’aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni, approvato con Decreto Ministeriale del 17.01.2018.

- OPCM n. 3907 del 13.11.2010;
- OPCM 4007/2012, che disciplina i contributi economici per gli interventi di prevenzione del rischio sismico, previsti dall'Art. 11 della Legge n. 77 del 24/06/2009;
- O.P.C.M. n. 52/2013;
- O.P.C.M. n. 171/2014;
- O.P.C.M. n. 344/2016
- LR n. 58/2009 inerente le norme regionali in materia di prevenzione e riduzione del rischio sismico;
- DGRT n. 468 del 02/05/2018 "Approvazione delle nuove specifiche tecniche regionali per l'elaborazione di indagini e studi di microzonazione sismica" - (Allegato A);
- DGRT n. 1162 del 22/10/2018, "Approvazione delle nuove specifiche tecniche regionali per l'elaborazione di indagini e studi di microzonazione sismica" - (Allegato A);
- Standard di rappresentazione ed archiviazione informativa , versione 4.1.1 (versione Novembre 2018);
- Indirizzi e Criteri di Microzonazione Sismica del Dipartimento della Protezione Civile Nazionale (ICMS) approvati il 13 novembre 2008 dalla Conferenza delle regioni e delle Province autonome;
- Istruzioni Tecniche del Programma VEL (Valutazione Effetti Locali) della Regione Toscana;
- Volume di "Ingegneria Sismica 2/2011".
- D.G.R.T. n. 431/2006.
- D.G.R.T. n. 841 del 26/11/2007 "Approvazione dell'elenco aggiornato dei comuni a maggior rischio sismico della Toscana";
- D.G.R.T. n. 878 del 08/10/2012, "Aggiornamento della classificazione sismica regionale in attuazione dell'O.P.C.M. 3519/2006 ed ai sensi del D.M. 14/01/2008 - Revoca della DGRT 431/2006";
- D.G.R.T. 421/2014, che riclassifica il Comune di Massa e Cozzile come sismico e lo conferma e in "zona 3" (con ag/g pari a 0.15);

Gli elaborati prodotti per il presente studio dalla scrivente sono i seguenti:

Carte di livello 1 aggiornate

Carta delle Indagini (Tav. Nord - Sud)	scala 1:5.000
Carta geologico-tecnica per la microzonazione sismica	scala 1:10.000
Carta delle frequenze	scala 1:10.000
Carta della Microzone Omogenee in prospettiva sismica (MOPS) livello 1	scala 1:10.000
Sezioni geologiche (n. 1 - 2 – 3)	scala 1:5.000
Carta della Pericolosità Sismica	scala 1:10.000

Carte di livello 2

Carta di Microzonazione Sismica – Fattore di Amplificazione Fa 0.1 - 0.5s	scala 1:10.000
Carta di Microzonazione Sismica – Fattore di Amplificazione Fa 0.5 - 1.0s	scala 1:10.000
Carta di Microzonazione Sismica – Fattore di Amplificazione Massimo	scala 1:10.000

Per i dettagli relativi alle indagini eseguite nell'ambito dello studio di livello 2 si rimanda alla "Relazione descrittiva delle indagini sismiche eseguite" e relativi allegati, redatti dal dott. Geol. Francesco Puccetti.

2 – PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

Si fa presente che il Comune di Massa e Cozzile risultava classificato nella precedente delibera di GRT n° 431 del 19.06.06 (“Riclassificazione sismica del territorio regionale”) in Zona 3, corrispondente ad un valore di $0.05 < a_g/g < 0.15$, confermata poi nella recente D.G.R.T. n. 878 del 08/10/2012 e nella DGRT n. 421 del 2014, che ha aggiornato la classificazione sismica regionale convalidandogli la zona 3, con un valore di $a_g/g=0,149443$.

In generale la Provincia di Pistoia si trova confinata tra le aree sismogenetiche più importanti dell'Appennino Settentrionale, quali i bacini Quaternari della Garfagnana e del Mugello, dove gli eventi più importanti hanno superato la magnitudo locale (ML) di 6 nella scala Richter. In particolare gli eventi sismici distruttivi del Mugello del 29 giugno 1919 ($I_{max}=X$, $ML=6.2$) e della Garfagnana del 7 settembre 1920 ($I_{max}=X$, $ML=6.5$) che hanno arrecato estesi danni nel territorio provinciale pistoiense fino al VII grado della scala MCS (Boschi et al., 2000). È possibile delineare all'interno della Provincia di Pistoia tre principali zone a diverso comportamento sismico:

- il settore nord-occidentale della pianura intramontana Quaternaria di Pistoia, dove l'attività delle sue faglie bordiere può essere in relazione ai terremoti di Pistoia del 1196 ($I_{max}=VI$), del 1293 ($I_{max}=VIII$), e del 1527 ($I_{max}=VII-VIII$), oltre che ai terremoti di Montale (1731, $I_{max}=VI-VII$) e di Carmignano (1897, $I_{max}=VI-VII$);
- il settore sud-occidentale della Provincia corrispondente alla pianura del T. Nievole, dove la sismicità storica e strumentale locale si presenta di debole intensità e localizzata al piede dei fronti montuosi; inoltre questa zona risente fortemente della sismicità delle vicine piana di Lucca e Garfagnana con danneggiamenti risentiti fino al grado VII della scala MCS;
- il settore settentrionale della Provincia, che si trova nell'Appennino Tosco-Emiliano, dove il rilascio di energia sismica si esplica con numerosi eventi di intensità medio-bassa, tra i quali si ricordano i terremoti di Marliana (1904) e di Fiumalbo (1930) la cui magnitudo locale (ML) è stata stimata rispettivamente a 4.8 e 4.9.

La provincia di Pistoia si ubica a cavallo delle zone sismogenetiche 915 e 916, in riferimento all'ultima zonazione sismogenetica del territorio italiano (fig. 1, Gruppo di Lavoro, 2004). La zona sismogenetica 915 corrisponde alla zona assiale della catena comprendente il territorio del Mugello, l'appennino Pistoiese e la Garfagnana ed è caratterizzata da un alto potenziale sismogenetico (fino a $ML=6.5$). La zona sismogenetica 916 corrisponde alla fascia nord-appenninica più interna che va dalla Versilia fino alla regione del Chianti, caratterizzata da potenziale sismogenetico più moderato con terremoti che possono raggiungere la magnitudo di 5.45 ML. Il limite tra le zone 915 e 916 attraversa la provincia stessa secondo una direttrice EW ubicata circa 10 km a N della città di Pistoia che coincide con l'ubicazione dell'Etrurian Fault System (Boncio et al., 2000), sistema di faglie estensionali NE-immersenti a cui appartengono le faglie bordiere principali dei bacini intermontani Quaternari del Mugello e della Garfagnana. Tuttavia nel territorio provinciale la coincidenza tra il limite delle zone 915 e 916 e sistemi di faglie NE-immersenti associate all'Etrurian Fault System risulta dubitativa (Delle Donne, 2005). Gli ultimi 20 anni di registrazioni strumentali sul territorio italiano eseguite dalla Rete Sismica Nazionale dell'INGV di Roma permettono di definire le linee principali della sismicità locale, evidenziando nel territorio provinciale di Pistoia un rilascio delle energia sismica prevalente lungo tutta la zona di catena appenninica. Il 10% dei terremoti è associato ad una profondità ipocentrale maggiore di 15 km e i valori di magnitudo locale, sempre inferiori a 5, sono centrati intorno al valore medio di 2. La distribuzione energetica dei terremoti segue una distribuzione di potenza ben definita, mentre gli eventi più importanti sono stati registrati nell'area comunale di Abetone – Cutigliano con magnitudo registrate intorno a 4 (ML). Numerosi terremoti di piccola intensità sono stati registrati anche nella pianura alluvionale di Pistoia, tra cui il terremoto di Agliana risulta quello di maggiore intensità ($ML=3.8$). Le soluzioni focali disponibili (Vannucci & Gasperini, 2003) evidenziano nella Provincia di Pistoia e nelle aree adiacenti un'attività sismica

legata a meccanismi principalmente estensionali ed in parte di tipo trascorrente (Relazione Generale - Variante Generale al P.T.C. di Pistoia, Aprile 2009).

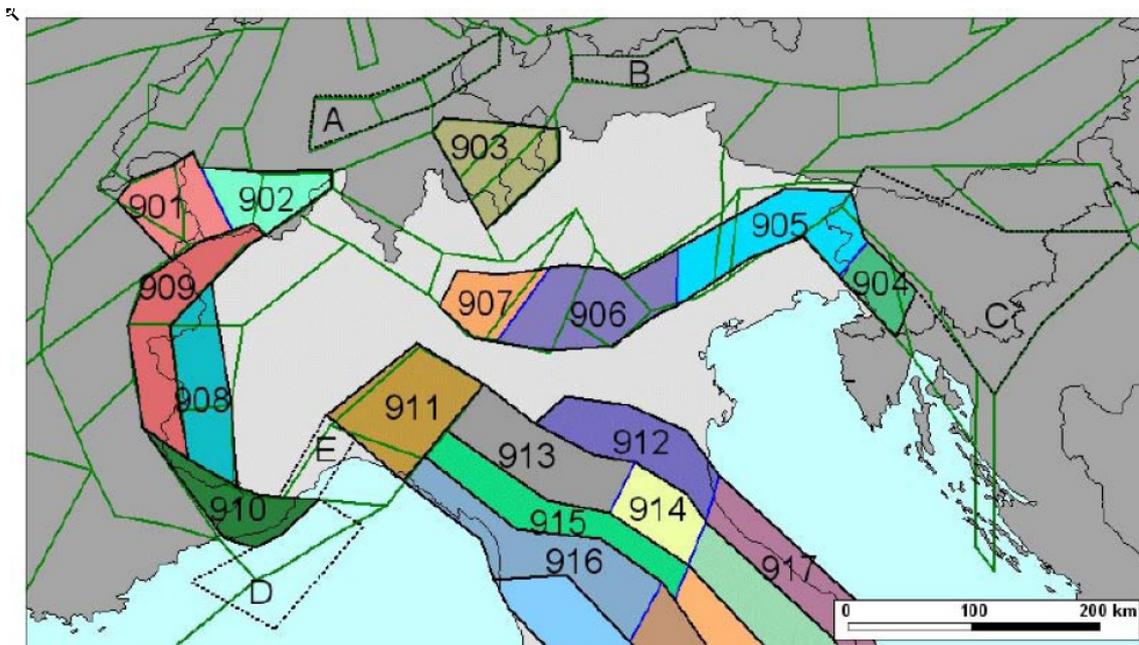


Fig. 1 - Zonazione sismogenetica dell'Italia settentrionale (da Gruppo di Lavoro, 2004)

La zona di Massa e Cozzile sembra associata alla zona sismogenetica Z915, a cui corrisponde un valore di M_{wmax} pari a 6.60.

Per descrivere in maniera più dettagliata la sismicità dell'area di seguito si riportano, in forma tabellare, gli effetti risentiti nel sito, così come estratti dal DBMI11, il database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del Catalogo Parametrico CPTI11.

Il catalogo dei terremoti storici (IGNV - BDMI11) riporta, per il comune di Massa e Cozzile e le zone limitrofe, i seguenti eventi sismici: dati modificati a partire da Gruppo di Lavoro CPTI, 2011 (I0 = intensità epicentrale; Mw = magnitudo; Is = intensità risentita al sito).

Dalla tabella è possibile notare come l'intensità massima risentita nell'area interessata dalla realizzazione del progetto non superi il VII grado MCS, raggiunto però in Garfagnana con magnitudo 5.76.

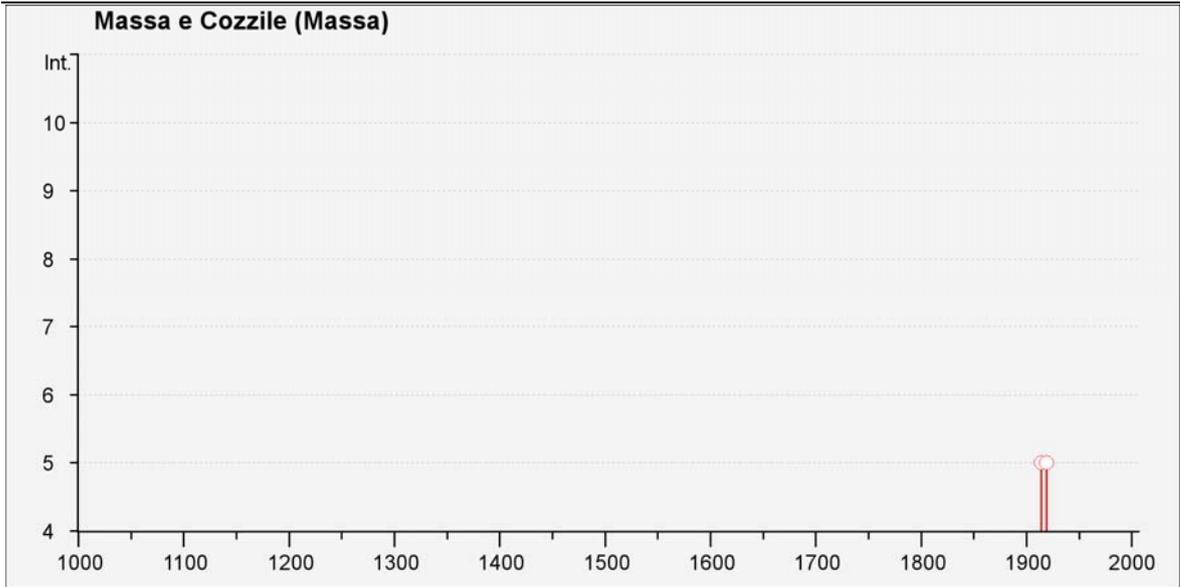
Storia sismica di Massa e Cozzile (Massa) [43.909, 10.745]

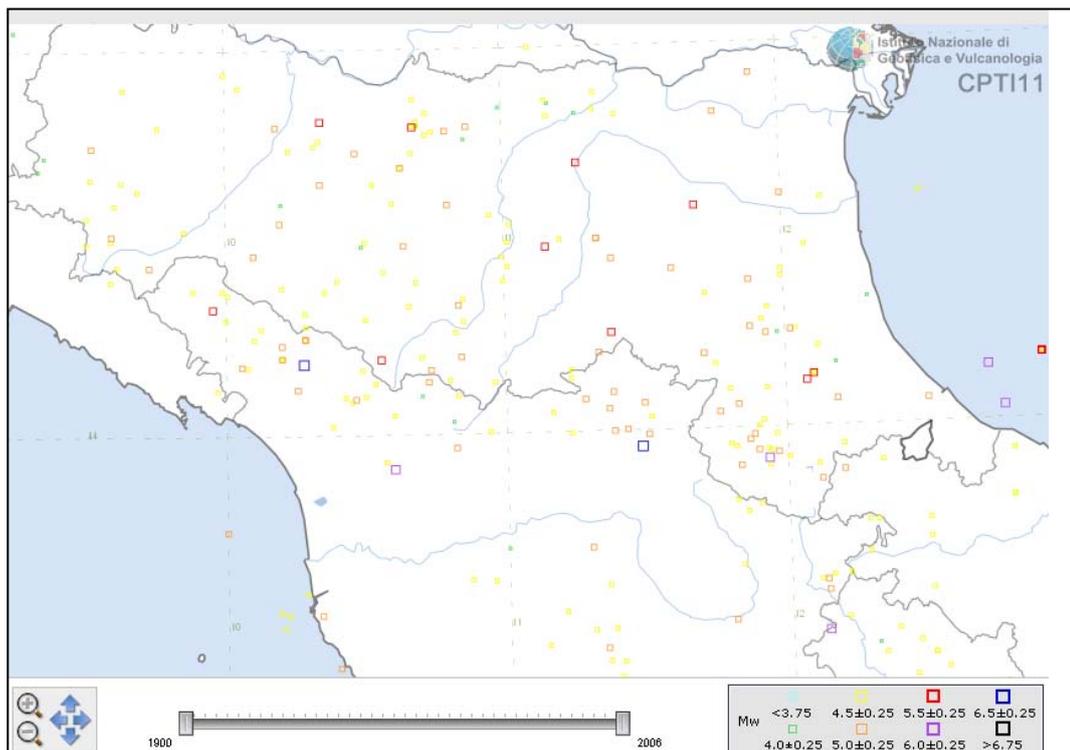
Numero di eventi: 6

Effetti

In occasione del terremoto del:

I [MCS]	Data	Ax	Np	I0	Mw
5	1914 10 27 09:22	Garfagnana	618	7	5.76 ±0.09
5	1919 06 29 15:06	Mugello	566	10	6.29 ±0.09
NF	1948 06 13 06:33	Valtiberina	142	7	5.05 ±0.14
NF	1995 10 10 06:54	LUNIGIANA	341	7	4.85 ±0.09
3	1997 12 24 17:53	Garfagnana	98	5	4.36 ±0.09
NF	1998 03 26 16:26	Appennino umbro-marchigiano	408	6	5.29 ±0.09



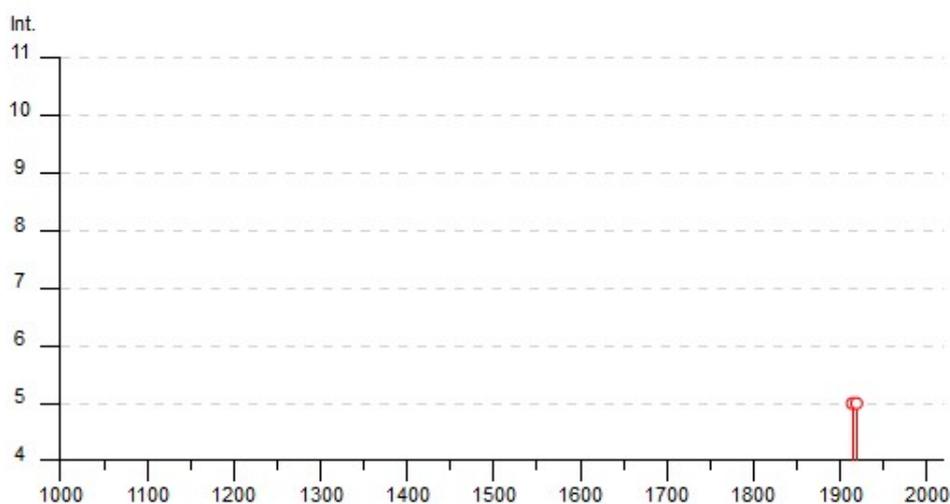


Località vicine (within 10km)			
Località	Stato	NMO	Distanza
Buggiano (Borgo a Buggiano)	IT	11	4 km
Chiesina Uzzanese	IT	4	8 km
Marliana	IT	3	3 km
Monsummano Terme	IT	16	7 km
Montecarlo	IT	5	9 km
Montecatini Terme [Bagni di Montecatini]	IT	10	4 km
Pescia	IT	26	5 km
Pieve a Nievole	IT	7	5 km
Ponte Buggianese	IT	6	8 km
Serravalle Pistoiese	IT	4	7 km
Uzzano	IT	3	4 km
Vellano	IT	3	5 km
Villa Basilica	IT	9	8 km

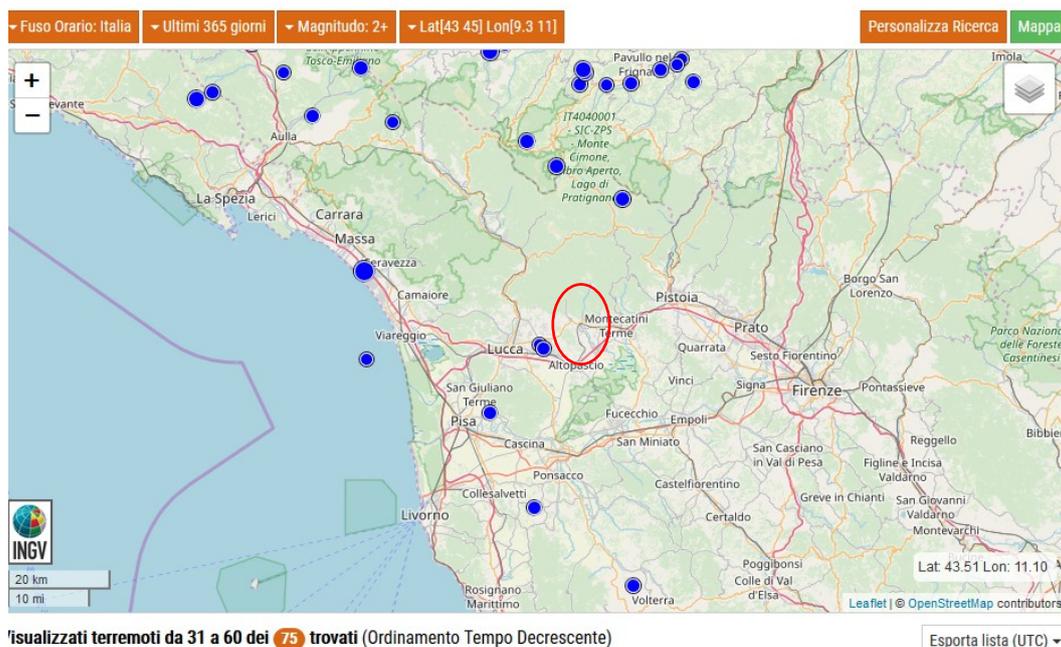
Fig.2 Catalogo parametrico dei terremoti italiano dall'anno 1000 al 2006 (CPTI11)

Lo stesso catalogo dei terremoti storici, aggiornato al 2015 (DBMI15), riporta esattamente gli stessi eventi sismici principali.

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
5	1914	10	27	09	22		Lucchesia	660	7	5.63
5	1919	06	29	15	06	1	Mugello	565	10	6.38
NF	1948	06	13	06	33	3	Alta Valtiberina	142	7	5.04
NF	1995	10	10	06	54	2	Lunigiana	341	7	4.82
3	1997	12	24	17	53	1	Garfagnana	98	5	4.33
NF	1998	03	26	16	26	1	Appennino umbro-marchigiano	409		5.26



La successiva immagine, rilevata dal sito INGV, evidenzia i terremoti (10>Magnitudo >2) verificatisi negli ultimi 365 giorni, nei dintorni dell'area di interesse



Dalla Mappa di Pericolosità Sismica (INGV nel 2004, Allegato 1B dell'O.P.C.M. 3519/2006), espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi ($V_s > 800$ m/s; cat. A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005), nel territorio relativo al Comune di Massa e Cozzile risultano valori di a_{max} compresi tra 0.125g e 0.175g come mostrato nell'immagine sottostante.

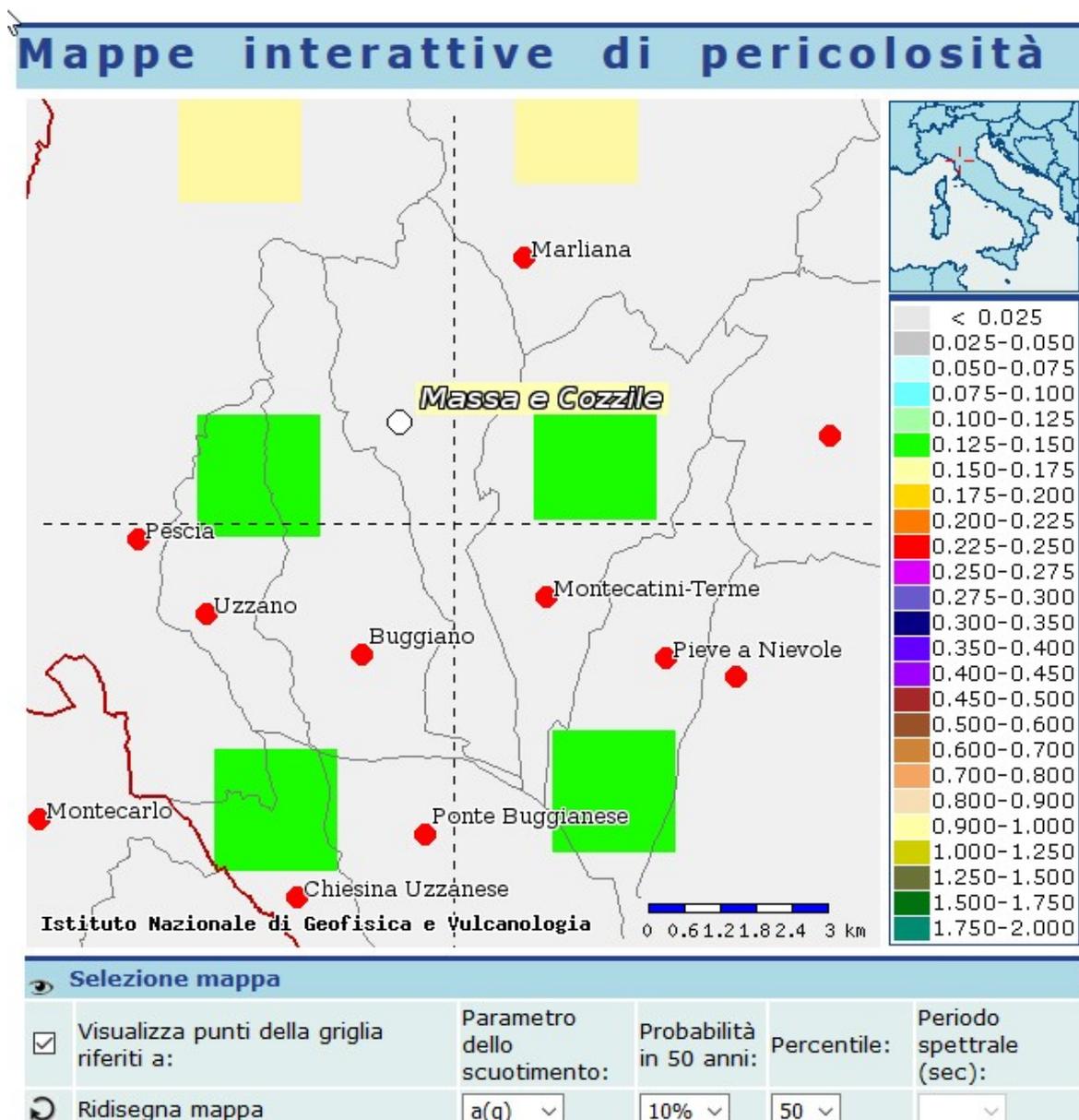
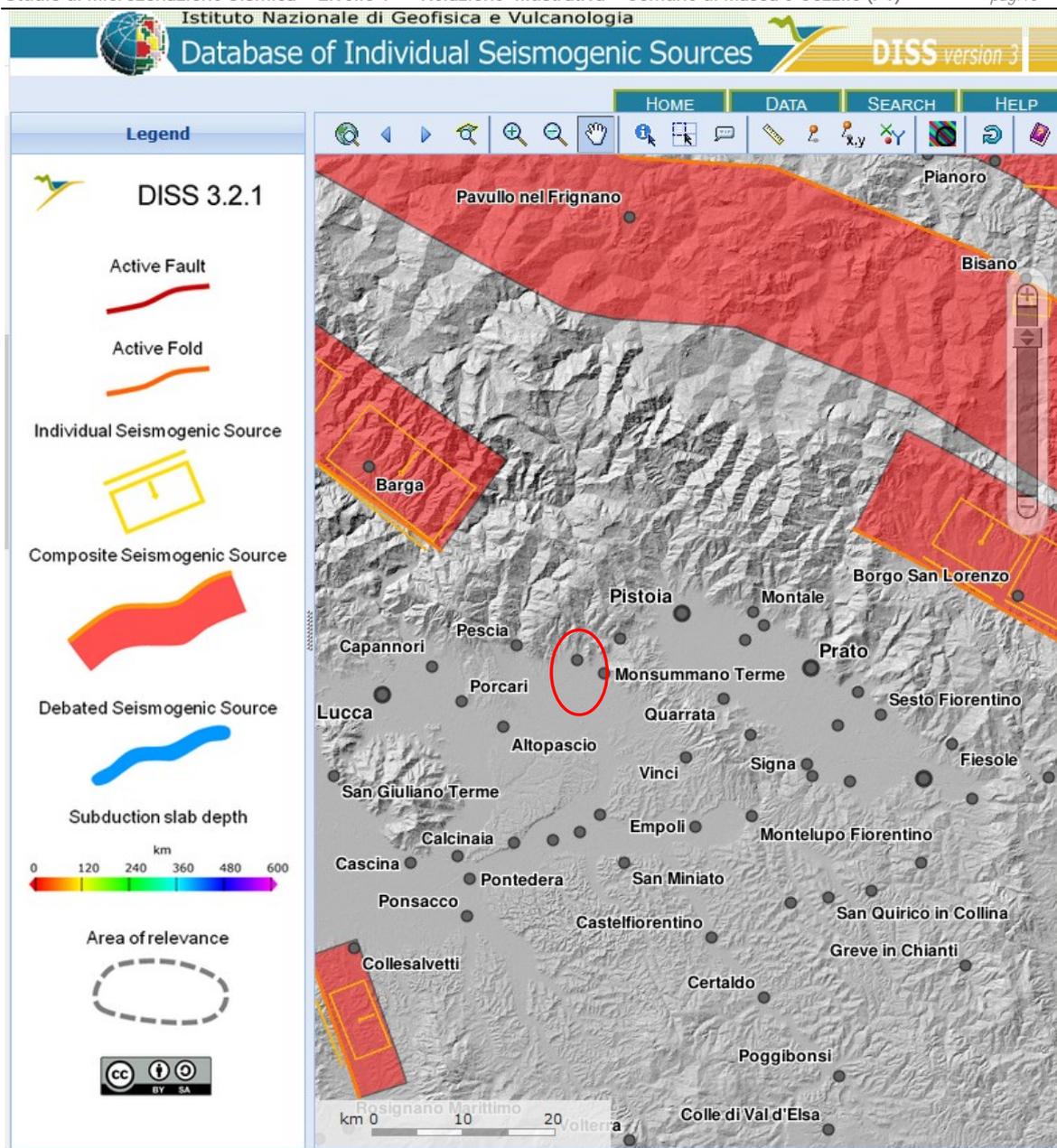


Fig. 3 - Carta della Pericolosità Sismica di Base con tempo di ritorno di 475 anni e probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (INGV).

Per una valutazione delle diverse strutture tettoniche potenzialmente sismogenetiche si è fatto riferimento al "DISS", ovvero il "Database of Individual Seismogenetic Source", il catalogo dell'INGV che integra le informazioni riguardanti le faglie attive e le sorgenti sismogenetiche singole o composite.



In particolare viene segnalata la presenza delle seguenti sorgenti sismogenetiche in prossimità dell'area in esame:

- Sorgente sismogenetica composta di Mugello-Città di Castello-Leonessa;
- Sorgente sismogenetica composta Bore Montefeltro-Fabriano-Laga;
- Sorgente sismogenetica della Garfagnana.

La zona del Comune di Massa e Cozzile risulta dunque lontana da faglie attive e capaci (FAC).

3 – METODOLOGIA DI LAVORO

Si ricorda che con la DGRT n. 9406 del 14/08/2018 il Comune di Massa e Cozzile ha partecipato all'avviso di manifestazione di interesse per erogazione di finanziamenti di cui all'OPCM n. 344/2016 e con successiva D.G.R.T. n. 468 del 05/05/2018 ha ottenuto il finanziamento che gli ha permesso di eseguire gli studi di MS per il secondo livello.

Per eseguire gli studi di MS di livello 2 si è ovviamente partiti dalle indagini a disposizione, raccolte in occasione del livello 1, in seguito è stata programmata una nuova campagna di indagini sismiche che permettesse una più precisa caratterizzazione delle zone MOPS.

L'area di territorio interessato dagli studi di livello 2 è corrispondente all'intero perimetro del territorio comunale.



Limite comunale

corrispondete al perimetro di territorio interessato dagli studi MS di livello 2

Questo ha comportato l'esecuzione di molte nuove indagini sismiche.

Le varie fasi di lavoro sono state le seguenti:

- Ricognizione dei dati esistenti: dati geognostici a disposizione e quadro generale delle conoscenze acquisite con il livello 1.
- Programmazione campagna indagini di livello 2: le nuove indagini, vista la vastità del territorio da analizzare, sono state molte, che sono però state concentrate principalmente nella porzione centrale e meridionale del comune, in corrispondenza delle tracce delle sezioni e delle aree MOPS che necessitavano di ulteriori verifiche, in particolar modo là dove le indagini pre-esistenti risultavano di bassa qualità. Le indagini eseguite in occasione degli studi di livello 1 erano state le seguenti:
 - o n. 37 misure di rumore sismico ambientale a stazione singola (HVSR);
 - o n. 2 misure ESAC;
 - o n. 10 MASW;
 - o n. 5 indagini sismiche a rifrazione (SR) con onde P ed S.

La nuova campagna, per il livello 2, ha comportato l'esecuzione delle seguenti indagini aggiuntive:

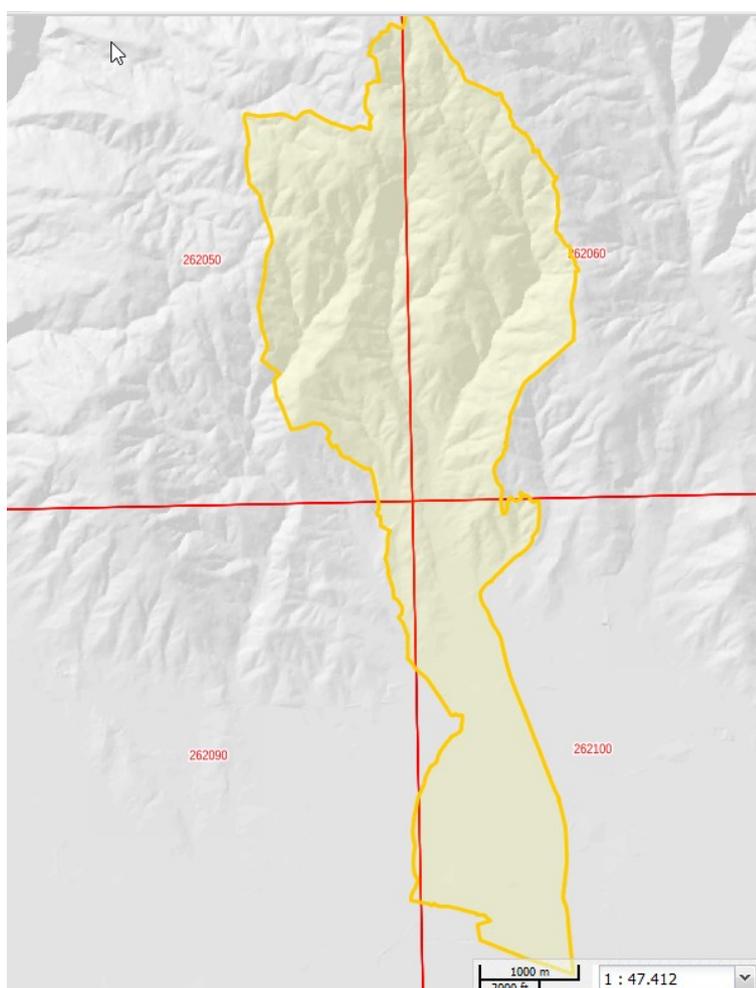
- o n.108 misure di rumore a stazione singola HVSR;
 - o n.12 misure ESAC;
 - o n.12 Masw;
 - o n. 12 indagini sismiche a rifrazione (SR) con onde P ed S.
- Attività di campagna ed esecuzione indagini: attività di campagna che ha previsto l'esecuzione di indagini geofisiche attive e passive da parte del dott. Geol. F. Puccetti, nello specifico sono state eseguite prove MASW, ESAC, Rifrazioni 'P' e 'Sh' e HVSR.
 - Elaborazione dati: elaborazione delle indagini eseguite, tenendo conto il più possibile della congruenza tra nuovi dati acquisiti e dati di archivio (per i dettagli delle metodologie utilizzate si rimanda alla relazione descrittiva delle indagini e relativi allegati a firma del dott. Geol. F. Puccetti)
 - Revisione delle zonazioni MOPS sulla base dei nuovi dati geofisici. Con il livello 2 sono stati rivisti alcuni perimetri di aree MOPS (conseguente aggiornamento di altre carte).
 - Calcolo dei fattori FA: Per ogni area MOPS è stato quindi possibile attribuire dei valori delle VsH e di frequenza fondamentale, necessari per la scelta degli Abachi Regionali. In funzione della macroarea geografica, dell'input sismico (Tr 475 anni) atteso per le aree di approfondimento e dello spessore delle coperture, sono stati stimati i valori di FA (Fattore di Amplificazione) utilizzando gli Abachi Regionali (per intervalli di periodo compresi tra 0.1-0.5 e 0.5-1.0 secondi).
 - Archiviazione informatica dei dati: I dati raccolti e le successive elaborazioni sono stati archiviati secondo gli standard MS Versione 4.1.1.
 - Redazione cartografica: sulla base dell'aggiornamento di alcune aree MOPS e sulla base dei valori di FA ottenuti dagli abachi sono state aggiornate e corrette alcune carte di livello 1 (Carta Indagini, Carta Frequenze fondamentali, Carta Geologico-Tecnica, Carta Mops, Carta delle Sezioni e redatte quelle nuove, ovvero:
 - o Carta di Microzonazione Sismica – FA 01-05 s;
 - o Carta di Microzonazione Sismica – FA 05-10 s;
 - o Carta di Microzonazione Sismica – FA max;
 - o Carta di Pericolosità Sismica (conseguenza dello studio di livello 2).

4 – QUADRO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

Si fa presente che per la seguente parte dedicata all'inquadramento geomorfologico e geologico comunale si è fatto riferimento alla Relazione Geologica redatta dal dott. Geol. A. Bartolini a corredo del PS (2005) e alle "Note illustrative" della Carta Geologica d'Italia (alla scala 1:50.000) - Foglio 262 – Pistoia (a cura di A. Puccinelli, G.D'Amato Anazi, N.Perilli, M. Verani).

4.1 - Caratteri geomorfologici del territorio comunale

Il territorio del Comune di Massa e Cozzile rientra in 4 fogli in scala 1:10.000 (262050-262060-262090-262100), si sviluppa lungo il limite settentrionale della Valdinievole con forma allungata N-S che ne determina una notevole diversificazione altimetrica, presentando porzioni collinari-montane a settentrione, fondovalli ed aree blandamente acclivi pedecollinari nella parte centrale e zone di bassa pianura a Sud.



La quota massima del territorio è rappresentata dai 791,7 m s.l.m. dell'apice della dorsale Macchino-Goraiolo a settentrione, mentre nell'area meridionale più depressa del Pedicino il terreno è posto a 15 m s.l.m.. Sotto il profilo dello sviluppo territoriale, si nota verso Est ed a Nord la presenza di una stretta correlazione tra i limiti amministrativi comunali ed il bacino idrografico del T. Borra rappresentato dal Crinale Poggio Tregiaie-Macchino-Goraiolo-Alteto-Canfittori-Montacolle-Casorino, mentre ad Ovest il limite Comunale interseca trasversalmente dorsali e valli inglobando anche porzioni di aree drenate dal T. Cessana e da alcuni affluenti minori del T. Pesca di Pesca.

La forma del territorio Comunale si restringe all'altezza della S.S. Lucchese-FF.SS. Lucca-Firenze dove risulta corrispondente ai corsi d'acqua del T. Borra ad Est del Rio Gamberaio-Rio Spinella ad Ovest; verso sud infine il Confine Comunale ha uno sviluppo irregolare all'interno dell'area Carpinocchio-Pedicino poco a settentrione dell'alveo arginato del T. Cessana-T.Pescia Nuova. Dal punto di vista orografico sono da ricordare le dorsali con asse NW-SE di Goraiolo-Canfittori e Poggio Tregiaie-Verruca tra loro parallele e le dorsali con asse NE-SW Casorino-Montacolle, Puppigliano-Croci-Tregiaiole e Cimitero Cozzile-Mazzallucchio, anch'esse parallele tra loro. Relativamente ai fondovalle di raccordo tra la parte collinare e quella di pianura del territorio, questi sono costituiti da quello principale del T. Borra che si sviluppa all'altezza del toponimo Ponte del Monaco a Nord di Vangile, delimitato dalla dorsale Villa Ankuri-Vacchereccia ad Ovest e da quella Molino del Lilli-Casorino ad Est. Fondovali parzialmente inglobati dai confini comunali sono quelli minori laterali al T. Borra costituiti dal Rio Gamberaio ad Ovest e dal Fosso Grande ad Est (loc. Mortineto).

Come già evidenziato nella Relazione Geologica a corredo del PS vigente (Dott. a. Bartolini), i processi evolutivi di dinamica territoriale rilevati nelle zone collinari e pedecollinari del territorio sono connessi ai fenomeni evolutivi del reticolo idrografico in evidente incisione oltre ai ai processi geomorfologici di instabilità e di accumulo dei materiali mobilitati.

Gli assetti superficiali delle vallate presentano infatti caratteri morfologici strettamente connessi con l'evoluzione dinamica dei corsi d'acqua relativi la cui intensa azione erosiva ha determinato la formazione delle attuali incisioni vallive talora costituite da andamenti trasversali blandamente asimmetrici con spesso il versante occidentale dotato di maggiore acclività. L'aspetto morfologico superficiale ha anche risentito dei movimenti tettonici (in particolare legati alla fase distensiva) verificatisi nell'area in particolare per quanto riguarda le evidenti variazioni del gradiente morfologico medio sia sui versanti che nel fondovalle. Gli intensi fenomeni erosivi sviluppatasi nel corso della fase di sollevamento dell'edificio appenninico ed il conseguente elevato trasporto solido operato dai corsi d'acqua, hanno determinato l'accumulo, in corrispondenza dei tratti di fondovalle che costituiscono il punto di cambiamento del gradiente morfologico tra la zona montana e l'ambito di pianura, di materiali alluvionali grossolani che ad oggi risultano per buona parte modellati in forma di alluvioni terrazzate.

In alcune zone comunque l'elevato gradiente morfologico medio dei versanti combinato con l'azione erosiva al piede dei corsi d'acqua e con l'esistenza di zone di maggiore fratturazione della roccia in corrispondenza di allineamenti tettonici, ha determinato la formazione di evidenti ed estesi fenomeni di dinamica di versante sia attuali che passati, con formazione di ampie superfici di accumulo di materiale detritico sia di origine gravitativa che colluviale..

4.2 - Cenni di tettonica

Le caratteristiche morfologiche dell'area comunale di Massa e Cozzile rispecchiano l'evoluzione tettonica recente che ha interessato l'area della Toscana nord-occidentale a partire dal Miocene Sup., periodo nel quale la fase di orogenesi tettonica compressiva determinò il sollevamento dell'edificio appenninico e la formazione degli evidenti e diffusi motivi placativi e disgiuntivi osservabili nell'ambito delle formazioni rocciose affioranti.

La successiva fase distensiva, che ha interessato questa zona a partire dal Pliocene Sup., dette luogo al verificarsi di movimenti distensivi di abbassamento dei rilievi collinari più meridionali in seguito alla formazione per sprofondamento del bacino sedimentario del cratere palustre del Padule di Fucecchio (graben) determinando l'assetto strutturale ad oggi osservabile. L'evoluzione tettonica ha condizionato inoltre l'andamento attuale del reticolo idrografico superficiale costituito da un assetto centripeto in direzione della depressione del Padule di Fucecchio, che costituisce il bacino di accumulo dei materiali solidi trasportati dai corsi d'acqua della zona. Evidenti risultano le dislocazioni tettoniche che hanno determinato notevoli movimenti relativi tra i blocchi di roccia sia in occasione della fase compressiva che durante il successivo periodo di distensione della catena appenninica.

Direttrici principali strutturali evidenziano un andamento appenninico con direzione media principale nord-est/sud-ovest e secondaria nord-ovest/sud-est, originatisi sia durante la fase di formazione dell'edificio appenninico che in seguito al susseguente periodo distensivo.

Un secondo pattern principale è rappresentato dagli allineamenti con direzione media est-ovest originatisi durante la fase distensiva che portò alla formazione della depressione tettonica del Padule di Fucecchio. I movimenti relativi di tali dislocazioni evidenziano un andamento a gradinata discendente verso il centro della depressione tettonica del Padule.

Le indagini geognostiche pregresse presenti sul territorio Comunale e dati di sottosuolo ricavati dalla perforazione di pozzi, hanno consentito una ricostruzione generale dell'assetto strutturale del raccordo tra la porzione collinare e quella di pianura del Comune, rilevando un incremento di profondità del substrato roccioso, al di sotto dei depositi alluvionali, all'incirca nella zona di Margine Coperta, ove si ha un passaggio del substrato da circa 60 metri di profondità a oltre 100 metri verso Sud, ove il substrato non è più stato rilevato (passaggio dalla zona 7 alle zone 8 e 9 della Carta Mops).

4.3 - Geologia

Il territorio del Comune di Massa e Cozzile, che si presenta con forma allungata in direzione Nord-Sud, può essere morfologicamente e geologicamente suddiviso in due zone all'altezza della isoipsa dei 100 m s.l.m.. La porzione settentrionale è caratterizzata da rilievi collinari che costituiscono i primi contrafforti appenninici ed in cui affiorano i litotipi tipici della formazione "Macigno" (mg) appartenente alla successione Toscana ("Falda Toscana" Auctt.), costituiti da arenarie quarzoso-feldspatiche Oligoceniche di tipo turbiditico a grana minuta o media in strati talora di notevole spessore, alternati a livelli siltosi ed argillosi.

La parte meridionale del territorio comunale è costituita viceversa dalla pianura alluvionale originata dal colmamento della vasta depressione lacustre d'età Villafranchiana di cui il Padule di Fucecchio costituisce l'attuale residuo. Tale lago si è prodotto a seguito della tettonica distensiva impostatasi a partire dal Villafranchiano lungo una serie di faglie bordiere di separazione tra le aree di alto relativo (rilievi a settentrione) e le zone in progressivo abbassamento verso sud. Il lago che si è venuto a formare, compreso tra il rilievo del Montalbano ad oriente e l'alto morfologico di Montecarlo-Altopascio ad occidente, è stato alimentato dai corsi d'acqua provenienti dai rilievi appenninici a Nord e dalle citate dorsali: a seguito di tali apporti subì un progressivo interrimento con conseguente variazione dell'ambiente di sedimentazione da lacustre a palustre, quest'ultimo caratterizzato da una lenta deposizione di materiali sedimentari fini argillosi e limosi, talora con livelli torbosi.

La particolare disposizione dell'area comunale nell'ambito del lago villafranchiano, a ridosso dei contrafforti appenninici e la evoluzione paleografica subita dall'ambiente di sedimentazione nel tempo, ha determinato la formazione di una coltre alluvionale eterogenea, ove all'interno dei sedimenti a granulometria fine derivati dalla sedimentazione lacustre sono presenti livelli di sabbia e ghiaia fluviale provenienti dai corsi d'acqua che scendevano dai rilievi collinari settentrionali.

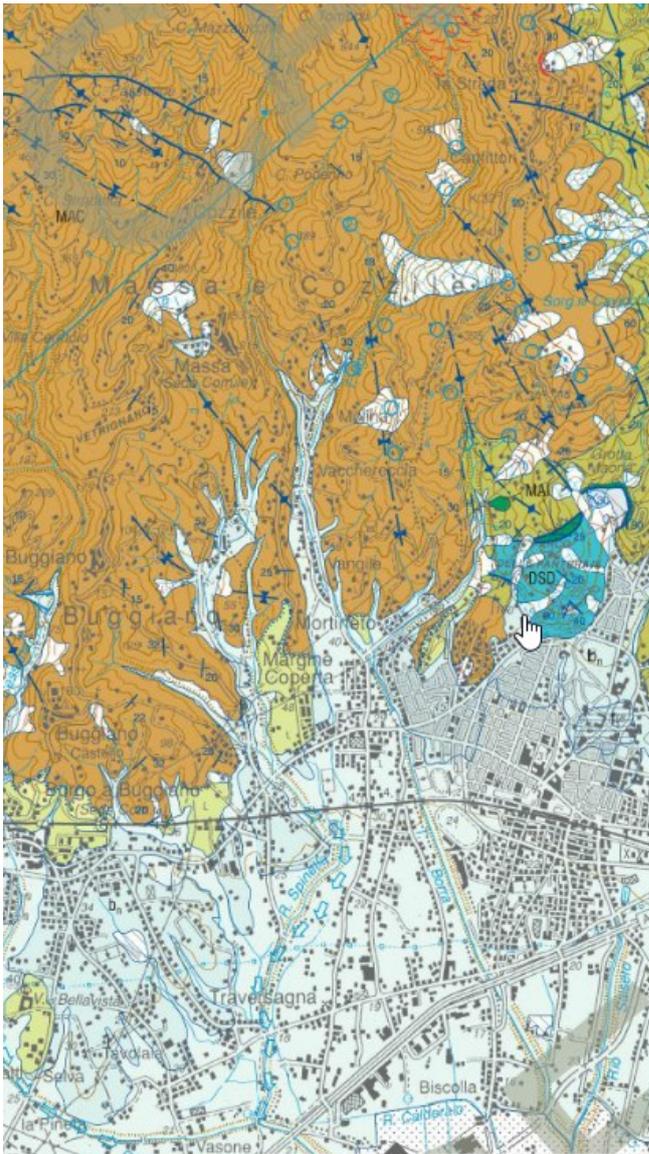


Fig.4 – Estratto della Carta geologica d'Italia scala 1:50.000 – Foglio n. 262 Pistoia (Carg)

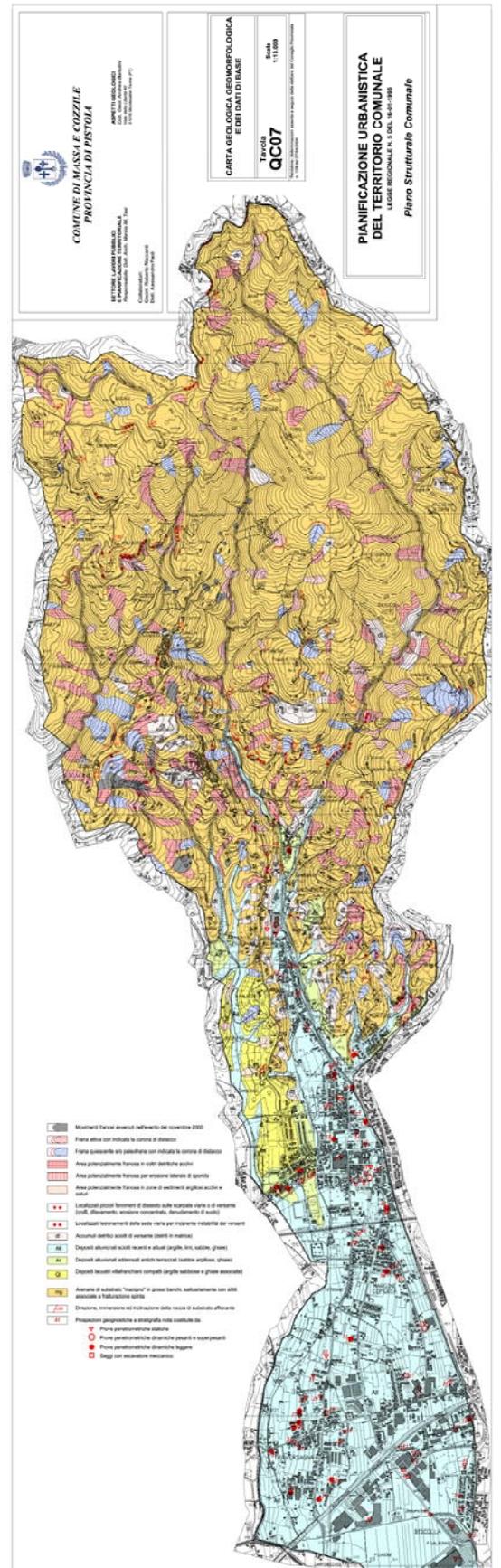


Fig.5 – Tav. QC07 del PS comunale

La distribuzione di questi ultimi materiali è notevolmente discontinua sia arealmente che stratigraficamente, diminuendo progressivamente da settentrione a meridione in funzione della distanza dai rilievi collinari delimitanti il bacino di deposizione. Al di sopra di tali terreni è infine presente uno spessore di varia potenza di sedimenti fini che testimoniano la fase palustre dell'ambiente di deposizione.

Oltre agli ambiti di affioramento della roccia arenacea "Macigno", che costituisce sempre il substrato litico del territorio comunale, sono inoltre presenti gli accumuli detritici (dt) le aree geomorfologicamente in evoluzione attiva o pregressa che comunque costituiscono accumuli detritici di copertura del substrato, le aree con depositi alluvionali terrazzati (at) e di fondovalle recenti (all), oltre che le piccole zone nella parte centro occidentale del territorio pedecollinare ove sono presenti blande morfologie in cui affiorano i materiali lacustri Villafranchiani (Qc /AGM Argille di Marginone-Montecarlo-Vinci), caratterizzati da depositi compatti di argille sabbiose e livelli ghiaiosi associati.

Nella zona di pianura è stata riscontrata, in maniera discontinua, la presenza di materiali limo-sabbiosi e limo-argillosi sciolti o poco consistenti (alluvioni) entro i primi 10 metri circa di profondità, ad evidenziare caratteristiche geomeccaniche più scadenti rispetto al resto della pianura (zona 9 della Carta Mops).

5 – DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

5.1 - Dati pregressi

I risultati dello studio di Microzonazione Sismica di livello 1, oltre alla raccolta dei dati pregressi già disponibili nel territorio comunale di Massa e Cozzile, sono stati indispensabili per comprendere la necessità di una nuova programmazione di indagini da predisporre ai fini degli studi di livello 2.

In particolare, le nuove indagini condotte in occasione degli studi MS di livello 1, furono le seguenti:

<i>Quantità</i>	<i>Tipo di Indagine</i>	<i>Sigla</i>
37	Misure di rumore sismico ambientale a stazione singola (Horizontal to Vertical Spectral Ratio)	HVSR
10	Multichannel Analysis of Surface Wave	MASW
2	Extend Spatial Autocorrelation	ESAC
5	Linee sismiche a rifrazione con onde P e SH	SR

Tab. 1 – Indagini sismiche condotte in occasione degli studio di livello 1

L'insieme dei dati pregressi e delle indagini eseguite per il livello 1, ha permesso di disporre di un totale di n. 386 dati , tra puntuali (n. 341) e lineari (n. 45) considerando inoltre che n.36 punti sono le verticali virtuali lungo le linee sismiche a rifrazione, così suddivisi:

Dal pkey_spu 1 al pkey_spu 341 per i dati puntuali e dal pkey_slm 1 al pkey_slm 45 ci si riferisce alle indagini di livello 1.

5.2 - Piano di indagini geofisiche – nuova campagna livello 2

La nuova campagna geofisica, condotta dal dott. Geol. Puccetti, per gli studi di livello 2 sono state le seguenti:

<i>Quantità</i>	<i>Tipo di Indagine</i>	<i>Sigla</i>
108	Misure di rumore sismico ambientale a stazione singola (Horizontal to Vertical Spectral Ratio)	HVSR
12	Multichannel Analysis of Surface Wave	MASW
12	Extend Spatial Autocorrelation	ESAC
12	Linee sismiche a rifrazione con onde P e SH	SR

Tab. 2 – Indagini sismiche condotte in occasione degli studio di livello 2

Tali indagini sono state ubicate su tutto il territorio comunale ma concentrate principalmente nella porzione centrale e meridionale del comune, in corrispondenza delle tracce delle sezioni e delle aree MOPS che necessitavano di ulteriori verifiche, in particolar modo là dove le indagini pre-esistenti risultavano di bassa qualità.

Tutte le indagini sono state eseguite secondo prefissati standard operativi (es. progetto VEL) e per ognuna di esse è stata realizzata una scheda di campagna con relativa documentazione fotografica, che è parte integrante del report finale di indagine (dott. F. Puccetti). Per l'esatta ubicazione delle indagini si rimanda alla tavola allegata "Carta delle Indagini Tav. Nord e Sud", per la loro relativa archiviazione, eseguita secondo gli standard 4.1 (Novembre 2018), si rimanda alla tabella "Cdl_Tabelle_047008".

L'insieme delle indagini pregresse aggiunte a quelle eseguite sia in occasione dello studio MS di livello 1, che di livello 2, ha permesso di disporre di un numero di indagini totali pari a:

Numero di indagini totali reperite ed eseguite nel comune di Massa e Cozzile:

INDAGINI PUNTUALI TOTALI	n. 461
INDAGINI LINEARI TOTALI	n. 69

Dal pkey_spu 342 al pkey_spu 461 per i dati puntuali e dal pkey_sln 46 al pkey_sln 69 ci si riferisce alle indagini di livello 2.

6. – MODELLO GEOLOGICO DEL SOTTOSUOLO

In relazione alle indagini geologiche, geotecniche pregresse e a quelle geofisiche realizzate sia in occasione degli studio di livello 1 che di livello 2, è stato possibile ricostruire i modelli del sottosuolo che sono stati poi la base di partenza per la redazione e conseguente della carta delle MOPS.

6.1 - Studi MS di Livello 1

In particolare per il livello1 erano stati individuati più modelli del sottosuolo riconducibili a due tipologie principali, anche sulla base delle caratteristiche geologiche-geomorfologiche del territorio: il primo era quello relativo alla zona di versante ed il secondo era il modello di sottosuolo su piana alluvionale.

Riguardo il modello di sottosuolo su versante sono state individuate le seguenti stratigrafie-tipo così sintetizzate:

- a) Substrato affiorante con un massimo di 3 m di alterazione/substrato affiorante fortemente alterato e fratturato;
- b) Depositi detritici con spessori variabili da 3 m fino a circa 15 m su substrato/spessori tra 15 e 30 m su substrato;

Il substrato a cui si fa riferimento è ovviamente la formazione dell'arenaria Macigno" (Mac), costituito da arenarie quarzoso-feldspatiche Oligoceniche di tipo tobiditico a grana minuta o media in strati talora di notevole spessore, alternate a livelli siltosi ed argillosi. Per la stratigrafia di tipo "a", il Macigno affiora localmente in alcune aree del versante con una coltre detritica esigua o assente (zona *) mentre per la quasi totalità del territorio collinare-montano del Comune di Massa e Cozzile presenta una forte alterazione e fratturazione di spessore variabile da 3 a 15 metri (zona "0").

In occasione del livello 1 non è stato possibile fare un dettaglio stratigrafico (spessore) più preciso per la mancanza di dati continui (soprattutto geofisici) su tutto il territorio, infatti la maggior parte delle indagini a disposizione erano concentrate nelle zone di instabilità da frana. Sempre per lo stesso motivo non è stato possibile fare una distinzione tra "rigido" e "non rigido", caratteristica richiesta in occasione degli standard di archiviazione 3.0 (anno 2013-2014).

Riguardo il tipo "b", lungo i versanti, erano state osservate in molte zone coperture detritiche e conoidi costituite prevalentemente da sabbie limose e argillose con ciottoli, moderatamente addensate e consistenti, a spessore variabile tra 3 e 15 metri (zona 1). Questi depositi sono presenti in maniera diffusa su tutta l'area di versante e solo localmente raggiungono spessori maggiori (spessori da 15 a 30 m, zona 2), come nella zona collinare di Vangile, nella zona di raccordo tra versante e valle alluvionale (lato Ovest).

Per quanto riguarda il modello di sottosuolo che caratterizza la zona intravalliva e la piana alluvionale, sempre per tutto il territorio comunale, sono state individuate le seguenti stratigrafie tipo:

- c) Depositi fluvio-lacustri con spessori tra 3 e 15 metri su substrato/spessori tra 15 e 30 metri su substrato;
- d) Depositi alluvionali con spessori tra 3 e 15 m su livelli, localmente presenti, di fluvio-lacustre di spessore modesto (spessore 3-8 metri) a sua volta poggianti sul substrato.
- e) Depositi alluvionali con spessori tra 10 e 15 metri, su depositi fluvio-lacustri di spessori sempre maggiore verso la piana in direzione Sud (8m, 15m, 30m, 45m, >45m), a sua volta poggianti su substrato.

Il modello di sottosuolo di tipo “c” è presente solo sulla dorsale posta ad Ovest di Vangile (linea Vacchereccia-Villa Ankuri, ove affiora la formazione fluvio-lacustre (QI) per spessori di 3-15 metri (zona 3) nella parte più bassa e spessori di 15-30 metri (zona 4) nella zona più alta, su substrato rigido.

La presenza di una stesa sismica a rifrazione (pk_sln41; rifrazione n.1), che evidenziava la presenza di $V_s > 800$ m/sec, ci permetteva in linea di massima di classificare il bedrock come rigido (standard 3.0).

Il modello stratigrafico “d” è presente nella zona intravalliva (zona 5) del Fosso Colligiana, Borra Vecchia e Fosso Grande ed è costituito da alluvioni di spessore 3-15 metri su substrato rigido, mentre nella zona del Fosso Gamberaio gli spessori medi, nello studio di livello 1, sembravano maggiori (zona 6, 15-30 metri). Tale area, approfondita con gli studi di livello 2, ha evidenziato un'altra realtà, come spiegato nel paragrafo successivo § 6.2.

Da notare la presenza di una zona in cui lo spessore delle alluvioni aumenta notevolmente posta in loc. La Collina analizzata dalle stesa a rifrazione n.2 (pkey_sln 37), ove non compare la presenza di bedrock entro i 20-25 metri indagati; la roccia viene rinvenuta invece dai pozzi limitrofi alla profondità compresa tra 24 e 30 metri. La stesa a rifrazione n.5 (pkey_sln45), posta subito a monte della n.2 vede la roccia tra 10 e 15 metri di profondità.

Dalle indagini geognostiche puntuali (CPT, DL, DN, DS) poste a valle della dorsale sopra menzionata Vacchereccia-Villa Ankuri, è stato rinvenuto un livello di spessore esiguo (3-8 metri) di argille e ghiaie, riconducibile alla formazione fluvio-lacustre (QI), interposta tra le alluvioni ed il Macigno (zona 5).

Il modello di sottosuolo “e” caratterizza tutta la piana comunale che presenta spessori relativamente costanti di alluvioni, che vanno da 10 a 15 metri di profondità al massimo, al di sopra della formazione fluvio-lacustre, caratterizzata da livelli di ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice argillosa di colore grigio, che aumenta di spessore da “La Collina” in direzione Sud passando da 8-15 metri di spessore a 30-45 metri di spessore verso Margine Coperta; la copertura (alluvioni e fluvio-lacustre) continua ad aumentare di spessore in direzione Sud verso il confine comunale (zona 8), ove il bedrock non è più rinvenuto neppure in pozzi che superano i 100 metri di profondità.

Nelle loc. Traversagna e Biscolla è stato distinto un modello di sottosuolo (zona 9) caratterizzato dagli stessi spessori di coperture (alluvioni e fluvio-lacustre) della zona Mops 8 (>60 metri), con la differenziazione che entro i primi metri di terreno (10-15m) è stata riscontrata la presenza di limi-sabbiosi e limi-argillosi particolarmente sciolti o poco consistenti (alluvioni), ad evidenziare caratteristiche geomeccaniche più scadenti rispetto a quelle del resto della pianura.

6.1 - Studi MS di Livello 2

Le indagini di livello 2 non hanno modificato in maniera sostanziale il modello geologico del territorio elaborato in occasione del livello 1 ma lo hanno aggiornato in alcuni aspetti.

In particolare per quanto riguarda il modello di sottosuolo su versante le misure di rumore effettuate in occasione delle indagini di livello 2 (Pkey_spu 423, 297, 424, 422, 294, 379, 303) non hanno mai evidenziato la presenza di substrato affiorante o subaffiorante, perfettamente integro ($V_s > 800$ m/sec), ma la presenza di un substrato sempre molto alterato e fratturato (zona “0”) comprensivo di ipotetica coltre di alterazione compresa tra 3 e 15 metri. Questo ha comportato la modifica della Carta Mops precedente mediante l'eliminazione delle zone stabili “stab”.

Inoltre le nuove indagini di livello 2 eseguite nella zona intravalliva di Vangile (loc. Crocetta-La Collina), con la misura Esac pkey_spu 450, e le linee sismiche pkey_sln 48 (SR) e 60 (Masw), hanno

evidenziato la presenza di una copertura di spessore entro i 30 metri su substrato (zona 5 anziché zona 6 come nel livello 1). Infine con livello 2 è stata apportata una lieve modifica nel limite perimetrico della zona 7 in prossimità del campo sportivo di Margine Coperta per la presenza di due HVSr (pkey_spu410 e 399).

7. – INTERPRETAZIONI ED INCERTEZZE

I modelli del sottosuolo ricostruiti derivano dall'elaborazione congiunta di dati stratigrafici derivanti da sondaggi, stratigrafie di pozzi, prove penetrometriche, indagini sismiche che, insieme alla carta geologica, hanno consentito di realizzare le 3 sezioni geologico-tecniche che sono state la base per la realizzazione dei modelli del sottosuolo.

7.1 - Sudi MS di Livello 1

Dato che gli studi di MS di livello 1 avevano interessato l'intero territorio comunale e non alcune aree urbanizzate ben definite, là dove i dati geognostici erano discontinui o poco attendibili (prove penetrometriche leggere), si era ricorsi all'interpretazione del modello geologico, seppur su base ragionata, che ovviamente poteva dare adito ad alcune incertezze, come per la rappresentazione della zona "0" nel territorio montuoso del comune, ove i livelli di alterazione e fratturazione della roccia potevano variare di intensità e/o spessore.

Viceversa una buona distribuzione delle indagini nella zona centrale e meridionale del Comune, ha consentito di ricostruire con buona affidabilità le geometrie del sottosuolo ed in particolare gli spessori delle coperture (alluvioni e fluvio-lacustre) al di sopra del substrato.

Alcuni dubbi comunque permanevano, ovviamente, in alcune porzioni di territorio a causa della incompletezza delle indagini in sito e/o cattiva qualità; ad esempio nella zona di Biscolla (P. Calderaio) alcune misure di rumore di affidabilità scarsa a causa della presenza di rumore di sottofondo troppo elevato, erano state scartate per la redazione della Carta delle Frequenze ma comparivano comunque nella Carta delle Indagini (Carta Indagini Tav.01, pkey_spu 241-242-243, Livello 1).

La misura di rumore n.27 eseguita per la presente microzonazione era stata definitivamente scartata perché ritenuta poco attendibile.

7.2 - Sudi MS di Livello 2

Le indagini di livello 2, sicuramente di qualità migliore rispetto al primo livello per tempi di acquisizione più lunghi e in numero abbondante, hanno permesso di comprendere meglio alcune zone incerte.

Le incertezze che permangono derivano dalla scelta dei valori di FA (fattore di amplificazione), stimati attraverso l'utilizzo degli Abachi Regionali, dati dall'incrocio dei valori di Vs30 o VsH con i valori di frequenza (f0) delle misure HVSr. In alcune occasioni la lontananza o addirittura l'assenza di dati di Vs30 o VsH non ha permesso di scegliere con precisione il valore giusto di FA, che è stato stimato ragionando sempre in termini cautelativi.

8. – METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI DEL LIVELLO 2

Come già accennato, sulla base dei risultati delle indagini geofisiche disponibili, acquisite e di nuova realizzazione (livello 2), è stata verificata analiticamente la zonazione sismica elaborata nel livello 1 ed è emersa la necessità di apportare modifiche rispetto allo studio MS1.

Le indagini sismiche eseguite nel livello 2 (HVSr, Rifrazioni in onde P ed Sh, ESAC, MASW) hanno avuto lo scopo essenziale di fornire informazioni dirette sui periodi di risonanza dei terreni e, seppur ancora solo in maniera qualitativa, di definire l'intensità della risposta sismica locale per ogni microzona che caratterizza l'area di indagine del Comune di Massa e Cozzile.

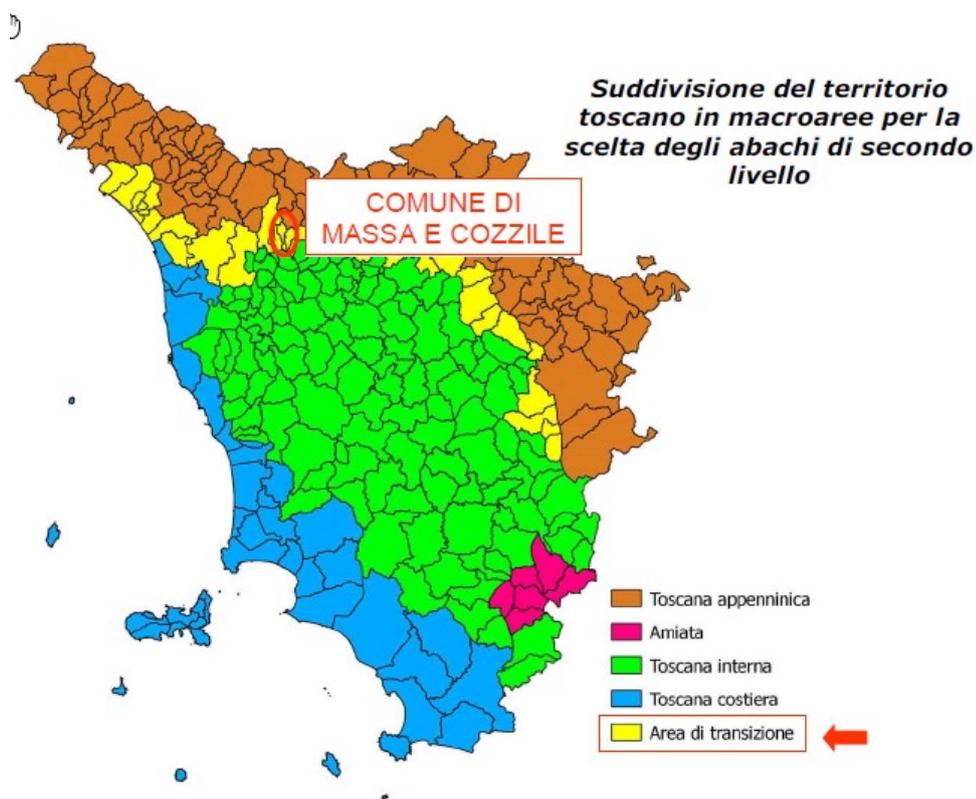
L'interpretazione delle diverse tipologie di indagine sismica ha fornito i valori di input (V_{s30} o V_{sH} , frequenza di risonanza (f_0) che hanno reso possibile l'uso degli abachi per la successiva attribuzione, ad ogni microzona riconosciuta nel Livello 1, di un Fattore di Amplificazione per i due intervalli di periodo previsti (0,1-0,5 sec e 0,5-1,0 sec).

Per il dettaglio delle indagini geofisiche svolte per il presente lavori di MS2, le relative metodologie di indagine e/o sistemi di acquisizione, si rimanda alla "Relazione descrittiva delle indagini sismiche eseguite" e relativi allegati, redatti dal dott. Geol. F. Puccetti.

8.1 - Utilizzo degli abachi di secondo livello

Sulla base di tutti i dati a disposizione è stato possibile procedere alla quantificazione numerica degli effetti sismici evidenziati nell'analisi di livello 1, fondamentali per arrivare poi alla definizione della Carta di Microzonazione Sismica di livello 2.

Per la valutazione quantitativa di tali effetti sul segnale sismico la procedura numerica si avvale dell'applicazione degli abachi messi a disposizione dal Servizio Sismico della Regione Toscana.



Per l'attribuzione dei valori dei fattori di amplificazione alle microzone in cui è suddiviso il territorio del comune di Massa e Cozzile, sono stati utilizzati gli abachi riferiti alla macroarea "Area di transizione", facendo riferimento alla Mappa di Pericolosità Sismica (IGNV, 2004 – All.B delle NTC2008).

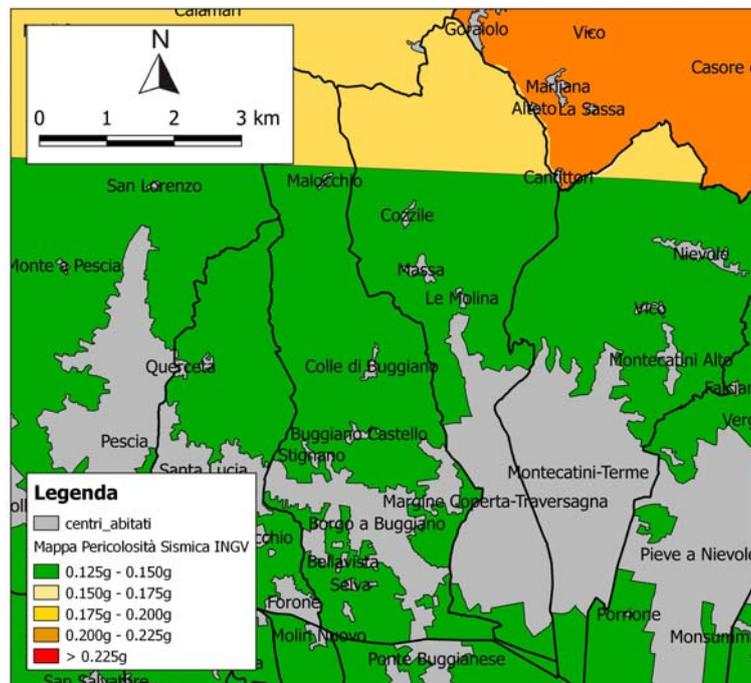


Fig.6 – Stralcio della Mappa di Pericolosità Sismica (IGNV, 2004)

Il tempo di accelerazione di base per un tempo di ritorno di 475 anni (ag 475 anni) per Massa e Cozzile sembra ricadere nella fascia con ag di 0.125-0.150 g per la maggior parte del territorio comunale (centro e sud) e nella fascia con ag di 0.150-0.175 g per la porzione Nord, in cui rientrano le loc. "Colle finali" e "Poggio Mazzalucchio".

Il parametro utilizzato per la rappresentazione dei livelli amplificativi è il fattore di amplificazione di Housner (denominato FH_a) misurato come rapporto tra l'integrale dello spettro di accelerazione in output (PSA_{out}) e l'omologo integrale dello spettro di accelerazione in input (PSA_{in}):

$$FH_{a(0,1+0,5)} = \frac{\int_{0,1}^{0,5} PSA_{out}(T)dT}{\int_{0,1}^{0,5} PSA_{in}(T)dT} \quad (1)$$

$$FH_{a(0,5+1,0)} = \frac{\int_{0,5}^{1,0} PSA_{out}(T)dT}{\int_{0,5}^{1,0} PSA_{in}(T)dT} \quad (2)$$

In particolare si è valutato, come richiesto, un duplice intervallo di integrazione: il primo tra 0.1 e 0.5 secondi (denominato FH_{a0.1-0.5}), significativo per le strutture più rigide, a basso periodo proprio ed il secondo per le strutture più flessibili (denominato FH_{a0.5-1}), ad elevato periodo proprio.

A questo punto, sulla base della profondità del substrato sismico (maggiore o minore di 30 metri), sono stati scelti gli abachi corrispondenti. Nel presente caso sono state scelte per le zone Mops "0", "1", "2", "3", "4", "5", e "6" valori con bedrock sismico ≤ 30 metri; per le zone Mops "7", "8" e "9", sono stati scelti valori con bedrock sismico > 30.

Di seguito gli abachi utilizzati per l'attribuzione dei Fattori di Amplificazione.

Area di transizione (substrato geologico ≤ 30 m)

Valore di a_g (TR=475 anni) $< 0.15g$



0.1 - 0.5 s

VsH (m/s) f0(Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	75° perc.
<200	1.1	1.5	1.9	2.5	2.1	2.1	2.0	2.0	1.5	1.9
300	0.7	1.3	1.8	2.1	2.0	1.8	1.8	1.7	1.5	1.8
500			1.5	1.7	1.7	1.6	1.4	1.5	1.3	1.4
700					1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
≥ 800										

0.5 - 1 s

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

Popolosità celle

VsH (m/s) f0(Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8
<200	10	157	80	34	25	17	13	4	80
300	5	154	470	392	259	203	134	98	560
500			16	55	94	97	94	49	785
700					31	53	61	55	283
≥ 800									

Classi	
frequenza (Hz)	$f < 1$
	1.5 1s $f < 2$
	2.5 2s $f < 3$
	3.5 3s $f < 4$
	4.5 4s $f < 5$
	5.5 5s $f < 6$
	6.5 6s $f < 7$
7.5 7s $f < 8$	
≥ 8	
velocità (m/s)	Vs < 200
	300 200s Vs < 400
	500 400s Vs < 600
	700 600s Vs < 800
	Vs ≥ 800

Abachi scelti per le zone Mops "0", "1", "2", "3", "4", "5", e "6", nel territorio centrale e meridionale del comune, con bedrock sismico ≤ 30 metri e a_g pari a 0.125-0.150 g.



Area di transizione (substrato geologico > 30 m)

Valore di a_g (TR=475 anni) $< 0.15g$



0.1 - 0.5 s

Vs30 (m/s) f0(Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	75° perc.
<200	1.0	1.3	2.0							1.2
300	1.1	1.4	1.7	1.8	1.7	1.7	2.0	2.0	1.8	1.4
500	1.1	1.3	1.5	1.7	1.6	1.5	1.5	1.7	1.6	1.4
700	0.9	1.1	1.3	1.5	1.3	1.3	1.2	1.2	1.3	1.2
≥ 800	1.0	1.0	1.0					1.2	1.1	1.0

0.5 - 1 s

Vs30 (m/s) f0(Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	75° perc.
<200	1.8	2.2	2.3							2.1
300	1.4	2.0	1.9	1.7	1.6	1.5	1.6	1.6	1.8	1.8
500	1.2	1.7	1.6	1.5	1.5	1.5	1.4	1.5	1.6	1.5
700	1.1	1.3	1.4	1.3	1.2	1.3	1.2	1.1	1.2	1.2
≥ 800	1.1	1.2	1.2					1.0	1.0	1.1

Popolosità celle

Vs30 (m/s) f0(Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8
<200	118	63	1						
300	1436	1358	498	159	57	7	9	19	90
500	1077	654	528	309	146	139	55	49	347
700	278	145	75	43	28	20	11	21	142
≥ 800	78	61	15					1	13

Classi	
frequenza (Hz)	$f < 1$
	1.5 1s $f < 2$
	2.5 2s $f < 3$
	3.5 3s $f < 4$
	4.5 4s $f < 5$
	5.5 5s $f < 6$
	6.5 6s $f < 7$
7.5 7s $f < 8$	
≥ 8	
velocità (m/s)	Vs < 200
	300 200s Vs < 400
	500 400s Vs < 600
	700 600s Vs < 800
	Vs ≥ 800

Abachi scelti per le zone Mops "7", "8" e "9", nel territorio centrale e meridionale del comune con bedrock sismico > 30 metri e a_g pari a 0.125-0.150 g.





Area di transizione (substrato geologico ≤ 30 m)

Valore di a_g (TR=475 anni) $\geq 0.15g$



0.1 - 0.5 s

VsH (m/s) f0(Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	75° perc.
<200	0.8	1.3	1.9	2.2	2.1	2.0	1.8	1.8	1.4	1.8
300	0.6	1.3	1.9	2.0	1.9	1.8	1.7	1.6	1.4	1.9
500		1.0	1.8	1.8	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.7
700	0.8	1.1			1.4	1.6	1.6	1.5	1.3	1.5
≥ 800									1.3	1.3

0.5 - 1 s

VsH (m/s) f0(Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	75° perc.
<200	1.6	2.2	1.9	1.6	1.3	1.1	1.1	1.1	1.0	1.4
300	1.5	2.3	1.8	1.5	1.2	1.1	1.1	1.1	1.0	1.6
500		2.2	1.6	1.4	1.2	1.1	1.1	1.1	1.0	1.2
700	1.6	2.0			1.1	1.1	1.1	1.1	1.0	1.1
≥ 800									1.0	1.0

Popolosità celle

VsH (m/s) f0(Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8
<200	5	66	66	46	49	49	56	34	245
300	1	224	1347	1218	524	391	214	205	860
500		13	59	385	812	492	293	290	1646
700	1	11			19	75	71	25	330
≥ 800									70

Classi	
(H) (szuanbu)	$f_0 < 1$
	1.5 $1 \leq f_0 < 2$
	2.5 $2 \leq f_0 < 3$
	3.5 $3 \leq f_0 < 4$
	4.5 $4 \leq f_0 < 5$
	5.5 $5 \leq f_0 < 6$
	6.5 $6 \leq f_0 < 7$
7.5 $7 \leq f_0 < 8$	
≥ 8	
(S) (szu)	$V_s < 200$
	300 $200 < V_s < 400$
	500 $400 < V_s < 600$
	700 $600 < V_s < 800$
	$V_s \geq 800$

Questo corrisponde all'abaco scelto per le zone settentrionali del comune (loc. Poggio Mazzalucchio e Colle Finali) con valori $a_g > 0.15g$ e per substrato ≤ 30 metri, corrispondente alla zona Mops "0".

Infine dall'incrocio del dato VsH o Vs30 con il relativo valore di frequenza di risonanza f0 sono stati scelti, per ogni tabella a seconda dell'intervallo T=0.1-0.5 sec e T=0.5, 1.0 sec, i relativi fattori di amplificazione FA.

8.2 - Assegnazione dei valori del fattore di amplificazione (FHa)

Per rendere maggiormente comprensibile i criteri di attribuzione dei Fattori di Amplificazione, per ogni microzona saranno esplicitati, là dove possibile, i dati di ingresso negli abachi, al fine di verificarne più agevolmente la correttezza formale.

Di fianco ad ogni microzona sono riportati due valori: il primo si riferisce al Fattore di Amplificazione per periodi compresi tra 0,1 e 0,5 sec, mentre il secondo si riferisce ai periodi compresi tra 0,5 ed 1,0 sec

Zona "0": 1.5 ÷ 1.1

E' rappresentata da substrato geologico alterato e fratturato, che a seconda della facies affiorante, presenta Vs30 o VsH compresi tra 300 e 500 m/sec circa. Detti affioramenti sono rappresentati nelle porzioni nei pressi dell'abitato di Massa e con frequenze di risonanza ben maggiori di 8 Hz (Pkey_spu 381, 286).

Nella presente "zona 0" sono state incluse anche le vecchie zone "Stab" della Mops (livello 1), caratterizzate dalla presenza di misure HVSR per la maggior parte risultate "NP" a cui, in assenza di misure sismiche Masw o a rifrazione ubicate nelle prossimità, o comunque in assenza di valori delle Vs30 o VsH > 800 m/sec, non è stato possibile associare il valore 1, caratteristico delle zone stabili.



Area di transizione (substrato geologico ≤ 30 m)Valore di a_g (TR=475 anni) < 0.15g

0.1 - 0.5 s

VsH (m/s) f0(Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	75° perc.
<200	1.1	1.5	1.9	2.5	2.1	2.1	2.0	2.0	1.5	1.9
300	0.7	1.3	1.8	2.1	2.0	1.8	1.8	1.7	1.5	1.8
500			1.5	1.7	1.7	1.6	1.4	1.5	1.3	1.4
700					1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
≥800										

0.5 - 1 s

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

Nella porzione settentrionale del comune (con $a_g > 0.150$), tali valori di FA sono stati attribuiti per analogia in quanto le Vs 30 o VsH di riferimento si trovano assai lontane dalle misure di rumore presenti o sono ubicate su frane, quindi poco attendibili, inoltre le misure HVSR sono per la quasi totalità senza picco NP.

Zona "1": 1.4 ÷ 1.1

Corrisponde al valore massimo di FA riscontrato e rappresentato da una copertura grossolana al di sopra di un substrato con Vs >800 m/sec a meno di 15 m. L'indagine Pkey_sl44 manifesta per i terreni di copertura una Vs di circa 590 m/sec, e le misure di microtremore a stazione singola pkey_spu 230, 231 non hanno evidenziato picchi "NP" (75° percentile).

Area di transizione (substrato geologico ≤ 30 m)Valore di a_g (TR=475 anni) < 0.15g

0.1 - 0.5 s

VsH (m/s) f0(Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	75° perc.
<200	1.1	1.5	1.9	2.5	2.1	2.1	2.0	2.0	1.5	1.9
300	0.7	1.3	1.8	2.1	2.0	1.8	1.8	1.7	1.5	1.8
500			1.5	1.7	1.7	1.6	1.4	1.5	1.3	1.4
700					1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
≥800										

0.5 - 1 s

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

Zona "2": 1.2 ÷ 1.1

Corrisponde ad una piccola zona Mops (unico poligono) corrispondente ad una falda detritica e rappresentato da una copertura grossolana al di sopra di un substrato con Vs >800 m/sec a meno di 30 m. In questo caso il valore di FA è stato dato su base stratigrafica poiché privo di indagini sismiche.

Zona "3": 1.3 ÷ 1.1

Corrisponde al valore di FA riscontrato e rappresentato da una copertura prevalentemente coesiva (argille con sabbie e livelli ghiaiosi) al di sopra di un substrato con Vs >800 m/sec a meno di 15 m. L'indagine Pkey_sl35 (Masw) manifesta per i terreni di copertura una Vs di circa 536 m/sec, e le misure di microtremore a stazione singola pkey_spu 281, 499 hanno evidenziato picchi > 8 Hz.

Area di transizione (substrato geologico ≤ 30 m)Valore di a_g (TR=475 anni) < 0.15g

0.1 - 0.5 s

VsH (m/s) f0(Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	75° perc.
<200	1.1	1.5	1.9	2.5	2.1	2.1	2.0	2.0	1.5	1.9
300	0.7	1.3	1.8	2.1	2.0	1.8	1.8	1.7	1.5	1.8
500			1.5	1.7	1.7	1.6	1.4	1.5	1.3	1.4
700					1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
≥800										

0.5 - 1 s

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

Zona "4": 1.9 ÷ 1.6

Corrisponde ad una zona Mops corrispondente ad una copertura prevalentemente coesiva (argille con sabbie e livelli ghiaiosi) al di sopra di un substrato con Vs >800 m/sec a meno di 30 m. In questo sono presenti ben 4 indagini sismiche (pkey_sln40, 41, 52, 64) con VsH compresi tra 410 e 482 m/sec ma non sono presenti misure HVSR. In questo caso il valore di FA è stato attribuito per analogia stratigrafica (profondità del bedrock) con la "zona 6".

Zona "5": 1.8 ÷ 1.2

Corrisponde ad una zona Mops presente nella zona intravalliva del territorio comunale. Tale area, ben indagata per la presenza di molteplici indagini, corrispondente ad una copertura grossolana (ghiaie e sabbie) al di sopra di un substrato con Vs >800 m/sec a meno di 20 m, con interposte delle intercalazioni argillose.

I valori di FA massimi riscontrati derivano da valori di VsH di 325 m/sec e valori di HVSR di 6.24, 6.25. La presente zona ha visto una lieve modifica della vecchia Mops, ubicata in zona Loc. Crocetta- La Collina a Vangile.

Area di transizione (substrato geologico ≤ 30 m)Valore di a_g (TR=475 anni) < 0.15g

0.1 - 0.5 s

VsH (m/s) f0(Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	75° perc.
<200	1.1	1.5	1.9	2.5	2.1	2.1	2.0	2.0	1.5	1.9
300	0.7	1.3	1.8	2.1	2.0	1.8	1.8	1.7	1.5	1.8
500			1.5	1.7	1.7	1.6	1.4	1.5	1.3	1.4
700					1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
≥800										

0.5 - 1 s

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

Zona "6": 2.1 ÷ 1.6

Corrisponde ad una zona Mops presente nella zona intravalliva del territorio comunale, subito a valle della "zona 5". Tale area, ben indagata per la presenza di molteplici indagini, corrispondente ad una copertura

grossolana (ghiaie e sabbie) al di sopra di un substrato con $V_s > 800$ m/sec a meno di 30 m, con interposto un livello argilloso di spessore compreso tra 8-15 metri.

I valori di FA massimi riscontrati derivano da valori di V_sH comprese circa tra 278 e 345 m/sec (pkey_sln 3, 5, 24, 51, 63) e valori di HVSR di 3.34, 3.7 (pkey_spu_359, 360).

Area di transizione (substrato geologico ≤ 30 m)

Valore di a_g (TR=475 anni) $< 0.15g$

0.1 - 0.5 s

V_sH (m/s) f_0 (Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	75° perc.
<200	1.1	1.5	1.9	2.5	2.1	2.1	2.0	2.0	1.5	1.9
300	0.7	1.3	1.7	2.1	2.0	1.8	1.8	1.7	1.5	1.8
500			1.5	1.7	1.7	1.6	1.4	1.5	1.3	1.4
700					1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
≥ 800										

0.5 - 1 s

V_sH (m/s) f_0 (Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	75° perc.
<200	1.6	2.5	2.1	1.7	1.3	1.2	1.2	1.1	1.0	2.2
300	1.3	2.2	1.7	1.6	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1	1.6
500			1.4	1.4	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
700					1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0
≥ 800										

Zona "7": $1.7 \div 1.9$

Corrisponde ad una zona Mops presente nella zona centro-meridionale del territorio comunale (zona di Margine Coperta, attorno alla linea ferroviaria Firenze_Pisa). Tale area, ben indagata per la presenza di molteplici indagini, corrispondente ad una copertura grossolana (ghiaie e sabbie) al di sopra di un substrato con $V_s > 800$ m/sec oltre i 30 m, con interposto un livello argilloso di spessore compreso tra 30-45 metri.

I valori di FA massimi riscontrati derivano da valori di V_sH comprese circa tra 210 e 300 m/sec (pkey_sln 53, 54, 65, 66) e valori di HVSR compresi tra 2.0 e 2.95 (pkey_spu_363, 364, 365, 366, 367).

Con livello 2 è stata apportata una lieve modifica nel limite perimetrico della zona 7 in prossimità del campo sportivo di Margine Coperta per la presenza di due HVSR (pkey_spu410 e 399).



Area di transizione (substrato geologico > 30 m)

Valore di a_g (TR=475 anni) $< 0.15g$

0.1 - 0.5 s

V_s30 (m/s) f_0 (Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	75° perc.
<200	1.0	1.3	2.0							1.2
300	1.1	1.4	1.7	1.8	1.7	1.7	2.0	2.0	1.8	1.4
500	1.1	1.3	1.5	1.7	1.6	1.5	1.5	1.7	1.6	1.4
700	0.9	1.1	1.3	1.5	1.3	1.3	1.2	1.2	1.3	1.2
≥ 800	1.0	1.0	1.0					1.2	1.1	1.0

0.5 - 1 s

V_s30 (m/s) f_0 (Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	75° perc.
<200	1.8	2.2	2.3							2.1
300	1.4	2.0	1.9	1.7	1.6	1.5	1.6	1.6	1.8	1.8
500	1.2	1.7	1.6	1.5	1.5	1.5	1.4	1.5	1.6	1.5
700	1.1	1.3	1.4	1.3	1.2	1.3	1.2	1.1	1.2	1.2
≥ 800	1.1	1.2	1.2					1.0	1.0	1.1

Zona "8" e "9": 1.4 ÷ 2.0

La "Zona 8" presenta sempre livelli di alluvioni (GC) di circa 10-15 metri di spessore sulla formazione fluvio-lacustre (CL) che supera i 45 metri di spessore in zona Margine Coperta in direzione Sud verso il limite del confine comunale; gli spessori delle coperture superano i 60 metri ove il bedrock non è più rinvenuto neppure in pozzi che superano i 100 metri di profondità.

La "Zona 9", ubicata nelle loc. Traversagna e Biscolla, è caratterizzato dagli stessi spessori di coperture (alluvioni GM e fluvio-lacustreCL) della zona Mops 8 (>60 metri), con la differenziazione che entro i primi metri di terreno (10-15m) è stata riscontrata la presenza di limi-sabbiosi e limi-argillosi particolarmente sciolti o poco consistenti (alluvioni), ad evidenziare caratteristiche geomeccaniche più scadenti rispetto a quelle presenti nel resto della pianura.

I valori di FA più frequenti riscontrati derivano da valori di VsH comprese circa tra 268 e 322 m/sec (pkey_slm 46, 47, 57, 58, 69) e valori di HVSR compresi tra 1.04 e 1.92 (pkey_spu_400, 401, 402, 404, 413, 416, 430, 431, 433, 435, 441, 442, 443).

**Area di transizione (substrato geologico > 30 m)**

Valore di ag (TR=475 anni) < 0.15g

0.1 - 0.5 s

Vs30 (m/s) f0(Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	75° perc.
<200	1.0	1.3	2.0							1.2
300	1.1	1.4	1.7	1.8	1.7	1.7	2.0	2.0	1.8	1.4
500	1.1	1.3	1.5	1.7	1.6	1.5	1.5	1.7	1.6	1.4
700	0.9	1.1	1.3	1.5	1.3	1.3	1.2	1.2	1.3	1.2
≥800	1.0	1.0	1.0					1.2	1.1	1.0

0.5 - 1 s

Vs30 (m/s) f0(Hz)	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	75° perc.
<200	1.8	2.2	2.3							2.1
300	1.1	2.0	1.9	1.7	1.6	1.5	1.6	1.6	1.8	1.8
500	1.2	1.7	1.6	1.5	1.5	1.5	1.4	1.5	1.6	1.5
700	1.1	1.3	1.4	1.3	1.2	1.3	1.2	1.1	1.2	1.2
≥800	1.1	1.2	1.2					1.0	1.0	1.1

Zone di attenzione per instabilità

Per le aree in frana (zone di attenzione per instabilità), non essendo sempre presenti indagini sismiche attendibili come linee sismiche e/o misure di rumore; per l'attribuzione del fattore di amplificazione sono stati considerati i valori delle Zone costituenti il relativo substrato aumentandoli, in via cautelativa, di una classe.

9. – ELABORATI CARTOGRAFICI

Come accennato in Premessa gli elaborati cartografici prodotti per il presente studio dalla scrivente sono i seguenti:

Carte di livello 1 aggiornate

Carta delle Indagini (Tav. Nord - Sud)	scala 1:5.000
Carta geologico-tecnica per la microzonazione sismica	scala 1:10.000
Carta delle frequenze	scala 1:10.000
Carta della Microzone Omogenee in prospettiva sismica (MOPS) livello 1	scala 1:10.000
Sezioni geologiche (n. 1 - 2 – 3)	scala 1:5.000
Carta della Pericolosità Sismica	scala 1:10.000

Carte di livello 2

Carta di Microzonazione Sismica – Fattore di Amplificazione Fa 0.1 - 0.5s	scala 1:10.000
Carta di Microzonazione Sismica – Fattore di Amplificazione Fa 0.5 - 1.0s	scala 1:10.000
Carta di Microzonazione Sismica – Fattore di Amplificazione Massimo	scala 1:10.000

Per i suddetti elaborati cartografici, redatti attraverso Qgis 2.18, sono state utilizzate cartografie di base di tipo vettoriale (dalla Regione Toscana) corrispondenti ai fogli (scala 1:10.000): 262050 – 262060 – 262090 – 262100. Inoltre tutti i progetti e gli shape è stato utilizzato il sistema di coordinate di riferimento WGS84UTM33N, come richiesto dagli Standard di archiviazione (versione 4.1 – Novembre 2018).

9.1 – Aggiornamento della Carta delle indagini

Come già specificato al paragrafo § 5.0 l'insieme dei dati raccolti, ha permesso di disporre di un totale di n. 461 dati puntuali e n.69 dati lineari.

Per ogni indagine puntuale inserita, compresi i punti virtuali, sono state collegate le seguenti tabelle "sito_puntuale", "indagine_puntuale" e "parametro_puntuale", per ogni indagine lineare inserita sono state collegate le seguenti tabelle "sito_lineare", "indagine_lineare" e "parametro_lineare".

La presente cartografia, suddivisa in n.2 tavole formato A0, è stata stampata in scala 1:5.000 per poter meglio visualizzare tutti i dati presenti.

La simbologia utilizzata per la "Carta delle Indagini", secondo le specifiche degli "Standard di rappresentazione ed archiviazione informatica (versione 4.1, Novembre 2018)", è la seguente:

	Prova penetrometrica statica con punta meccanica (CPT)
	Prova penetrometrica statica con punta elettrica (CPTE)
	Prova penetrometrica statica con piezocono (CPTU)
	Prova penetrometrica statica con piezocono (DL)
	Prova penetrometrica dinamica media (DN)
	Prova penetrometrica dinamica pesante (DP)
	Prova penetrometrica dinamica super pesante (DS)
	Pozzo per acqua (PA)
	Sondaggio a carotaggio continuo (S)
	Sondaggio da cui sono stati prelevati campioni (SC)
	Sondaggio a carotaggio continuo che intercetta il substrato (SS)
	Trincea o pozzetto esplorativo (T)
	Array sismico (ESAC/SPAC)
	Stazione microtremore a stazione singola (HVSr)
	Verticale virtuale lungo profilo sismico a rifrazione (SR)
	MASW
	Profilo sismico a rifrazione (SR)

- Fig. 7 – Simbologia utilizzata secondo gli Standard di rappresentazione v.3.0

9.2. – Aggiornamento della Carta delle frequenze

Nella presente cartografia sono riportati i risultati della campagna di misure di microtremore a stazione singola HVSR, sia condotte in occasione del livello 1 che del livello 2, per la misura delle frequenze fondamentali dei depositi.

Per una dettagliata trattazione e valutazione della procedura di acquisizione ed elaborazione e quindi della qualità del dato, si rimanda alla “Relazione descrittiva indagini sismiche finalizzate alla realizzazione dello studio di Microzonazione Sismica di Livello 2”, redatta dal dott. F. Puccetti e ai relativi allegati.

L'immagine sottostante rappresenta le classi scelte per la redazione della carta, sulla base dell'Appendice 3 della DGRT n. 1162 del 22/10/2018, “Approvazione delle nuove specifiche tecniche regionali per l'elaborazione di indagini e studi di microzonazione sismica” - (Allegato A)”:

Frequenze

- NP
-  0.00 - 1.00 - CL.1
-  1.10 - 3.00 - CL.2
-  3.01 - 5.00 - CL.3
-  5.01 - 10.0 - CL.4
-  > 10.0 - CL.5

Ampiezze

- NP
-  0.00 - 1.99 - CL.1
-  2.00 - 2.99 - CL.2
-  3.00 - 4.99 - CL.3
-  > 5.00 - CL.4

Le curve H/V risultanti dalle indagini effettuate sono caratterizzate da un picco di risonanza significativo ($H/V > 2$). I picchi osservati sono correlabili con contrasti di impedenza sismica prodotti, a profondità comprese tra circa 1÷100 metri, dall'interfaccia tra copertura di varia natura e la roccia sottostante.

PKEY_SPU	ARCH_EX	TIPO_IND	FREQUE	ID_SPU	ampiezza
176	203E	HVSR	NP	047008P176	0,00000
177	203F	HVSR	NP	047008P177	0,00000
178	203G	HVSR	NP	047008P178	0,00000
179	203H	HVSR	16,5	047008P179	4,00000
180	203I	HVSR	10,4	047008P180	2,80000
181	203L	HVSR	NP	047008P181	0,00000
198	207L	HVSR	NP	047008P198	0,00000
199	207M	HVSR	NP	047008P199	0,00000
200	207N	HVSR	NP	047008P200	0,00000
203	208F	HVSR	10,9	047008P203	4,00000
204	208G	HVSR	9,3	047008P204	4,00000
206	209B	HVSR	3,03	047008P206	2,90000
209	210C	HVSR	0,45	047008P209	3,60000
214	211E	HVSR	1,62	047008P214	6,09000
215	211F	HVSR	0,85	047008P215	14,00000
216	211P	HVSR	1,16	047008P216	5,00000
220	212D	HVSR	2,95	047008P220	11,00000
221	212E	HVSR	2,24	047008P221	9,10000
225	213D	HVSR	6,79	047008P225	8,30000
227	214B	HVSR	11,67	047008P227	3,50000

229	215B	HVSR	NP	047008P229	0,00000
230	215C	HVSR	NP	047008P230	0,00000
231	215D	HVSR	NP	047008P231	0,00000
241	218L	HVSR	4,8	047008P241	4,70000
242	218M	HVSR	2,29	047008P242	2,43000
243	218N	HVSR	1,8	047008P243	2,53000
269	300C	HVSR	0,28	047008P269	4,47000
271	301B	HVSR	0,16	047008P271	3,25000
272	302A	HVSR	0,78	047008P272	3,55000
273	303A	HVSR	0,72	047008P273	2,68000
274	304A	HVSR	0,75	047008P274	2,09000
275	305A	HVSR	0,91	047008P275	5,38000
276	306A	HVSR	0,88	047008P276	3,59000
277	307A	HVSR	0,84	047008P277	2,34000
278	308A	HVSR	1,44	047008P278	3,97000
279	309A	HVSR	1,06	047008P279	2,91000
280	310A	HVSR	1,06	047008P280	2,75000
281	311A	HVSR	15,3	047008P281	3,37000
282	312A	HVSR	9,4	047008P282	2,31000
283	313A	HVSR	1,03	047008P283	2,68000
284	314A	HVSR	NP	047008P284	0,00000
285	315A	HVSR	0,81	047008P285	3,77000
286	316A	HVSR	15,7	047008P286	3,45000
287	317A	HVSR	NP	047008P287	0,00000
288	318A	HVSR	NP	047008P288	0,00000
289	319A	HVSR	NP	047008P289	0,00000
290	320A	HVSR	NP	047008P290	0,00000
291	321A	HVSR	7,6	047008P291	2,45000
292	322A	HVSR	14,97	047008P292	2,90000
293	323A	HVSR	11,4	047008P293	2,72000
294	324A	HVSR	NP	047008P294	0,00000
295	325A	HVSR	7	047008P295	3,80000
296	327A	HVSR	4.5	047008P296	3,63000
297	328A	HVSR	NP	047008P297	0,00000
298	329A	HVSR	NP	047008P298	0,00000
299	330A	HVSR	4,53	047008P299	2,70000
300	331A	HVSR	1,41	047008P300	5,61000
301	332A	HVSR	NP	047008P301	0,00000
302	333A	HVSR	5,09	047008P302	3,09000
303	334A	HVSR	NP	047008P303	0,00000
304	335A	HVSR	NP	047008P304	0,00000
305	336A	HVSR	NP	047008P305	0,00000
342	401	HVSR	3.4	047008P342	2,83000

343	402	HVSR	NP	047008P343	0,00000
344	403	HVSR	16.09	047008P344	2,56000
345	404	HVSR	6.47	047008P345	2,31000
346	405	HVSR	9.15	047008P346	2,69000
347	406	HVSR	12.45	047008P347	2,05000
348	407	HVSR	8.75	047008P348	4,36000
349	408	HVSR	12.22	047008P349	3,16000
350	409	HVSR	9.3	047008P350	3,68000
351	410	HVSR	7.67	047008P351	5,40000
352	411	HVSR	6.85	047008P352	7,09000
353	412	HVSR	6.84	047008P353	5,59000
354	413	HVSR	15.01	047008P354	4,35000
355	414	HVSR	4.73	047008P355	7,64000
356	415	HVSR	7.62	047008P356	3,59000
357	416	HVSR	4.48	047008P357	8,53000
358	417	HVSR	4.03	047008P358	8,02000
359	418	HVSR	3.34	047008P359	6,14000
360	419	HVSR	3.7	047008P360	5,44000
361	420	HVSR	4	047008P361	4,19000
362	421	HVSR	2.74	047008P362	2,63000
363	422	HVSR	2.43	047008P363	2,00000
364	423	HVSR	2.28	047008P364	4,51000
365	424	HVSR	2.13	047008P365	5,03000
366	425	HVSR	2	047008P366	4,89000
367	426	HVSR	2.95	047008P367	2,02000
368	427	HVSR	1.41	047008P368	2,06000
369	428	HVSR	2.36	047008P369	2,28000
370	429	HVSR	2.3	047008P370	2,62000
371	430	HVSR	2.72	047008P371	1,70000
372	431	HVSR	12.91	047008P372	2,23000
373	432	HVSR	NP	047008P373	0,00000
374	433	HVSR	NP	047008P374	0,00000
375	434	HVSR	NP	047008P375	0,00000
376	435	HVSR	21.7	047008P376	2,13000
377	436	HVSR	NP	047008P377	0,00000
378	437	HVSR	18.41	047008P378	2,90000
379	438	HVSR	NP	047008P379	0,00000
380	439	HVSR	17.33	047008P380	2,02000
381	440	HVSR	17.59	047008P381	2,72000
382	441	HVSR	NP	047008P382	0,00000
383	442	HVSR	NP	047008P383	0,00000
384	443	HVSR	NP	047008P384	0,00000
385	444	HVSR	16.95	047008P385	2,56000

386	445	HVSR	10.97	047008P386	2,18000
387	446	HVSR	3.18	047008P387	2,02000
388	447	HVSR	NP	047008P388	0,00000
389	448	HVSR	NP	047008P389	0,00000
390	461	HVSR	1.74	047008P390	2,02000
391	462	HVSR	1.81	047008P391	2,46000
392	463	HVSR	2.9	047008P392	2,06000
393	464	HVSR	NP	047008P393	0,00000
394	465	HVSR	1.44	047008P394	2,98000
395	466	HVSR	1.73	047008P395	3,20000
396	467	HVSR	3	047008P396	5,46000
397	468	HVSR	2.99	047008P397	4,88000
398	469	HVSR	3.15	047008P398	8,56000
399	470	HVSR	1.94	047008P399	2,42000
400	471	HVSR	1.66	047008P400	1,99000
401	472	HVSR	1.65	047008P401	1,99000
402	473	HVSR	1.55	047008P402	1,99000
403	474	HVSR	1.51	047008P403	1,99000
404	475	HVSR	1.67	047008P404	1,99000
405	476	HVSR	1.62	047008P405	2,99000
406	477	HVSR	1.43	047008P406	2,08000
407	478	HVSR	1.69	047008P407	1,99000
408	479	HVSR	1.47	047008P408	2,03000
409	480	HVSR	1.41	047008P409	2,24000
410	481	HVSR	1.91	047008P410	2,91000
411	482	HVSR	1.40	047008P411	1,99000
412	483	HVSR	1.66	047008P412	1,99000
413	484	HVSR	1.64	047008P413	1,99000
414	485	HVSR	2.51	047008P414	2,83000
415	486	HVSR	2.54	047008P415	2,81000
416	487	HVSR	1.94	047008P416	1,99000
417	488	HVSR	0.91	047008P417	1,99000
418	449	HVSR	NP	047008P418	0,00000
419	450	HVSR	9.46	047008P419	2,12000
420	451	HVSR	16	047008P420	2,86000
421	452	HVSR	NP	047008P421	0,00000
422	453	HVSR	3.51	047008P422	2,33000
423	454	HVSR	NP	047008P423	0,00000
424	455	HVSR	3.22	047008P424	1,99000
425	456	HVSR	NP	047008P425	0,00000
426	457	HVSR	NP	047008P426	0,00000
427	458	HVSR	NP	047008P427	0,00000
428	459	HVSR	NP	047008P428	0,00000

429	460	HVSR	NP	047008P429	0,00000
430	489	HVSR	1.12	047008P430	1,99000
431	490	HVSR	1.04	047008P431	1,99000
432	491	HVSR	1.1	047008P432	1,99000
433	492	HVSR	1.92	047008P433	2,34000
434	493	HVSR	2.28	047008P434	2,30000
435	494	HVSR	1.81	047008P435	2,56000
436	495	HVSR	1.95	047008P436	1,99000
437	496	HVSR	4.35	047008P437	2,60000
438	497	HVSR	2.9	047008P438	2,01000
439	498	HVSR	2.22	047008P439	1,99000
440	499	HVSR	1.2	047008P440	1,99000
441	500	HVSR	NP	047008P441	0,00000
442	501	HVSR	1.85	047008P442	2,04000
443	502	HVSR	1.81	047008P443	1,99000
444	503	HVSR	2.29	047008P444	3,40000
445	504	HVSR	1.76	047008P445	2,02000
446	505	HVSR	2.93	047008P446	2,01000
447	506	HVSR	2.54	047008P447	7,83000
448	507	HVSR	8.78	047008P448	4,72000
449	508	HVSR	11.61	047008P449	4,09000

Tab. 3 Relativa alle misure di rumore Livello 1 e 2

9.3 - Aggiornamento della Carta Geologico-Tecnica per gli studi di microzonazione sismica

La “carta geologico-tecnica per gli studi di microzonazione sismica” contiene tutte informazioni di base necessarie per la definizione del modello di sottosuolo ed è inoltre funzionale per la successiva realizzazione della Carta Mops (livello 1).

In particolare sono state assegnate le classi litologiche sia ai terreni di copertura che al substrato in ottemperanza agli ICMS standard di rappresentazione e archiviazione informatica.

Si fa presente che l’interpretazione degli studi di livello 2 (redazione delle carte MS2) ha comportato alcune modifiche anche alla suddetta carta, mediante l’eliminazione del “substrato geologico” denominato “ALS” e la ridefinizione dello stesso in “SFALS”. Le informazioni contenute nella carta sono le seguenti:

- Unità geologico-tecniche distinte tra terreni di copertura e substrato geologico;
- Elementi lineari;
- Forme di superficie o sepolte;
- Elementi geologici ed idrogeologici;
- Instabilità di versante

Nella presente carta non è stata fatta la rappresentazione con le “isobate del substrato” né quella degli “elementi puntuali”, per mancanza di dati.

9.3.1 - Unità geologico-tecniche distinte tra terreni di copertura e substrato geologico rigido e non rigido

Questa prima informazione è stata desunta dalla Carta Geologica a corredo del PS vigente (QC 07, anno 2005) con aggiornamento di eventi franosi ripristinati e/o avvenuti dal 2000 ad oggi, poi tutte le informazioni sono state rappresentate secondo gli Standard 2013 nel livello 1 e nuovamente aggiornate con gli standard 4.1 (2018) in occasione del presente livello 2:

Substrato geologico

<i>Formazione</i>	<i>Carta Geologico-Tecnica per MS</i>	<i>Codice assegnato</i>	<i>Stato di addensamento</i>
Substrato Macigno fortemente alterato e fratturato	Substrato geologico molto alterato e fratturato	SFALS	31 - substrato geologico molto alterato e fratturato

Tab. 4 – Rappresentazione substrato geologico

Substrato geologico

 SFALS - Alternanza di litotipi stratificato fratturato o alterato

Il valore dello spessore per il “substrato geologico molto alterato e fratturato” è stato assunto di 3-15 metri.

Terreni di copertura

<i>Formazione Carta geologica PS</i>	<i>Carta Geologico-Tecnica per MS</i>	<i>Codice assegnato</i>	<i>Genesi</i>	<i>Stato di addensamento</i>
Accumuli detritici sciolti di versante (dt)	Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo	GM	Falda detritica fd	13 – poco addensato
Area potenzialmente franosa in coltri detritiche acclivi (dta)	Ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia	GM	Falda detritica fd	13 – poco addensato
all – Depositi alluvionali sciolti recenti ed attuali	Ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia	GM	Piana pedemontana pd	14 - sciolto
all – Depositi alluvionali sciolti recenti ed attuali	Ghiaie argillose, miscela di ghiaie, sabbia ed argilla	GC	Piana pedemontana pd	13 – poco addensato
at-alluvioni terrazzate	Ghiaie argillose, miscela di ghiaie, sabbia ed argilla	GC	terrazzo fluviale tf	12 – moderatamente addensato
Depositi lacustri villafranchiani compatti (argille sabbiose e ghiaie associate) Ql	Argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre	CL	Fluvio-lacustre lc	23 – coesivo consistente
Area potenzialmente franosa in zone di sedimenti argillosi acclivi e saturi (apf)	Argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre	CL	Fluvio-lacustre fd	24 – coesivo moderatamente consistente

Tab. 5 – rappresentazione terreni di copertura

Terreni di copertura

-  GC - Ghiaie argillose, miscela di ghiaie, sabbie e argilla
-  GM - Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbie e limo
-  CL - Argille inorganiche di medio- bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille magre

9.3.2. - Elementi lineari

Per questa sezione, come elemento lineare, è stata inserita solo:

 Traccia della sezione geologica rappresentativa del modello del sottosuolo

9.3.3 - Forme di superficie e sepolte

Per rappresentare questa porzione della carta Geologico-tecnica per la MS, è stato sufficiente identificare, grazie alla Carta Geologica (PS vigente QC07), le seguenti forme:

Forme di superficie e sepolte



Falda detritica

9.3.4 - Elementi geologici ed idrogeologici

Questa parte ha richiesto l'inserimento dei seguenti elementi puntuali, grazie ai dati presenti nella Carta delle Indagini ed alla Carta Geologica di PS (QC. 07):

Elementi geologici ed idrogeologici

- || Giacitura di strati
- Pozzo o sondaggio che ha raggiunto il substrato geologico
- Pozzo o sondaggio che non ha raggiunto il substrato geologico
- Presenza della falda in aree con sabbie e/o ghiaie

9.3.5 - Instabilità di versante

Per rappresentare le zone instabili sono state riprese tutte le aree di frana già presenti nella Carta Geologica di PS con gli aggiornamenti relativi alle frane ripristinate e/o avvenute dal 2005 ad oggi, così identificate:

<i>Carta Geologica (PS)</i>	<i>Carta Geologico-Tecnica per MS Instabilità di versante</i>	<i>Tipo di movimento</i>
Frana attiva (Fa)	attiva	Non definito
Area potenzialmente franosa per erosione laterale di sponda (erl)	attiva	Non definito
Movimenti franosi del novembre 2000 (f2000)	attiva	Non definito
Frana quiescente e/o paleo frana (Fq)	quiescente	Non definito
Frane ripristinate (Frip) Frana di cui non si conosce lo stato di attività (Fn);	non definita	Non definito

Instabilità di versante



Non definita - Attiva



Non definita - Quiescente



Non definita - Non definita

9.4 - Aggiornamento della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (M.O.P.S.)

Come già detto nei paragrafi precedenti la Carta Mops, in questo studio di livello 2, ha subito alcune modifiche.

Nel dettaglio le vecchie zone “Stab” della Mops (livello 1) sono state assimilate alla zona “o”, caratterizzate dalla presenza di misure HVSR per la maggior parte risultate “NP” a cui, in assenza di misure sismiche Masw o a rifrazione ubicate nelle prossimità, o comunque in assenza di valori delle Vs30 o VsH > 800 m/sec, non è stato possibile associare il valore 1, caratteristico delle zone stabili.

La “zona 5” ha visto una lieve modifica della vecchia Mops, ubicata in zona La Crocetta- La Collina a Vangile; infine con il livello 2 è stata apportata una lieve modifica al limite perimetrico della zona 7 in prossimità del campo sportivo di Margine Coperta, per la presenza di due HVSR (pkey_spu410 e 399) incluse nella “zona 7”.

Nelle carte MOPS redatte per il territorio comunale di Massa e Cozzile secondo gli standard di rappresentazione ed archiviazione 4.1 (Novembre 2018), ed aggiornate sulla base degli approfondimenti di livello 2 come specificato sopra, sono stati rappresentati i seguenti elementi (scala 1: 10000),

- perimetrazione delle “Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali”;
- perimetrazione delle “Zone di attenzione per le instabilità”;
- Forme di superficie, rappresentate dai conoidi di detrito, come già riportato nella “Carta geologico-tecnica per la MS”;
- Ubicazione delle indagini HVSR e valore del picco di frequenza (fo), derivanti dalle indagini puntuali;

La rappresentazione stratigrafica con distinzione della “tipologia dei terreni di copertura” da quella del “substrato” è di seguito riportata:

<i>Litologia dei terreni di copertura</i>		<i>Litologia dei terreni del substrato</i>	
CL	 Argille inorganiche di medio-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose e argille magre	SFALS	 Substrato alternanza di litotipi stratificato (Mac con Vp > 2000 m/s - Vs > 800 m/s)
GC	 Ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla	SF	 Substrato alternanza di litotipi stratificato, molto alterato e fratturato (Mac)
GM	 Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo (da poco addensate a sciolte)		

9.4.1. - Zone stabili suscettibili di amplificazione

Tali perimetrazioni sono il risultato di interpolazioni fatte sulla base dei risultati di indagini geognostiche, geologia e geomorfologia presente, interpretazione delle misure di frequenza HVSR e conseguente rappresentazione in sezioni stratigrafiche identificative per ogni singola zona (colonnine stratigrafiche in legenda). Queste zone sono soggette ad amplificazione sismica per effetti stratigrafici (differenza di risposta sismica tra substrato e copertura).

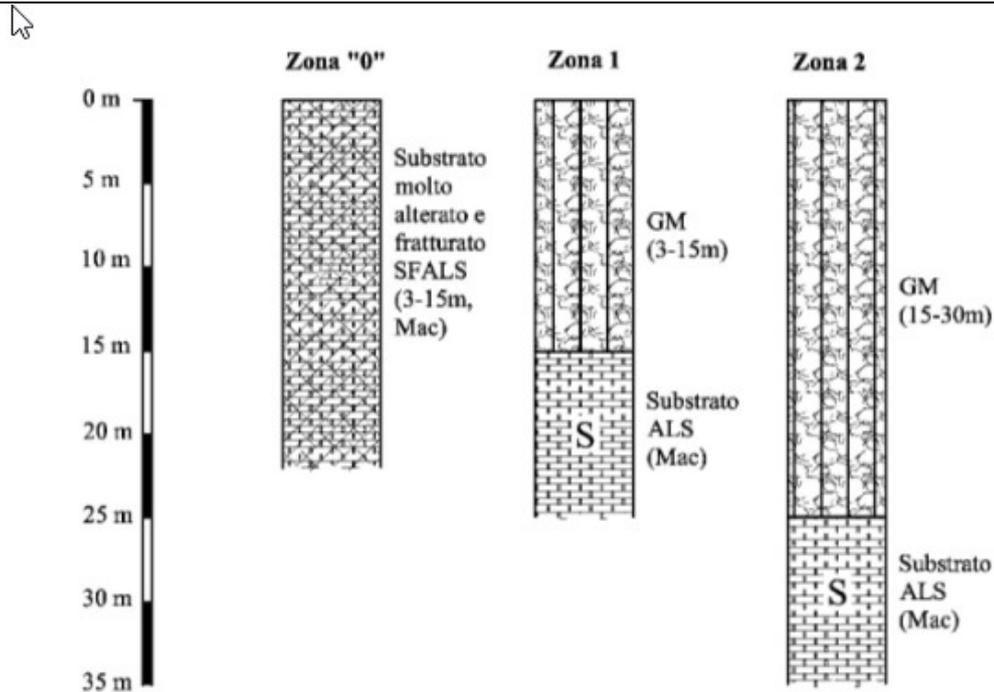
Sulla base del modello geologico già illustrato al paragrafo § 6.0 è stato possibile sintetizzare le seguenti sezioni stratigrafiche tipo in zone:



zona "0": substrato molto alterato e fratturato "SFALS"; tale classe è stata attribuita alla quasi totalità del territorio collinare-montano del Comune di Massa e Cozzile, con Macigno una forte alterazione fortemente alterato e fratturato per uno spessore variabile da 3 a 15 metri; non è stato possibile fare un dettaglio stratigrafico (spessore) più preciso per la mancanza di dati continui (soprattutto geofisici) su tutto il territorio.

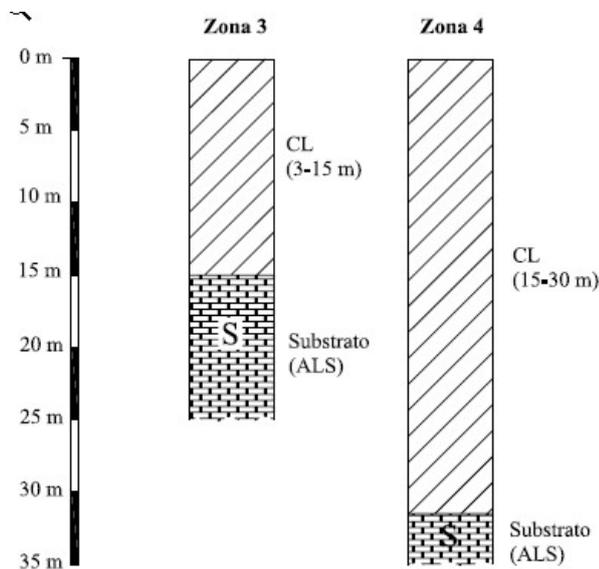
Zona 1: Depositi detritici con spessori variabili da 3 m fino a circa 15 m su substrato geologico. Questa zona rappresenta praticamente le aree lungo i versanti con coperture detritiche e conoidi di detrito (GM) costituite prevalentemente da sabbie limose e argillose con ciottoli, moderatamente addensate e consistenti, a spessore variabile tra 3 e 15 metri, sopra il substrato geologico ALS. Presenti in maniera diffusa su tutta l'area di versante.

Zona 2: Rappresenta sempre i depositi detritici e conoidi di detrito (GM) con spessori maggiori (spessori da 15 a 30 m), su substrato geologico ALS; presente nella zona collinare di Vangile di raccordo tra versante e valle alluvionale (lato Ovest).



Zona 3: si trova localmente nella zona intravalliva del comune, sulla dorsale posta ad Ovest di Vangile (linea Vacchereccia-Villa Ankuri), ove affiora la formazione fluvio-lacustre per spessori di 3-15 metri (CL) nella parte basale della dorsale, su substrato rigido (ALS). La presenza di una stesa sismica a rifrazione (pk_sln41; rifrazione n.1), che evidenzia la presenza di $V_s > 800$ m/sec, ci permette in linea di massima di classificare il bedrock come rigido.

Zona 4: si ritrova come la "zona 3" a Ovest di Vangile ma presenta spessori maggiori di fluvio-lacustre (CL) fino a 15-30 metri su substrato geologico ALS (parte sommitale della dorsale).

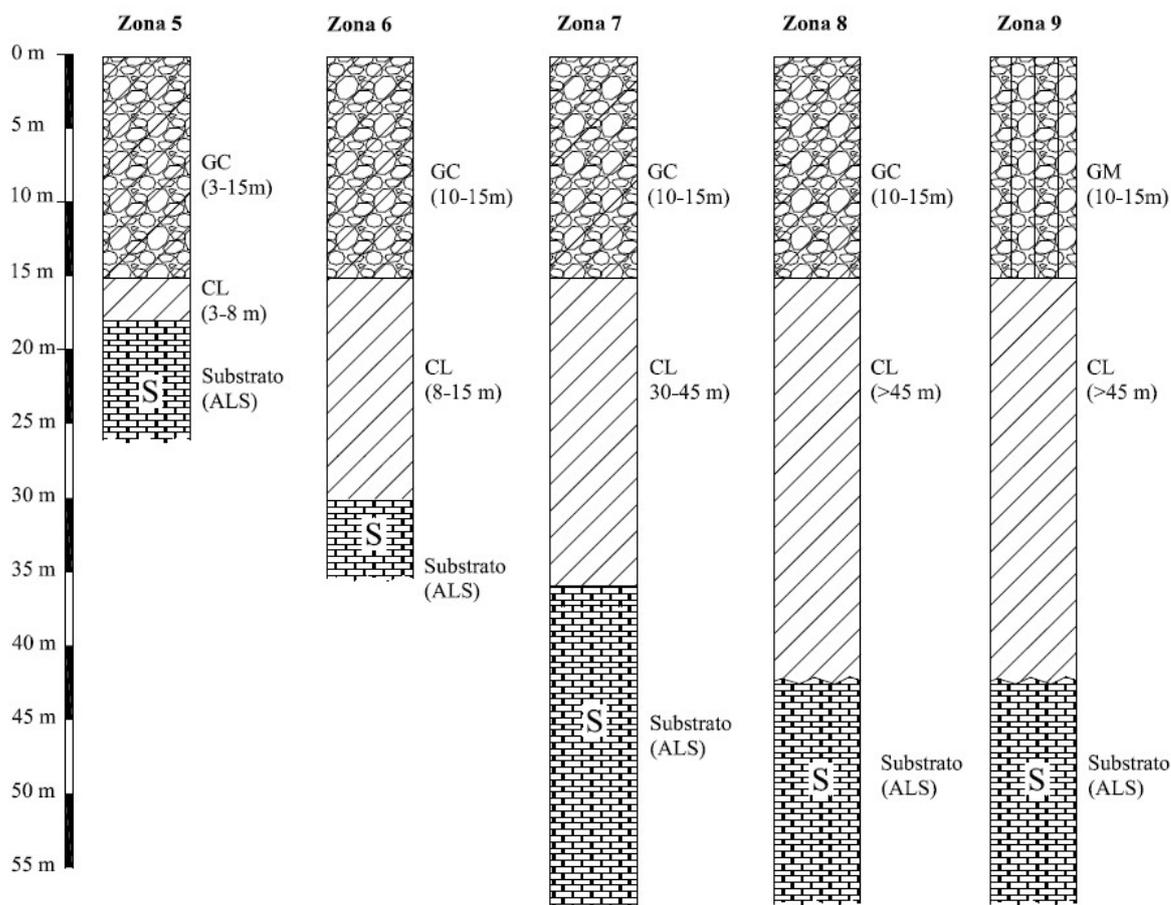


Zona 5: Rappresentata da depositi alluvionali (GC) di spessore 3-15 metri su livelli, localmente presenti, di fluvio-lacustre di spessore modesto (CL spessore 3-8 metri) a sua volta poggianti sul substrato rigido (ALS),

Zona 6: Presenta spessori di depositi alluvionali GC di spessore 10-15 metri su depositi fluvio-lacustri (CL) di spessore 8-15 metri, a sua volta poggianti su substrato rigido (ALS),

Dalle indagini geognostiche puntuali (CPT, DL, DN, DS) poste a valle della dorsale sopra menzionata Vacchereccia-Villa Ankuri, è stato rinvenuto un livello di spessore esiguo (3-8 metri) di argille e le ghiaie, riconducibile alla formazione fluvio-lacustre (CL), interposto tra le alluvioni (GC) ed il Macigno (ALS) (zona 5).

Tale livello di fluvio lacustre (CL) tenderà ad aumentare sempre più di spessore verso la piana in direzione Sud.



Zona 7: Tale zona, posta nella piana alluvionale centrale del comune, presenta spessori delle alluvioni (CG) relativamente costanti che vanno da 10 a 15 metri di profondità al massimo, al di sopra della formazione fluvio-lacustre (CL), caratterizzata da livelli di ghiaie, ciottoli e sabbie in matrice argillosa di colore grigio, che aumenta di spessore in direzione Sud (loc. Cenerone e Vetriano) passando da 8-15 metri a 30-45 metri su substrato (ALS).

Zona 8: Tale zona presenta sempre livelli di alluvioni (GC) di circa 10-15 metri di spessore sulla formazione fluvio-lacustre (CL) che supera i 45 metri di spessore in zona Margine Coperta in direzione Sud verso il limite

del confine comunale; gli spessori delle coperture superano i 60 metri ove il bedrock non è più rinvenuto neppure in pozzi che superano i 100 metri di profondità.

Zona 9: Il modello di sottosuolo rappresentato dalla “zone 9”, ubicata nelle loc. Traversagna e Biscolla, è caratterizzato dagli stessi spessori di coperture (alluvioni GM e fluvio-lacustreCL) della zona Mops 8 (GC e CL>60 metri), con la differenziazione che entro i primi metri di terreno (10-15m) è stata riscontrata la presenza di ghiaie, sabbie e limi-argillosi particolarmente sciolti o poco consistenti (alluvioni), ad evidenziare caratteristiche geomeccaniche più scadenti rispetto a quelle presenti nel resto della pianura.

9.4.3. - Zone di attenzione per le instabilità

Zone di attenzione per le instabilità: corrispondono a zona in frana “attiva”, “quiescente” e “non definita”, perimetrazione riportata anche nella “Carta geologico-tecnica per la MS”.

Tali zone sono soggette ad amplificazione sismica per effetti dinamici.

Zone di attenzione per Instabilità

	ZA FR zona di attenzione per instabilità - zona 1
	ZA FR zona di attenzione per instabilità - zona 4
	ZA FR zona di attenzione per instabilità - zona 5
	ZA FR zona di attenzione per instabilità - zona 0

9.5 Carta di Microzonazione Sismica – Livello 2 – Intervallo 0.1-0.5 sec

Le presenti cartografie sono il frutto di quanto è stato interpretato, sulla base dell’assegnazione dei valori del fattore di amplificazione (FHa) come esposto al paragrafo § 8.2, e successivamente elaborato dal punto di vista cartografico secondo gli standard di archiviazione richiesti (versione 4.1).

9.5.1 – FA per Intervallo $T=0.1-0.5$ sec

Questo quanto risulta la classificazione di ogni FA nella cartografia di MS per il primo intervallo (0.1-0.5 sec)

Zone stabili suscettibili di amplificazione

	FA = 1.1 - 1.2
	FA = 1.3 - 1.4
	FA = 1.5 - 1.6
	FA = 1.7 - 1.8
	FA = 1.9 - 2.0
	FA = 2.1 - 2.2

Zone di attenzione per Instabilità (livello 2)

	FA = 1.5 - 1.6 FR
	FA = 1.7 - 1.8 FR
	FA = 1.9 - 2.0 FR
	FA = 2.1 - 2.2 FR

9.5.2 – FA per Intervallo T= 0.5 – 1.0 sec

Questo quanto risulta la classificazione di ogni FA nella cartografia di MS per il secondo intervallo (0.5-1.0 sec)

Zone stabili suscettibili di amplificazioni

	FA = 1.1 - 1.2
	FA = 1.5 - 1.6
	FA = 1.9 - 2.0

Zone di attenzione per instabilità

	FA = 1.3 -1.4 FR
	FA = 1.7 -1.8 FR

9.5.2 – Fa massimi

Questo quanto risulta la classificazione di ogni FA massimo nella cartografia di MS max

Zone stabili suscettibili di amplificazione

 FA = 1.1 - 1.2

 FA = 1.3 - 1.4

 FA = 1.5 - 1.6

 FA = 1.7 - 1.8

 FA = 1.9 - 2.0

 FA = 2.1 - 2.2

Zone di attenzione per instabilità (livello 2)

 FA_{FR} = 1.5 - 1.6

 FA_{FR} = 1.7 - 1.8

 FA_{FR} = 1.9 - 2.0

 FA_{FR} = 2.1 - 2.2

9.6 – Carta della Pericolosità Sismica

La sintesi delle informazioni derivanti dagli studi di MS, ci ha consentito di valutare le situazioni di pericolosità sismica delle diverse aree indagate, secondo i criteri della D.P.G.R. n.53/R/201 (par. B.7 e par. C.5 delle direttive dell'Allegato A).

Si fa presente che, in attesa dell'aggiornamento di suddetta norma, la distinzione tra Classe di Pericolosità Sismica Elevata (S.3) e quella Media (S.2) è stata fatta assumendo come valore limite il fattore di amplificazione $FA > 1.4$ per le aree "stabili suscettibili di amplificazione", interessate da pericolosità sismica derivante dal contrasto di impedenza tra copertura e substrato. Per le "zone di attenzione per instabilità" ci si è riferiti alla DPGR n.53/R del 20011.

Pericolosità sismica per contrasto di impedenza sismica tra copertura e substrato

 Pericolosità Sismica S2

 Pericolosità Sismica S3

Pericolosità Sismica per effetti dinamici

 Pericolosità Sismica S3 - Elevata (FR_Q, FR_ND)

 Pericolosità Sismica S4 - Molto Elevata (FR_A)

PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE MEDIA (S.2):

Corrispondente a:

1 - zone stabili suscettibili di amplificazioni locali caratterizzati da un medio-basso contrasto di impedenza sismica atteso tra copertura e substrato.

Per basso contrasto si è assunto un valore di $FA < 1.4$.

Il R.U. nel definire la fattibilità degli interventi in Pericolosità Sismica Media dovrà valutare i singoli fenomeni indotti (punto 3.5 delle direttive di cui all'Allegato A del D.P.G.R. n° 53/R del 25.10.2011, riportato in corsivo).

Nelle situazioni caratterizzate da pericolosità sismica media (S2) non è necessario indicare condizioni di fattibilità specifiche per la fase attuativa o per la valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia.

Tuttavia per le aree in S.2, dovranno essere eseguite valutazioni caso per caso attraverso indagini sismiche ad hoc, dei possibili livelli di alterazione e/o fratturazione del substrato che potrebbe portare, localmente, fenomeni di amplificazione anche non trascurabile.

PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE ELEVATA (S.3):

Corrispondenti a:

1 – zone suscettibili di instabilità di versante quiescente che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici (Frane quiescenti);

2 - zone suscettibili di instabilità di versante non definita (Fnd: frane di cui non si conosce lo stato di attività; - Frip: frane oggetto di interventi di ripristino) che però potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici;

3 - zone stabili suscettibili di amplificazioni locali caratterizzati da un alto contrasto di impedenza sismica atteso tra copertura e substrato rigido, corrispondenti a valori di FA ≥ 1.4 .

Il R.U. nel definire la fattibilità degli interventi in Pericolosità Sismica Elevata dovrà valutare i singoli fenomeni indotti (punto 3.5 delle direttive di cui all'Allegato A del D.P.G.R. n° 53/R del 25.10.2011, riportato in corsivo).

Nelle situazioni caratterizzate da pericolosità sismica locale elevata (S3), in sede di predisposizione dei piani complessi di intervento o dei piani attuativi o, in loro assenza, in sede di predisposizione dei progetti edilizi, sono valutati i seguenti aspetti:

1 - nel caso di zone suscettibili di instabilità di versante quiescente, oltre a rispettare le prescrizioni riportate nelle condizioni di fattibilità geomorfologica (par. 3.2.1 All.A del D.P.G.R. n° 53/R del 25.10.2011), sono realizzate indagini geofisiche e geotecniche per le opportune verifiche di sicurezza e per la corretta definizione dell'azione sismica. Si consiglia l'utilizzo di metodologie geofisiche di superficie capaci di restituire un modello 2D del sottosuolo al fine di ricostruire l'assetto sepolto del fenomeno gravitativo. E' opportuno che tali indagini siano tarate mediante prove geognostiche dirette con prelievo di campioni su cui effettuare la determinazione dei parametri di rottura anche in condizioni dinamiche e cicliche. Tali indagini sono in ogni caso da rapportare al tipo di verifica (analisi pseudostatica o analisi dinamica), all'importanza dell'opera e al meccanismo del movimento del corpo franoso.

2 – Nel caso specifico, vista la presenza di numerosi corpi di frana classificati nella Carta Mops come "instabilità di versante non definita" derivanti da "frane di cui non si conosce lo stato di attività" (Fnd) e "frane oggetto di interventi di ripristino" (Frip), oltre a rispettare le prescrizioni riportate nelle condizioni di fattibilità geomorfologica (par. 3.2.1 All.A del D.P.G.R. n° 53/R del 25.10.2011), sono realizzate indagini geofisiche e geotecniche per le opportune verifiche di sicurezza e per la corretta definizione dell'azione sismica. Si consiglia l'utilizzo di metodologie geofisiche di superficie capaci di restituire un modello 2D del sottosuolo al fine di individuare e/o ricostruire l'assetto sepolto del fenomeno gravitativo, è opportuno che tale ricostruzione sia tarata, se possibile, mediante indagini geognostiche dirette. Tali indagini sono in ogni caso da rapportare al tipo di verifica (analisi pseudostatica o analisi dinamica), all'importanza dell'opera e al meccanismo del movimento del corpo franoso.

3 - nelle zone stabili suscettibili di amplificazione locali caratterizzate da un alto contrasto di impedenza sismica tra copertura e substrato rigido entro alcune decine di metri, è realizzata una campagna di indagini geofisiche (ad esempio profili sismici a riflessione/rifrazione, prove sismiche in foro, profili MASW) e geotecniche (ad esempio sondaggi, preferibilmente a c.c.) che definisca spessori, geometrie e velocità sismiche dei litotipi sepolti al fine di valutare l'entità del contrasto di rigidità sismica dei terreni tra coperture e bedrock sismico.

PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE MOLTO ELEVATA (S.4)

Corrispondente a :

1 – zone suscettibili di instabilità di versante attiva che pertanto potrebbero subire una accentuazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici" (Frana attiva);

Il R.U., nel definire la fattibilità degli interventi, dovrà valutare i singoli fenomeni indotti secondo quanto definito al punto 3.5 delle direttive di cui all'Allegato A del D.P.G.R. n° 53/R del 25.10.2011, di seguito riportate in corsivo:

a) nel caso di zone suscettibili di instabilità di versante attive, oltre a rispettare le prescrizioni riportate nelle condizioni di fattibilità geomorfologica (paragrafo 3.2.1 All.A del D.P.G.R. n° 53/R del 25.10.2011), sono realizzate indagini geofisiche e geotecniche per le opportune verifiche di sicurezza e per la corretta definizione

dell'azione sismica. Si consiglia l'utilizzo di metodologie geofisiche di superficie capaci di restituire un modello 2D del sottosuolo al fine di ricostruire l'assetto sepolto del fenomeno gravitativo. E' opportuno che tali indagini siano tarate mediante prove geognostiche dirette con prelievo di campioni su cui effettuare la determinazione dei parametri di rottura anche in condizioni dinamiche e cicliche. Tali indagini sono tuttavia da rapportare al tipo di verifica (analisi pseudostatica o analisi dinamica), all'importanza dell'opera e al meccanismo del movimento del corpo franoso;

Dott. Geol. Paola Peccianti

BIBLIOGRAFIA

- *Indirizzi e Criteri di Microzonazione Sismica del Dipartimento della Protezione Civile Nazionale (ICMS) approvati il 13 novembre 2008 dalla Conferenza delle regioni e delle Province autonome;*
- *Istruzioni Tecniche per le indagini geologiche, geofisiche, geognostiche e geotecniche per la valutazione degli effetti locali nei comuni classificati sismici della toscana – Volume 1B “Criteri, metodologie, modalità di presentazione delle indagini e degli elaborati” - Istruzioni Tecniche del Programma VEL (Valutazione Effetti Locali) della Regione Toscana (2007);*
- *Volume di “Ingegneria Sismica 2/2011”;*
- *Standard di rappresentazione ed archiviazione informativa , versione 4.1 (versione Novembre 2018);*
- *Catalogo parametrico dei terremoti italiano dall'anno 1000 al 2006 (CPT111) dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (I.G.N.V.);*
- *DGRT n. 1162 del 22/10/2018, “Approvazione delle nuove specifiche tecniche regionali per l'elaborazione di indagini e studi di microzonazione sismica” - (Allegato A);*
- *Potenzialità sismica della toscana e definizione dei criteri di priorità per interventi di prevenzione (E. Mantovani, M. Viti, D. Babbucci, N. Cenni, C. Tamburelli, A. Vannucchi, F. Falciani, G. Fianchisti, M. Baglione, V. D'Intinosante, P. Fabbroni; Regione Toscana, 2012);*
- *Realizzazione di abachi regionali per amplificazioni litostratigrafiche finalizzati alla redazione di cartografie di microzonazione sismica di livello 2. Dott. G. Peruzzi, Dott. D. Pileggi e Prof. D. Albarello-Dicembre 2013.*
- *Relazione Generale – Variante Generale al Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (P.T.C. di Pistoia, Aprile 2009);*
- *Relazione geologica (Piano Strutturale Comune di Massa e Cozzile – dott. A. Bartolini 2005)*
- *Note illustrative” della Carta Geologica d'Italia (alla scala 1:50.000)- Foglio 262 – Pistoia (a cura di A. Puccinelli, G.D'Amato Anazi, N.Perilli, M. Verani), Progetto CARG – Università di Pisa – Scienze della Terra.*

APPENDICE 1:

Misure di rumore con indicazione dei valori di FA attribuiti sulla base delle V_s (v_{sH} o V_{s30}) e dei valori di frequenza (f_0)

PKEY_SPU	ARCH_EX	TIPO_IND	BSTRA	NOTE	NOTE2	FREQUE	COORD_X	COORD_Y	ID_SPU	CAT	FH0105	FH0510	VS
176	203E	HVSR	SI	2,5		NP	158363	4871611	047008P176	E	1,40000	1,10000	489
177	203F	HVSR	SI	3,4		NP	158385	4871606	047008P177	E	1,40000	1,10000	489
178	203G	HVSR	SI	2,6		NP	158398	4871605	047008P178	E	1,80000	1,60000	330
179	203H	HVSR	SI	3,9		16,5	158418	4871609	047008P179	E	1,50000	1,10000	330
180	203I	HVSR	SI	5		10,4	158390	4871579	047008P180	E	1,50000	1,10000	330
181	203L	HVSR	NO			NP	158389	4871639	047008P181	E	1,40000	1,10000	489
198	207L	HVSR	SI	5,5	MG	NP	158781	4870988	047008P198	E	1,80000	1,60000	294
199	207M	HVSR	SI	5	MG	NP	158789	4871017	047008P199	E	1,80000	1,60000	326
200	207N	HVSR	SI	2	MG	NP	158789	4870996	047008P200	E	1,80000	1,60000	294
203	208F	HVSR	SI	10		10,9	158464	4870591	047008P203	B	1,30000	1,10000	463
204	208G	HVSR	SI	10	0	9,3	158462	4870601	047008P204	B	1,30000	1,10000	463
206	209B	HVSR	SI	25?	0	3,03	159772	4865479	047008P206	C	1,80000	1,70000	274
209	210C	HVSR	SI	140		0,45	158688	4866274	047008P209	C	1,10000	1,40000	285
214	211E	HVSR	SI	39		1,62	158764	4867534	047008P214	C	1,40000	2,00000	280
215	211F	HVSR	SI	73		0,85	158791	4867700	047008P215	C	1,10000	1,40000	295
216	211P	HVSR	SI	54		1,16	158969	4867521	047008P216	C	1,40000	2,00000	280
220	212D	HVSR	SI-NO	22		2,95	158981	4868197	047008P220	C	1,80000	1,90000	248
221	212E	HVSR	SI-NO	28		2,24	159112	4868179	047008P221	C	1,70000	1,90000	280
225	213D	HVSR		10		6,79	158877	4868989	047008P225	B	1,80000	1,20000	368
227	214B	HVSR		6		11,67	158221	4870568	047008P227	B	1,20000	1,00000	606
229	215B	HVSR	SI	3		NP	158287	4870666	047008P229	B	1,40000	1,10000	590
230	215C	HVSR	SI	3		NP	158251	4870684	047008P230	B	1,40000	1,40000	590
231	215D	HVSR	SI	3		NP	158235	4870695	047008P231	B	1,40000	1,10000	590
241	218L	HVSR	SI	18?		4,8	159578	4864901	047008P241	C			197
242	218M	HVSR	SI	50		2,29	159707	4865087	047008P242	C	2,00000	2,30000	187
243	218N	HVSR	SI	63		1,8	159672	4864999	047008P243	C	1,30000	2,20000	187
269	300C	HVSR		220	MIS1	0,28	159231	4865300	047008P269	C	1,10000	1,40000	268
271	301B	HVSR		390	MIS2	0,16	158562	4865980	047008P271	C	1,10000	1,40000	303
272	302A	HVSR		80	MIS3	0,78	158999	4866119	047008P272	C	1,10000	1,40000	303
273	303A	HVSR		86	MIS4	0,72	159585	4866303	047008P273	C	1,10000	1,40000	290
274	304A	HVSR		83	MIS5	0,75	158666	4865472	047008P274	C	1,10000	1,40000	322
275	305A	HVSR		68	MIS6	0,91	158639	4866765	047008P275	C	1,10000	1,40000	340

276	306A	HVSR		71	MIS7	0,88	159570	4866745	047008P276	B	1,10000	1,20000	432
277	307A	HVSR		74	MIS8	0,84	159220	4866786	047008P277	B	1,10000	1,20000	432
278	308A	HVSR		43	MIS9	1,44	158925	4867344	047008P278	C	1,40000	2,00000	300
279	309A	HVSR		59	MIS10	1,06	159370	4867437	047008P279	C	1,40000	2,00000	300
280	310A	HVSR		59	MIS11	1,06	158851	4866957	047008P280	C	1,40000	2,00000	340
281	311A	HVSR		10	MIS12	15,3	158524	4867971	047008P281	B	1,30000	1,10000	536
282	312A	HVSR		6.6	MIS13	9,4	159115	4868691	047008P282	E	1,50000	1,10000	325
283	313A	HVSR		60	MIS14	1,03	158865	4866416	047008P283	C	1,40000	2,00000	285
284	314A	HVSR			MIS15	NP	158619	4868679	047008P284	B	1,40000	1,10000	410
285	315A	HVSR		77	MIS16	0,81	158916	4868630	047008P285	C	0,70000	1,30000	329
286	316A	HVSR		3.9	MIS17	15,7	159346	4869174	047008P286	B	1,50000	1,10000	394
287	317A	HVSR		2.6	MIS18	NP	158605	4869482	047008P287	B	1,80000	1,60000	394
288	318A	HVSR			MIS19	NP	158879	4869133	047008P288	B	1,20000	1,00000	654
289	319A	HVSR			MIS20	NP	159405	4870243	047008P289	B	1,80000	1,60000	382
290	320A	HVSR			MIS21	NP	158298	4870339	047008P290	A	1,80000	1,60000	380
291	321A	HVSR		8	MIS22	7,6	157920	4870209	047008P291		1,70000	1,10000	380
292	322A	HVSR			MIS23	14,97	158818	4869969	047008P292	A	1,50000	1,10000	380
293	323A	HVSR		5.5	MIS24	11,4	158807	4870165	047008P293	A	1,50000	1,10000	380
294	324A	HVSR			MIS25	NP	158312	4870498	047008P294	B	1,20000	1,00000	606
295	325A	HVSR		9	MIS26	7	158270	4870817	047008P295	B	1,20000	1,00000	714
296	327A	HVSR		14	mis28	4.5	158206	4871614	047008P296	E	1,70000	1,20000	489
297	328A	HVSR			mis29	NP	157332	4873044	047008P297	E	1,90000	1,60000	330
298	329A	HVSR			MIS30	NP	158334	4872085	047008P298	E	1,70000	1,20000	489
299	330A	HVSR		13.8	MIS31	4,53	159004	4871217	047008P299	E	2,00000	1,30000	294
300	331A	HVSR		44.3	MIS32	1,41	159333	4867617	047008P300	B	1,30000	1,70000	484
301	332A	HVSR			MIS33	NP	158141	4872981	047008P301		1,70000	1,20000	489
302	333A	HVSR		12.3	MIS34	5,09	157742	4871931	047008P302		1,70000	1,10000	489
303	334A	HVSR			MIS35	NP	157508	4870467	047008P303	E	1,80000	1,60000	288
304	335A	HVSR			MIS36	NP	160098	4871188	047008P304		1,80000	1,60000	294
305	336A	HVSR			MIS37	NP	157580	4872728	047008P305		1,70000	1,20000	489
342	401	HVSR	0	18.3	mis401	3.4	158769	4869721	047008P342	B	1,20000	1,00000	777
343	402	HVSR	0	0	mis402	NP	158707	4869612	047008P343	B	1,20000	1,00000	777
344	403	HVSR	0	3.88	mis403	16.09	158742	4869506	047008P344	B	1,20000	1,00000	777

345	404	HVSR	0	9.65	mis404	6.47	158798	4869349	047008P345	B	1,20000	1,00000	777
346	405	HVSR	0	6.8	mis405	9.15	158810	4869152	047008P346	B	1,20000	1,00000	654
347	406	HVSR	0	5	mis406	12.45	158860	4868880	047008P347	B	1,50000	1,10000	368
348	407	HVSR	0	7.14	mis407	8.75	158853	4868684	047008P348	B	1,50000	1,10000	384
349	408	HVSR	0	5.11	mis408	12.22	158842	4868822	047008P349	B	1,50000	1,10000	384
350	409	HVSR	0	6.7	mis409	9.3	158880	4868600	047008P350	C	1,50000	1,10000	329
351	410	HVSR	0	8.1	mis410	7.67	158851	4868456	047008P351	E	1,70000	1,10000	360
352	411	HVSR	0	9.12	mis411	6.85	158952	4868470	047008P352	E	1,80000	1,20000	325
353	412	HVSR	0	9.13	mis412	6.84	158957	4868509	047008P353	E	1,80000	1,20000	325
354	413	HVSR	0	4.16	mis413	15.01	159012	4868621	047008P354	E	1,50000	1,10000	325
355	414	HVSR	0	13.2	mis414	4.73	158992	4868377	047008P355	E	2,00000	1,30000	325
356	415	HVSR	0	8.2	mis415	7.62	158905	4868359	047008P356	E	1,70000	1,10000	360
357	416	HVSR	0	13.9	mis416	4.48	158931	4868294	047008P357	E	2,00000	1,30000	360
358	417	HVSR	0	15.5	mis417	4.03	158894	4868210	047008P358	E	2,00000	1,30000	360
359	418	HVSR	0	18.7	mis418	3.34	158992	4868157	047008P359	C	2,10000	1,60000	248
360	419	HVSR	0	16.8	mis419	3.7	158906	4868128	047008P360	E	2,10000	1,60000	345
361	420	HVSR	0	15.6	mis420	4	158906	4868057	047008P361	E	2,00000	1,30000	345
362	421	HVSR	0	22.8	mis421	2.74	158887	4867858	047008P362	E	1,80000	1,90000	345
363	422	HVSR	0	25.7	mis422	2.43	159001	4867662	047008P363	C	1,70000	1,90000	210
364	423	HVSR	0	27.4	mis423	2.28	159031	4867546	047008P364	C	1,70000	1,90000	210
365	424	HVSR	0	29.3	mis424	2.13	158994	4867465	047008P365	C	1,70000	1,90000	280
366	425	HVSR	0	31.2	mis425	2	158908	4867388	047008P366	C	1,70000	1,90000	300
367	426	HVSR	0	21.18	mis426	2.95	159032	4867305	047008P367	C	1,70000	1,90000	300
368	427	HVSR	0	44.3	mis427	1.41	159127	4866868	047008P368	B	1,10000	1,20000	432
369	428	HVSR	0	26.5	mis428	2.36	159109	4866255	047008P369	C	1,70000	1,90000	290
370	429	HVSR	0	27.17	mis429	2.3	158989	4866297	047008P370	C	1,70000	1,90000	290
371	430	HVSR	0	22.9	mis430	2.72	159106	4866605	047008P371	B	1,50000	1,60000	432
372	431	HVSR	0	4.85	MIS431	12.91	157959	4870629	047008P372	B	1,30000	1,10000	590
373	432	HVSR	0	0	MIS432	NP	157974	4870649	047008P373	B	1,30000	1,10000	590
374	433	HVSR	0	0	MIS433	NP	158022	4870628	047008P374	B	1,30000	1,10000	590
375	434	HVSR	0	0	MIS434	NP	158143	4870604	047008P375	B	1,20000	1,00000	606
376	435	HVSR	0	2.88	MIS435	21.7	158203	4870600	047008P376	B	1,20000	1,00000	606
377	436	HVSR	0	0	MIS436	NP	158261	4870548	047008P377	B	1,20000	1,00000	606

378	437	HVSR	0	3.4	MIS437	18.41	158266	4870484	047008P378	B	1,20000	1,00000	606
379	438	HVSR	0	0	MIS438	NP	158331	4870487	047008P379	B	1,20000	1,00000	606
380	439	HVSR	0	3.6	MIS439	17.33	158419	4870522	047008P380	B	1,30000	1,10000	463
381	440	HVSR	0	3.55	MIS440	17.59	158340	4870404	047008P381	A	1,50000	1,10000	380
382	441	HVSR	0	0	MIS441	NP	158043	4871196	047008P382	B	1,20000	1,00000	714
383	442	HVSR	0	0	MIS442	NP	158037	4871257	047008P383	B	1,20000	1,00000	714
384	443	HVSR	0	0	MIS443	NP	158007	4871322	047008P384	E	1,30000	1,10000	489
385	444	HVSR	0	3.68	MIS444	16.95	158037	4871460	047008P385	E	1,30000	1,10000	489
386	445	HVSR	0	5.7	MIS445	10.97	158134	4871503	047008P386	E	1,30000	1,10000	489
387	446	HVSR	0	19.6	MIS446	3.18	158133	4871454	047008P387	E	1,70000	1,40000	489
388	447	HVSR	0	0	MIS447	NP	158082	4871444	047008P388	E	1,30000	1,10000	489
389	448	HVSR	0	0	MIS448	NP	158107	4871360	047008P389	E	1,30000	1,10000	489
390	461	HVSR	0	35.9	MIS461	1.74	159077	4868109	047008P390	C	1,40000	2,00000	280
391	462	HVSR	0	34.5	MIS462	1.81	159244	4868189	047008P391	C	1,40000	2,00000	280
392	463	HVSR	0	21.5	MIS463	2.9	159303	4868094	047008P392	C	1,70000	1,90000	280
393	464	HVSR	0	0	MIS464	NP	159060	4867842	047008P393	C	1,40000	1,80000	280
394	465	HVSR	0	43.4	MIS465	1.44	159049	4867740	047008P394	C	1,40000	2,00000	210
395	466	HVSR	0	36	MIS466	1.73	158998	4867747	047008P395	C	1,40000	2,00000	210
396	467	HVSR	0	20.8	MIS467	3	159003	4867666	047008P396	C	1,80000	1,70000	210
397	468	HVSR	0	20.9	MIS468	2.99	158920	4867740	047008P397	C	1,70000	1,90000	210
398	469	HVSR	0	19.8	MIS469	3.15	158814	4867852	047008P398	E	2,10000	1,60000	345
399	470	HVSR	0	32.2	MIS470	1.94	158706	4867732	047008P399	E	1,30000	2,20000	345
400	471	HVSR	0	37.6	MIS471	1.66	159136	4866189	047008P400	C	1,40000	2,00000	290
401	472	HVSR	0	37.6	MIS472	1.65	159153	4866104	047008P401	C	1,40000	2,00000	290
402	473	HVSR	0	40.3	MIS473	1.55	159166	4866062	047008P402	C	1,40000	2,00000	290
403	474	HVSR	0	41.4	MIS474	1.51	159265	4865778	047008P403	C	1,40000	2,00000	290
404	475	HVSR	0	37.4	MIS475	1.67	159278	4865670	047008P404	C	1,40000	2,00000	290
405	476	HVSR	0	38.5	MIS476	1.62	158755	4867533	047008P405	C	1,40000	2,00000	295
406	477	HVSR	0	43.7	MIS477	1.43	159305	4867956	047008P406	C	1,40000	2,00000	280
407	478	HVSR	0	37	MIS478	1.69	159324	4867673	047008P407	B	1,30000	1,70000	484
408	479	HVSR	0	42.5	MIS479	1.47	159017	4867213	047008P408	C	1,40000	2,00000	300
409	480	HVSR	0	44.3	MIS480	1.41	158918	4867622	047008P409	C	1,40000	2,00000	200
410	481	HVSR	0	32.7	MIS481	1.91	158795	4867776	047008P410	E	1,30000	2,20000	345

411	482	HVSR	0	44.5	MIS482	1.40	159240	4867649	047008P411	B	1,30000	1,70000	484
412	483	HVSR	0	37.6	MIS483	1.66	159083	4866790	047008P412	B	1,30000	1,70000	432
413	484	HVSR	0	38	MIS484	1.64	159235	4866360	047008P413	C	1,40000	2,00000	322
414	485	HVSR	0	30	MIS485	2.51	158960	4865897	047008P414	C	1,70000	1,90000	322
415	486	HVSR	0	24.6	MIS486	2.54	158994	4866074	047008P415	C	1,70000	1,90000	322
416	487	HVSR	0	32.2	MIS487	1.94	159578	4865505	047008P416	C	1,40000	2,00000	274
417	488	HVSR	0	68.7	MIS488	0.91	159409	4865469	047008P417	C	1,10000	1,40000	286
418	449	HVSR	0	0	MIS449	NP	158074	4871510	047008P418	E	1,40000	1,10000	489
419	450	HVSR	0	6.6	MIS450	9.46	158175	4871569	047008P419	E	1,30000	1,10000	489
420	451	HVSR	0	3.9	MIS451	16	158276	4872103	047008P420	E	1,40000	1,00000	489
421	452	HVSR	0	0	MIS452	NP	158300	4872140	047008P421	E	1,70000	1,20000	489
422	453	HVSR	0	17.8	MIS453	3.51	157450	4872901	047008P422		1,80000	1,40000	489
423	454	HVSR	0	0	MIS454	NP	157291	4873088	047008P423		1,70000	1,20000	489
424	455	HVSR	0	19.40	MIS455	3.22	157372	4873047	047008P424	E	1,80000	1,40000	489
425	456	HVSR	0	0	MIS456	NP	158284	4871914	047008P425	E	1,70000	1,20000	489
426	457	HVSR	0	0	MIS457	NP	158882	4870657	047008P426	B	1,50000	1,10000	382
427	458	HVSR	0	0	MIS458	NP	158822	4870805	047008P427	B	1,50000	1,10000	382
428	459	HVSR	0	0	MIS459	NP	158808	4871113	047008P428	E	1,50000	1,10000	326
429	460	HVSR	0	0	MIS460	NP	158681	4870804	047008P429	B	1,50000	1,10000	382
430	489	HVSR	0	55.8	MIS489	1.12	159298	4865470	047008P430	C	1,40000	2,00000	268
431	490	HVSR	0	60	MIS490	1.04	159304	4865298	047008P431	C	1,40000	2,00000	268
432	491	HVSR	0	56.8	MIS491	1.1	159284	4865154	047008P432	C	1,40000	2,00000	268
433	492	HVSR	0	32.5	MIS492	1.92	159434	4865238	047008P433	C	1,40000	2,00000	268
434	493	HVSR	0	27.4	MIS493	2.28	159566	4865303	047008P434	C	1,70000	1,90000	268
435	494	HVSR	0	34.5	MIS494	1.81	159687	4865619	047008P435	C	1,40000	2,00000	274
436	495	HVSR	0	32.05	MIS495	1.95	159812	4865936	047008P436	C	1,40000	2,00000	274
437	496	HVSR	0	14.4	MIS496	4.35	159343	4864947	047008P437	C	1,70000	1,60000	225
438	497	HVSR	0	21.5	MIS497	2.9	159126	4865140	047008P438	C	1,70000	1,90000	245
439	498	HVSR	0	28.1	MIS498	2.22	159213	4864833	047008P439	C	1,70000	1,90000	225
440	499	HVSR	0	52	MIS499	1.2	159021	4864966	047008P440	C	1,40000	2,00000	245
441	500	HVSR	0	0	MIS500	NP	159148	4865365	047008P441	C	1,40000	1,80000	268
442	501	HVSR	0	33.8	MIS501	1.85	158721	4865415	047008P442	C	1,40000	2,00000	245
443	502	HVSR	0	34.5	MIS502	1.81	158746	4865734	047008P443	C	1,40000	2,00000	322

444	503	HVSR	0	27.9	MIS503	2.29	158490	4865804	047008P444	C	1,70000	1,90000	303
445	504	HVSR	0	35.5	MIS504	1.76	158714	4866412	047008P445	C	1,40000	2,00000	285
446	505	HVSR	0	21.33	MIS505	2.93	158539	4866077	047008P446	C	1,70000	1,90000	303
447	506	HVSR	0	24.6	MIS506	2.54	159236	4868585	047008P447	E	1,80000	1,90000	325
448	507	HVSR	0	7.10	MIS507	8.78	158747	4868647	047008P448	B	1,50000	1,10000	384
449	508	HVSR	0	5.38	MIS508	11.61	158538	4868575	047008P449	B	1,30000	1,10000	536