



**PROTEZIONE CIVILE**  
 Presidenza del Consiglio dei Ministri  
 Dipartimento della Protezione Civile

**REGIONE  
 TOSCANA**



**CONFERENZA DELLE REGIONI E  
 DELLE PROVINCE AUTONOME**

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


# MICROZONAZIONE SISMICA

## Relazione tecnica illustrativa

### Regione Toscana

#### Comune di Montepulciano



<p>Regione Toscana</p>	<p><b>Soggetto realizzatore</b>          (ProGeo Engineering)</p> <p>referente e coordinatore delle attività          geol. FABIO POGGI</p> <p>MOPS</p> <p>geol. LUCA BERLINGOZZI</p> <p>responsabile del procedimento:          Arch. Massimo Bertone</p>	<p><b>Data</b></p> <p>Ottobre 2017</p> 
------------------------	--	--

## Sommario

1 - PREMESSA .....	2
2 - RIFERIMENTI NORMATIVI E SPECIFICHE TECNICHE .....	3
3 - SELEZIONE E DELIMITAZIONE DELLE AREE DI INDAGINE .....	4
4 - PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE ED EVENTI DI RIFERIMENTO .....	4
5 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E TETTONICO .....	9
6 - INDAGINI GEOLOGICHE, GEOTECNICHE E GEOFISICHE PREGRESSE E REALIZZATE .....	13
7 - MODELLO DI SOTTOSUOLO.....	14
8 - INTERPRETAZIONI ED INCERTEZZE NELLA DEFINIZIONE DEL MODELLO .....	16
9 - CLASSE DI QUALITÀ DELLA CARTA DI LIVELLO I.....	17
10 - METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI FINALI .....	18
11 - ELABORATI CARTOGRAFICI.....	21
12 - DESCRIZIONE DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA.....	21
13 - DESCRIZIONE DELLA CARTA GEOLOGICO TECNICA .....	26
14 - CONSIDERAZIONI SULLA SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE .....	27

### TAVOLE ALLEGATE

- Carta delle indagini (Tavv. 1,2,3)	scala 1:5.000
- Carta geologico tecnica per la microzonazione sismica (Tavv. 1,2,3)	scala 1:5.000
- Carta delle frequenze fondamentali dei depositi (Tavv. 1,2,3)	scala 1:5.000
- Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (Tavv. 1,2,3)	scala 1:5.000
- Sezioni geologico - tecniche	scala 1:2.500-5.000

## 1 - PREMESSA

Gli studi di Microzonazione Sismica hanno l’obiettivo di individuare ad una scala comunale le zone in cui le condizioni locali (geologia, litologia, stratigrafia, struttura e morfologia), possono modificare le caratteristiche di un terremoto o possono produrre deformazioni permanenti rilevanti per le costruzioni, le infrastrutture e l’ambiente.

Il presente studio di Microzonazione Sismica di Livello 1, rappresenta un livello propedeutico ai successivi studi di MS, che consiste in una raccolta organica e ragionata di dati di natura geologica, geofisica e geotecnica e delle informazioni preesistenti e 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”).

Per il presente studio i dati esistenti sono stati implementati con le seguenti indagini geofisiche:

- n° 53 misure di frequenze naturali dei terreni H/V
- n° 2 stendimenti sismici a rifrazione in onde P ed Sh delle lunghezza di 120 m
- n° 2 indagini geofisiche mediante misura su antenna sismica (ESAC)
- n° 2 indagini geofisiche mediante metodologia MASW

Le carte MOPS delle aree indagate, prodotte con il presente studio, sostituiscono integralmente le Carte delle Zone a Maggior Pericolosità Sismica Locale (ZMPSL), allegate al Piano Strutturale che erano state redatte in adempimento a quanto era previsto dal D.P.G.R. n. 26/R del 27/04/2007.

## 2 - RIFERIMENTI NORMATIVI E SPECIFICHE TECNICHE

Lo studio e le indagini geofisiche sono state condotte secondo le specifiche normative tecniche contenute nell'Ordinanza CDPC n.171/14 del 19/06/2014, pubblicata in G.U. del 25.06.2014 (facente riferimento alle precedenti Ordinanze DPC n. 3907/2010, n.4007/2012 e CDPC n.52/2013) e nel D.G.R.T n.144 del Febbraio 2015. In particolare nell'Allegato A, che sostituisce ed amplia le precedenti specifiche tecniche regionali per la redazione di indagini e studi di MS approvate con Deliberazioni di G.R.T. n.261/2011, 741/2012 e 971/2013 si definiscono le specifiche di realizzazione delle indagini e degli studi di Microzonazione Sismica, si individuano i territori nei quali è prioritaria la realizzazione degli studi di MS, si definiscono le modalità di recepimento e utilizzo dei risultati degli studi di MS in fase pianificatoria, i criteri di selezione dei soggetti realizzatori degli studi di MS, le modalità di finanziamento per la realizzazione e le modalità di certificazione degli studi.

Le specifiche tecniche e gli standard di riferimento con cui è stato condotto lo studio di MS di livello 1, indicate dalla struttura Servizio Sismico regionale, sono le seguenti:

- 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;
- Specifiche tecniche regionali: Allegato A alla DGRT n.144/2015, Appendice 1, Appendici 1-6;
- Istruzioni Tecniche del Programma VEL (Valutazione Effetti Locali) della Regione Toscana;
- Indicazioni contenute nel volume di Ingegneria sismica 2/2011;
- Standard per la stesura della carta delle indagini e l'informatizzazione: Standard di rappresentazione ed archiviazione informatica – Commissione Tecnica per il monitoraggio degli studi di Microzonazione Sismica, Versione 4 (articolo 5, comma 7 dell'OPCM 13 novembre 2010, n.3907).

### 3 - SELEZIONE E DELIMITAZIONE DELLE AREE DI INDAGINE

Il territorio comunale di Montepulciano (SI) è inserito nella nuova classificazione sismica che è stata approvata con Del. GRT n° 421 del 26/05/2014 (pubblicata su BURT Parte Seconda n. 22 del 04.06.2014). L'aggiornamento è stato redatto ai sensi dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 3519/2006. Il Comune di Montepulciano (SI) è classificato in Zona Sismica 3.



Le zone di indagine sono state localizzate in corrispondenza dei centri abitati e delle aree ad essi limitrofe per un'adeguata ampiezza necessaria alla comprensione della situazione geologico-stratigrafica.

Per la precisa delimitazione delle aree indagate si rimanda alle tavole cartografiche allegate alla presente relazione.

### 4 - PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE ED EVENTI DI RIFERIMENTO

Il primo passo per la definizione della pericolosità è la conoscenza dei dati macrosismici presenti nel Database Macrosismico Italiano la cui ultima versione è il DBMI 2015 (<http://emidius.mi.ingv.it/DBMI15/>) messo a disposizione dall'INGV; all'interno del catalogo possono essere selezionati gli eventi di maggiore rilevanza che hanno interessato una data

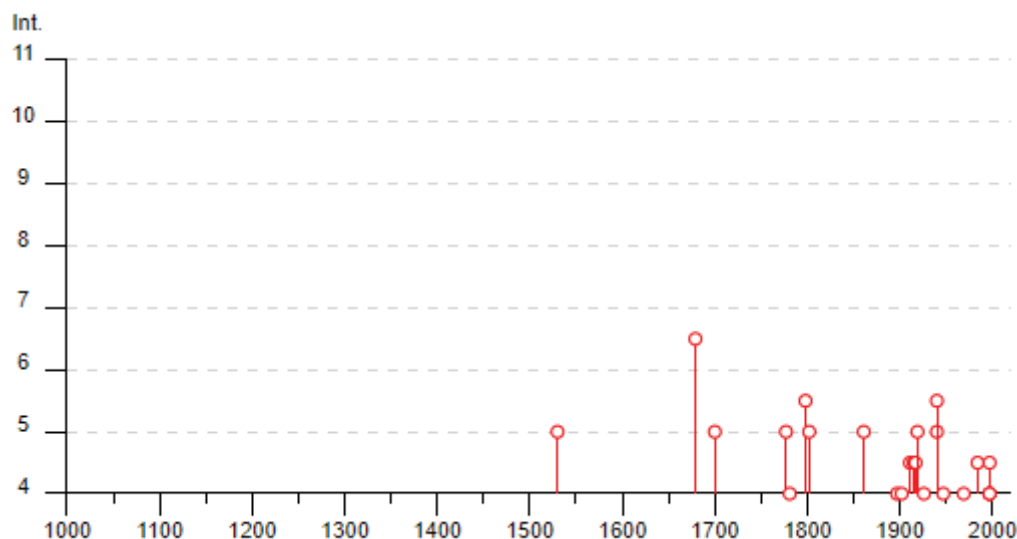


località. Nel caso di Montepulciano vengono evidenziati 42 eventi a partire dal 1530 e con relativa Magnitudo di Momento (Mw) dell'epicentro della scossa.

## Storia sismica di Montepulciano [43.097, 11.785]

Numero di eventi: 42

Effetti	In occasione del terremoto del								
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io Mw
5	1530	11	11	16	30		Senese	3	5-6 4.40
6-7	1679	03	24	11	30		Val d'Orcia	4	6-7 4.86
5	1700	02	05				Val d'Orcia	4	6-7 4.86
5	1777	10	05	15	45		Val di Paglia	11	7 5.14
4	1781	01	03	02	30		Crete Senesi	22	7-8 5.19
F	1787	12	26				Casentino	6	5-6 4.40
3	1787	12	26	15	10		Casentino	2	
5-6	1798	09	08	16	45		Val d'Orcia	6	6-7 4.86
5	1802	10	30	18	30		Val d'Orcia	17	7 5.15
F	1854	12	04	01			Senese	3	4 3.70
5	1861	05	09	01	53		Val di Chiana	28	6-7 5.02
2	1887	02	23	05	21	5	Liguria occidentale	1511	9 6.27
2	1895	05	18	19	55	1	Fiorentino	401	8 5.50
4	1897	11	15	23	52		Val d'Orcia	26	5 4.10
4	1902	12	17	05	21		Monte Amiata	30	6-7 4.83
NF	1904	11	17	05	02		Pistoiese	204	7 5.10
3	1905	02	12	08	28		Monte Amiata	61	6 4.55
3	1909	01	13	00	45		Emilia Romagna orientale	867	6-7 5.36
4-5	1911	09	13	22	29	0	Chianti	115	7 5.08
4-5	1915	01	13	06	52	4	Marsica	1041	11 7.08
4-5	1917	04	26	09	35	5	Alta Valtiberina	134	9-10 5.99
5	1919	09	10	16	57		Val di Paglia	67	7-8 5.36
4	1926	01	08	09	14		Monte Amiata	24	7 4.90
3-4	1940	01	31	11			Sienna	30	5-6 4.23
5	1940	06	19	14	10		Monte Amiata	28	6 4.64
5-6	1940	10	16	13	17		Val di Paglia	106	7-8 5.29
4	1947	12	24				Crete Senesi	26	6 4.46
4	1969	08	11	13	55		Lago Trasimeno	46	7 4.70
3	1979	09	19	21	35	3	Valnerina	694	8-9 5.83
3	1980	11	23	18	34	5	Irpinia-Basilicata	1394	10 6.81
4-5	1984	04	29	05	02	5	Umbria settentrionale	709	7 5.62
3	1984	05	07	17	50		Monti della Meta	912	8 5.86
NF	1993	06	05	19	16	1	Valle del Topino	326	6 4.72
4	1997	09	26	00	33	1	Appennino umbro-marchigiano	760	7-8 5.66
4-5	1997	09	26	09	40	2	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9 5.97
4	1997	10	03	08	55	2	Appennino umbro-marchigiano	490	5.22
4	1997	10	06	23	24	5	Appennino umbro-marchigiano	437	5.47
2	1997	10	14	15	23	1	Valnerina	786	5.62
2-3	1998	04	05	15	52	2	Appennino umbro-marchigiano	395	4.78
2-3	2000	04	01	18	08	0	Monte Amiata	68	6 4.52
2-3	2000	06	22	12	16	3	Bacino di Gubbio	107	5 4.47
3	2001	11	26	00	56	5	Casentino	211	5-6 4.63



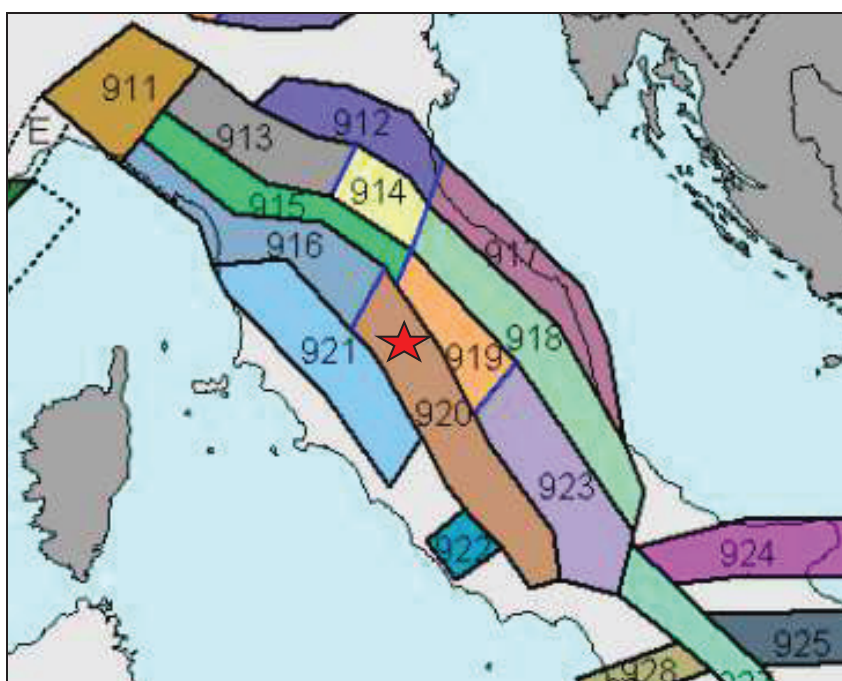
Il Database Macrosismico è utilizzato per la compilazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15 (A. Rovida, R. Camassi, P. Gasperini e M. Stucchi (a cura di), 2015. CPTI11, la versione 2015 del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani. Milano, Bologna, <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI>)

Da tale catalogo sono stati evidenziati alcuni terremoti avvenuti a partire dall'anno 1000 d.C. con Mw superiore a 4.5 con effetti registrati nell'area di Montepulciano:

- 27 Novembre 1545 : evento con epicentro nell'area della Val d'Orcia con Mw di  $5,35 \pm 0,46$  e intensità massima di grado 7-8 sulla scala Mercalli
- 24 Marzo 1679 : evento con epicentro nell'area della Val d'Orcia con Mw di  $4,86 \pm 0,46$  e intensità massima di grado 6-7 sulla scala Mercalli
- 11 Gennaio 1781 : evento con epicentro nell'area delle Crete Senesi con Mw di  $4,86 \pm 0,46$  e intensità massima di grado 6-7 sulla scala Mercalli
- 8 Settembre 1798 : evento con epicentro nell'area della Val d'Orcia con Mw di  $4,86 \pm 0,46$  e intensità massima di grado 6-7 sulla scala Mercalli
- 11 Agosto 1940 : evento con epicentro nell'area del Lago Trasimeno con Mw strumentale di  $4,87 \pm 0,29$  e intensità massima di grado 7 sulla scala Mercalli
- 11 Agosto 1969 : evento con epicentro nell'area del Lago Trasimeno con Mw strumentale di  $4,87 \pm 0,29$  e intensità massima di grado 7 sulla scala Mercalli



Il territorio del Comune di Montepulciano è compreso all'interno della zona 920 come definita all'interno della “Zonazione Sismogenetica ZS9 (Meletti C., Valensise G., 2004); tale zona, assieme alla 916 coincide con il settore in distensione tirrenica definito dal modello sismo-tettonico di Meletti et al.(2000). Tali zone sono caratterizzate da una sismicità di bassa energia, che sporadicamente può raggiungere valori di magnitudo relativamente elevati; la zona 920 è distinta dalla zona 916 per la maggior frequenza di questi eventi (Meletti C., Valensise G., 2004). Mentre le adiacenti zone a est della 920 (915, 919, 923) racchiudono faglie e sistemi di faglie legati all'estensione appenninica, la zona 916 assieme alla zona 920 rappresenta una transizione alla distensione peritirrenica.



**ZONAZIONE SISMOGENETICA ZS9**

Nella tabella seguente vengono riassunte le principali caratteristiche della zona 920

ZONA	Numero di eventi Md>2.0	Numero di eventi Md>2.5	Numero di eventi Md>3.0	Magnitudo massima (Md)	Classe di profondità (km)	Profondità efficace (km)
920	296	201	39	4,6	5-8	6

## 5 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E TETTONICO

Le aree indagate per lo studio di microzonazione sismica di 1° livello sono ubicate in Val di Chiana all'interno del bacino idrografico del Fiume Arno e per una minima parte all'interno del bacino idrografico del Fiume Ombrone.

Da un punto di vista morfologico il territorio corrispondente alle aree di studio può essere suddiviso:

- in una zona pianeggiante collocata ad una quota compresa tra i 250 m e i 270 m.s.l.m. che si apre a Nord verso la Valdichiana Aretina e a sud-est verso la porzione apicale della valle stessa che prende origine dai laghi di Montepulciano e Chiusi;
- in una zona collinare, all'interno della quale è situato il nucleo storico di Montepulciano posto ad una quota di circa 600 m s.l.m. che risulta edificato su un livello di sabbie plioceniche cementate che ne hanno caratterizzato la conformazione geomorfologica, conferendo all'abitato un aspetto arroccato apparendo bordato da pareti verticali.

I maggiori rilievi risultano allineati lungo la direttrice NW-SE con quote che aumentano procedendo da Nord verso Sud (infatti, si va da 563 m.s.l.m. di “Poggiano”, ai 688 m.s.l.m. del “Poggio di Totona” fino a 706 m.s.l.m. del monte “I Poggiardelli”).

I rilievi dei monti “I Poggiardelli” che dominano l'abitato di Sant'Albino, coincidono con gli affioramenti delle formazioni carbonatiche mesozoiche della Serie Toscana e fanno parte della dorsale Rapolano-Monte Cetona; hanno carattere tendenzialmente montuoso con valli fortemente incise e pendii ripidi.

Procedendo verso NE si passa ai litotipi sabbiosi che danno origine a rilievi più modesti con l'eccezione del Poggio Totona e del rilievo su cui è collocato il centro storico di Montepulciano.

Le forme impostate su questi litotipi sono più arrotondate ma danno comunque luogo a versanti con forti pendenze o addirittura scarpate; sono infatti presenti aree in cui è evidente una instabilità di versante elevata quali ad esempio l'area a nord-est del Poggio Totona, la fascia che circonda il centro storico di Montepulciano e la zona di Canneto, a nord-ovest del centro storico.

Procedendo ancora verso NE subentra il paesaggio di tipo collinare con forme dolci ed incisioni vallive accentuate, con quote comprese tra i 200 e i 400 m. s.l.m., caratteristiche queste conferite dai litotipi argillosi qui affioranti.

Caratteristiche morfologiche particolari compaiono in corrispondenza degli affioramenti delle argille plioceniche che conferiscono al paesaggio l'aspetto tipico caratterizzato da un insieme di colline a dolci declivi, sprovviste di vegetazione arborea.

Nell’area orientale del comune la colline vengono sostituite da una morfologia pianeggiante con quote che si attestano sui 250 m. s.l.m.; questa vallata, costituita da un’ampia pianura alluvionale allungata in direzione NE-SW, fa parte del Bacino idrografico del Canale Maestro della Chiana.

Nella fascia nord-orientale della vallata si trova una modesta dorsale di colline a dolce pendenza con quote comprese tra i 300 e i 350 m.s.l.m. costituita da depositi continentali villafranchiani; quest’area risulta caratterizzata da una limitata instabilità che in certe zone può divenire elevata.

## 5.1 – TETTONICA

I movimenti tettonici che hanno generato il bacino della Val di Chiana sono iniziati verso la fine del Miocene (Messiniano) con il sollevamento della Toscana meridionale e il completamento delle principali dorsali con direzione NO-SE. I fenomeni di regressione che si verificano in questo periodo sono ben documentati nei bacini più “periferici” della Toscana (Martini & Sagri, 1982) nei quali, alla base del ciclo pliocenico si rinvergono facies conglomeratiche.

Probabilmente anche il bacino della Val di Chiana ha subito un’analogia evoluzione, ma attualmente i sedimenti più antichi sono rappresentati da facies marine e non vanno oltre il Pliocene inferiore. Con il Pliocene si ebbe infatti una generale subsidenza durante la quale il mare raggiunse da O il margine SO della dorsale dei Monti del Chianti; tale trasgressione è ben testimoniata dai depositi marini pliocenici affioranti localmente nella parte occidentale della Val di Chiana.

Il graduale sollevamento pleistocenico determina infine la generale regressione marina.

La porzione della dorsale Rapolano – Monte Cetona qui affiorante è costituita in massima parte dalle formazioni della Successione Toscana non-metamorfica (Falda Toscana). Sono da segnalare infatti degli affioramenti, in particolare nell’area di Sant’Albino, delle formazioni mesozoiche che rappresentano probabilmente il fronte più esterno della porzione mesozoica della successione. Il motivo strutturale è caratterizzato da pieghe rovesciate con vergenza orientale o nord-orientale.

La copertura pliocenica presenta invece una giacitura generalmente sub-orizzontale e non vi sono stati apparentemente riscontrati indizi di attività tettonica.

## **5.2 – SUBSTRATO PRE-PLIOCENICO**

Il substrato litoide pre-pliocenico affiorante è costituito dalle formazioni della Falda Toscana. In particolare all’interno dell’area di studio sono affioranti la formazione dei “Calcari e marne a Rhaetavicula contorta” e quella del “Calcere Massiccio”. Nella prima prevalgono calcari, calcari dolomitici e dolomie, con sottili intercalazioni di marne; nella seconda i calcari e i calcari dolomitici sono grossolanamente stratificati o massicci. Il contatto con le formazioni neogeniche è caratterizzato nell’area di Sant’Albino dalla presenza di faglie dirette di notevole rigetto in corrispondenza delle quali si è verificata la risalita di fluidi responsabili della formazione delle placche travertinose presenti in superficie, testimoniata anche attualmente dalla presenza di sorgenti termali.

## **5.3 – DEPOSITI DEL BACINO DELLA VAL DI CHIANA**

Nella zona pianeggiante e sub-collinare dell’area di studio sono affioranti i depositi olocenici riferibili alle alluvioni recenti, terrazzate o non terrazzate; al di sotto di questa formazione si trovano i depositi fluvio-lacustri nell’area di Valiano e i depositi marini pliocenici nelle altre aree: si tratta di sedimenti depositi in ambiente continentale, dapprima lacustre e successivamente fluvio-lacustre nel primo caso e di sedimenti depositi nel contesto della trasgressione marina pliocenica nel secondo. La loro genesi è legata alle fasi estensionali che hanno smembrato l’edificio appenninico, con direzioni preferenziali orientate in senso NO-SE e successivamente alle quali si crearono condizioni idonee per una sedimentazione di tipo continentale nelle aree più interne e marina in quelle più esterne.

## **5.4 – DEPOSITI CONTINENTALI ATTUALI E RECENTI**

I depositi olocenici sono costituiti da depositi alluvionali distinti in depositi alluvionali attuali e recenti, e questi a loro volta in depositi terrazzati e non terrazzati; i depositi attuali sono presenti nei letti fluviali attuali e sono prevalentemente grossolani, oppure sono costituiti da depositi di colmata (legati alle operazioni di bonifica della Val di Chiana).

## 5.5 – CENNI GEOMORFOLOGICI

Le forme geomorfologiche cartografate all'interno dell'area di studio derivano da attività di sopralluogo diretto sul territorio e da un lavoro di revisione delle cartografie esistenti, quali la Carta Geomorfologica allegata al Piano Strutturale, la cartografia presente all'interno del database geologico regionale, le carte di pericolosità geomorfologica presenti all'interno del PAI del Fiume Arno.

Le fenomenologie di carattere gravitativo più significativo sono concentrate nell'area di Montepulciano e in quella di Sant'Albino. La dorsale su cui sorge il capoluogo comunale è in effetti caratterizzata ai suoi margini dalla presenza di fenomeni di crollo dalle porzioni morfologicamente più elevate per scalzamento alla base del pendio, che spesso evolvono in colate muovendosi dal piede del versante. Tali forme hanno dimensioni anche importanti; lo stato di attività è per la maggior parte di esse quiescente anche se specialmente in concomitanza di eventi meteorici di notevole entità possono subire riattivazioni anche repentine. A testimonianza di quanto sopra, è la perimetrazione delle aree soggette a pericolosità geomorfologica del PAI dell'AdB Arno che delimita un'area a pericolosità elevata posta a corona dell'abitato di Montepulciano, oltre all'area di Canneto, a nord-ovest del capoluogo comunale, per cui la pericolosità diviene molto elevata per l'attuale stato di attività; altre aree caratterizzate da pericolosità da elevata a molto elevata sono quelle poste sui versanti del Poggio di Totona sia ad ovest (già nel bacino del F.Orcia), con fenomenologie anche recenti, e in corrispondenza della valle del Fosso dell'Acquapuzzola, che coinvolgono litologie mediamente più argillose.

### *Bibliografia:*

Giuseppe Aruta, Piero Bruni; Nicola Cipriani, Enrico Pandeli: “*The siliciclastic turbidite sequenze of the tuscan domain in the Val di Chiana-Val Tiberina Area(Eastern Tuscany and North-Western Umbria)*”, Mem.Soc.Geol.It, 52 (1998), 579-593, 10 ff.

Guide Geologiche Regionali, *Appennino Umbro-Marchigiano*, Vol. 7 Be-Ma editrice, 1994.

## 6 – INDAGINI GEOLOGICHE, GEOTECNICHE E GEOFISICHE PREGRESSE E REALIZZATE

Da un punto di vista geologico-geomorfologico sono stati analizzati gli elaborati cartografici di base del Piano Strutturale e la cartografia presente nel database geologico della Regione Toscana. Il presente studio di Microzonazione sismica di livello 1 ha comportato, in prima istanza, il reperimento e la raccolta dei dati relativi alle indagini del sottosuolo effettuate nell’area di interesse.

Tale raccolta ha comportato la consultazione di varie banche dati: la banca dati delle indagini geotematiche (BDIG) della Regione Toscana, che raccoglie i dati di base allegati agli strumenti urbanistici vigenti; la banca dati dei pozzi della Regione Toscana presente nella “Banca dati sottosuolo”; la banca dati delle indagini del sottosuolo presenti nel Portale del Servizio Geologico d’Italia dell’ISPRA; i dati presenti nell’Archivio dell’Ufficio Urbanistica del Comune di Montepulciano e nell’Archivio dell’Ufficio Tecnico del Genio Civile. Di particolare interesse sono risultati i dati riguardanti interventi recenti e quindi non allegati agli strumenti urbanistici vigenti.

Un altro gruppo di dati (per la maggior parte già acquisiti) è stato ricavato dalle varie Banche Dati presenti in rete e realizzate a livello comunale, provinciale, regionale e statale.

Il database della “Banca dati sottosuolo” della Regione Toscana ha consentito di reperire le stratigrafie di 229 pozzi per vari usi situati all’interno delle aree di studio; gli altri dati archiviati sono rappresentati in massima parte da prove penetrometriche statiche, prove penetrometriche dinamiche, sondaggi a carotaggio continuo.

Le indagini realizzate *ad hoc* per il presente studio sono consistite in 52 misure di rumore sismico ambientale con metodologia a stazione singola HVSR, in 2 stendimenti sismici a rifrazione in onde P ed SH e in 2 stendimenti sismici di tipologia ESAC + MASW.

Nel complesso i dati di base a disposizione del presente studio sono stati i seguenti:

- n° 7 sondaggi a carotaggio continuo con prove di laboratorio in 2 casi
- n° 90 prove penetrometriche (statiche con punta meccanica e dinamiche pesanti)
- n° 229 sondaggi a distruzione di nucleo per pozzi per acqua
- n° 52 indagini di sismica passiva tramite stazione singola (HVSR)

Come sopra accennato, sono state effettuate delle misure a stazione singola per l’analisi dei microtremori ambientali (misure H/V). Lo scopo principale di tale tipologia d’indagine è quello di approfondire le conoscenze stratigrafiche ed in particolare di distinguere eventuali contrasti di

impedenza sismica, tra materiali con velocità delle onde sismiche di taglio significativamente differenti. In particolare, sono state eseguite n°52 misure all'interno delle aree di studio.

I dati di base sono stati informatizzati secondo quanto previsto dagli “Standard di rappresentazione e archiviazione informatica”, versione 4 :

- Ind\_pu (feature class puntuale) contenente l'ubicazione delle prove puntuali;
- Ind\_In (feature class lineare) contenente l'ubicazione delle prove lineari;
- Sito\_Puntuale (tabella) contenente le informazioni relative al sito di indagine;
- Sito\_Lineare (tabella) contenente le informazioni relative al sito di indagine;
- Indagini\_Puntuali (tabella) contenente le informazioni relative alla tipologia di indagine puntuale effettuata;
- Indagini\_Lineari (tabella) contenente le informazioni relative alla tipologia di indagine lineare effettuata;
- Parametri\_Puntuali (tabella) contenete i parametri geotecnici e geofisici puntuali determinati, relativi alle varie unità geologico-tecniche;
- Parametri\_Lineari (tabella) contenente i parametri geofisici lineari relativi alle varie unità geologico-tecniche;
- Curve (tabella) contenente i dati relativi a curve cumulative di prove di laboratorio.

## **7 - MODELLO DI SOTTOSUOLO**

### **7.1 - Montepulciano**

L'area corrispondente al centro abitato di Montepulciano e le aree a margine del nucleo urbano sono caratterizzate da numerosi affioramenti delle sabbie e arenarie gialle plioceniche. Si presentano stratificate con intercalazioni di limi e di ghiaia e talora da strati arenacei e/o calcarei con frequente presenza di livelli fossiliferi e nuclei di ossidazione. Lo spessore massimo di questi depositi valutato in quest'area è superiore ad 80 m. Alla base delle sabbie ed affioranti pressoché ubiquitariamente nelle zone vallive sono presenti argille, argille siltose grigio-azzurre, alternanze di argille e sabbie risedimentate. Le misure HVSR effettuate non hanno evidenziato picchi in corrispondenza di valori di frequenza particolari o con un grado di ampiezza tale da poter essere considerato significativo e riconducibile a fenomeni di amplificazione lito-stratigrafica.

Il profilo di velocità delle onde SH nelle indagini a disposizione dimostra un andamento con aumento pressoché monotono sino a VSH di circa 500-550 m/s sino alle profondità convenzionalmente indagate ( $\leq 30$  m).

## **7.2 – Val di Chiana (Abbadia di Montepulciano – Gracciano – Fonte al Giunco – Ascianello – Nottola – Montepulciano Stazione – Acquaviva – Tre Berte – Cervognano – Valiano)**

Le aree morfologicamente meno elevate di pianura e bassa-collina sono caratterizzate da elevati spessori di sedimenti di età dal Pliocene al Quaternario. Le misure HVSR effettuate non hanno individuato, coerentemente a quanto atteso, la presenza di picchi in frequenza rilevanti con valori di ampiezza di poco superiori a 2 e valori di  $f_0$  spesso con elevata “dispersione” e che possano far presumere la presenza di contrasti di impedenza sismica significativi. Non è da escludere la presenza talora di sabbie cementate e di livelli conglomeratici nelle aree di media collina con spessori e livelli di competenza tali però da non poter essere considerati su vaste aree come substrato sismico. Infatti le stratigrafie disponibili per le aree di fondovalle più vaste quali Montepulciano Stazione, Acquaviva, Abbadia di Montepulciano e Gracciano mostrano come vi sia inoltre una prevalenza di litotipi coesivi su quelli sabbiosi e una pressoché totale assenza di quelli conglomeratici. In particolare a Montepulciano Stazione le misure mostrano picchi con ampiezza di poco superiore al valore di 2 e valori di  $f_0$  prossimi ad 1 hz corrispondenti a profondità di un ipotetico contrasto ampiamente oltre i 50 m. Ad Acquaviva le misure sono sostanzialmente “piatte”, mentre ad Abbadia e Gracciano i valori di ampiezza sono estremamente bassi e le profondità del contrasto di impedenza supposto spesso elevate.

## **7.3 – Sant’Albino**

L’area di Sant’Albino è caratterizzata dalla presenza delle formazioni della Falda Toscana non metamorfica le quali costituiscono la dorsale Rapolano – Monte Cetona, che separa il bacino neoautoctono Siena-Radicofani da quello della Valdichiana ; in particolare sul rilievo de “i Poggiardelli”, il cui versante nord-est domina l’abitato di Sant’Albino affiora estesamente la formazione dei “Calcari e marne a Rhaetavicula contorta” e in minor misura quella del “Calcere Massiccio”. Sono presenti inoltre alla base del versante di nord-est, affioramenti di placche di travertino, la cui formazione è legata all’emergenza di fluidi sovra-saturi in carbonato di calcio. Il travertino si presenta con abbondante componente clastica. E’ possibile quindi individuarlo come deposito scarsamente consistente e poco cementato con colorazione rossastra o giallastra



oppure può mostrare scarsa componente terrigena ed in tal caso la colorazione si avvicina al bianco e migliorano decisamente le caratteristiche di tenacità.

Il contatto tra substrato litoide e formazioni neogeniche (i.e. sabbie gialle plioceniche”) è di tipo tettonico, caratterizzato dalla presenza della faglia della Valdichiana che si prolunga per molti altri km in direzione sud-est. Tale faglia è di tipo diretto, ad alto angolo, con direzione approssimativamente NO – SE ed è legata alle fasi tettoniche distensive che hanno caratterizzato quest’area tra il Pliocene Inf. ed il Pliocene Medio. Sono presenti inoltre dei lineamenti legati a fasi ancora più recenti come faglie di tipo trans-estensivo, avente direzione NE-SO; la cinematica ha componente prevalentemente orizzontale con una componente verticale in direzione anti-appenninica. Una porzione di tale faglia è quella di Sant’Albino caratterizzata da emanazioni gassose ricche in CO<sub>2</sub> e in H<sub>2</sub>S ed è visibile all’interno dell’area di studio nella parte di nord-ovest della carta geologico-tecnica.

Le misure HVSR effettuate non hanno evidenziato picchi in frequenza significativi, a testimonianza del rapido approfondimento del substrato al di sotto delle coperture neogeniche e quindi della sostanziale assenza di livelli in grado di rappresentare un substrato sismico. Si fa menzione che solo per la misura S48, eseguita in prossimità ed a valle del supposto contatto tettonico, è presente un picco ad una frequenza di circa 5 hz e valori di ampiezza prossimi a 4, corrispondenti a valori di profondità del contrasto di impedenza sismica a circa 15-20 m.

## **8 - INTERPRETAZIONI ED INCERTEZZE NELLA DEFINIZIONE DEL MODELLO**

Da quanto sopra esposto risulta come l’area probabilmente più complessa da un punto di vista lito-stratigrafico sia quella di Sant’Albino, con la presenza di faglie dirette ad alto angolo o trans-estensive, con rigetti molto elevati (faglia della Valdichiana e faglia di Sant’Albino); di conseguenza il substrato sismico delle formazioni calcaree e calcareo-marnose della Falda Toscana diviene difficilmente individuabile sui lati ribassati al di sotto delle coperture sedimentarie neogeniche. Inoltre, la presenza di porzioni di territorio di buona estensione in corrispondenza dell’abitato, con affioramento di placche di travertini con differenti livelli di alterazione e di conseguenza differenti “comportamenti” sismici, rendono il quadro generale ancora più complesso.

## 9 – CLASSE DI QUALITÀ DELLA CARTA DI LIVELLO I

La raccolta delle indagini pregresse e l’effettuazione ex-novo di misure di rumore ambientale a stazione singola ha consentito di giungere all’ottenimento della classe di qualità B (69.9%).

Di seguito si riporta il foglio di calcolo per la valutazione della qualità della carta di livello 1.

Classe	Indicatore	Peso	Valore	Classe	Valore	Classe	Valore
c	Sondaggi a distruzione	0.5	Numero sondaggi	% celle occupate	Num. Sondaggi bedrock		
	<i>Punteggi indicatori</i>		1	1	0.66		
	<i>Pesi indicatori</i>		0.33	0.33	0.33		
d	Sondaggi a carotaggio continuo	1	Numero sondaggi	% celle occupate	Num. Sondaggi bedrock		
	<i>Punteggi indicatori</i>		0.66	0.33	0.33		
	<i>Pesi indicatori</i>		0.33	0.33	0.33		
e	Indagini geofisiche	0.5	Numero misure	% celle occupate	% indagini al bedrock		
	<i>Punteggi indicatori</i>		0.33	0.33	0.33		
	<i>Pesi indicatori</i>		0.33	0.33	0.33		
f	Prove geotecniche	0.25	Numero prove	% celle occupate	% prove al bedrock		
	<i>Punteggi indicatori</i>		1	1	0.33		
	<i>Pesi indicatori</i>		0.33	0.33	0.33		
g	Misure Frequenze	0.75	Numero misure	% celle occupate	Classe di affidabilità		
	<i>Punteggi indicatori</i>		1	0.66	0.66		
	<i>Pesi indicatori</i>		0.33	0.33	0.33		

Classe	Indicatore	Peso	Valore	Classe	Valore	Classe	Valore
Carta geologico-tecnica (1)	0.33	Anno rilevamento	No data	< 2000	> 2000		
	0.33	Progetto	No data	Altro	Allegato piano urbanistico	Ad hoc	
	0.33	Scala rilevamento	No data	50.000-26.000	25.000-11.000	10.000-2.000	
Sondaggi a distruzione (0.50)	0.33	Numero di sondaggi a distruzione	No data	1-5	6-10	>10	
	0.33	Percentuale di celle occupate da sondaggi a distruzione	No data	1-33%	34-66%	>66%	
	0.33	Numero sondaggi che arrivano al substrato rigido	No data	1-5	6-10	>10	
Sondaggi a carotaggio continuo (1)	0.33	Numero di sondaggi a carotaggio	No data	1-5	6-10	>10	
	0.33	Percentuale di celle occupate da sondaggi a carotaggio	No data	1-33%	34-66%	>66%	
	0.33	Numero sondaggi che arrivano al substrato rigido	No data	1-5	6-10	>10	
Indagini geofisiche (0.50)	0.33	Numero di misure	No data	1-5	6-10	>10	
	0.33	Percentuale di celle occupate da indagini	No data	1-33%	34-66%	>66%	
	0.33	Percentuale indagini che arrivano al substrato rigido	No data	1-33%	34-66%	>66%	
Prove geotecniche in situ (Prove Penetrometriche, ecc.) e di laboratorio (0.25)	0.33	Numero di prove	No data	1-5	6-10	>10	
	0.33	Percentuale di celle occupate da prove	No data	1-33%	34-66%	>66%	
	0.33	Percentuale prove che arrivano al substrato rigido	No data	1-33%	34-66%	>66%	
Misure delle frequenze del sito (0.75)	0.33	Numero di misure	No data	1-5	6-10	>10	
	0.33	Percentuale di celle occupate da misure	No data	1-33%	34-66%	>66%	
	0.33	Classe di affidabilità misure (Albarelo et alii)*	No data	Classe A < 33%	Classe A 34-66%	Classe A >66%	

\* D. Albarelo, C. Cesa, V. Fabbri, F. Guemri, F. Lunedi, F. Paduani, D. Poggi, I. M. Pizzilli - Il contributo della sismica passiva nella microzonazione di due macroaree abruzzesi. In stampa su Boll. Geofis. Teor. Appl.

a	25	punteggi parziali	CLASSE	VALORI	INDICAZIONI
b	0.99	24.8	A	<sup>3</sup> 75%	Carta di livello 1 di ottima qualità
c	0.44	11.0	B	50%-74%	Sarebbero auspicabili migliorare almeno uno dei parametri
d	0.44	10.9	C	25%-49%	Sarebbero auspicabili ulteriori indagini che mancano o che sono valutate di scarsa qualità
e	0.16	4.1	D	≤ 25%	Carta di livello 1 di scarsa qualità: non risponde ai requisiti minimi richiesti da ICMS08 e Linee Guida Regione Toscana
f	0.19	4.8			
g	0.57	14.4			
Tot	69.9	69.9	<b>Classe B</b>		

REGIONE TOSCANA



## 10 – METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI FINALI

Allo scopo di definire le caratteristiche fisiche, elastiche e geometriche del sottosuolo è stata eseguita una campagna di n°52 misure di rumore sismico ambientale di tipo H/V.

Le ubicazioni e i risultati delle misure sono visibili nella cartografia prodotta “*Carta delle frequenze fondamentali dei depositi*” in scala 1:5000. Le misure sono state eseguite in punti disposti in modo da consentire una buona copertura areale e da analizzare zone dalle diverse e rappresentative caratteristiche geologico-stratigrafiche. Le misure hanno avuto ognuna una durata di almeno 20 minuti in modo da poter avere un numero di finestre statisticamente significativo su cui effettuare una media (considerando l’eliminazione di talune finestre per la presenza di disturbi) e di adeguata lunghezza (tra 20-30 s) per l’analisi di frequenze anche molto basse (fino circa a 0.2 Hz). La frequenza di campionamento in fase di acquisizione è stata di 300 campioni per secondo.

Gli spettri sperimentali, al fine di definirne l’affidabilità, sono stati confrontati con i criteri SESAME (2004) e con la classificazione delle misure proposta da Albarello et alii (2010). Si rimanda al relativo allegato per le schede delle singole misure effettuate.

Nell’ambito di questo lavoro le misure hanno avuto la finalità dell’individuazione di fenomeni di risonanza stratigrafica con l’indicazione delle frequenze in corrispondenza delle quali tale fenomeno si manifesta. E’ stato possibile così giungere ad una indicazione dello spessore delle coperture poste su un substrato rigido o in ogni caso della profondità di un contrasto di impedenza sismica significativo. La definizione dell’entità di tale contrasto è solo indicativa e l’ampiezza del rapporto H/V dato dal picco o dai picchi della curva non può essere messo in correlazione diretta con la reale amplificazione subita dalle onde sismiche che si potrà manifestare in occasione di terremoti.

Al fine di una corretta valutazione delle caratteristiche geologico-stratigrafiche la scelta del luogo di misura è stato preceduto da sopralluoghi e da uno studio di tutta la cartografia geologica, litotecnica e geomorfologica disponibile, in modo da poter avere più opzioni di posizionamento per una stessa unità formazionale o litologica in aree ritenute utili per lo studio di microzonazione sismica.

Gli spessori delle coperture poste su substrato o le profondità di contrasti di impedenza sismica significativi possono in prima approssimazione essere ricavati da un abaco; tali valori hanno però solo un valore indicativo e necessitano di confronto con prove indipendenti perché gli spessori siano definiti con maggiore precisione e accuratezza.

F0 (Hz)	h(m)
<1	>100
1-2	50-100
2-3	30-50
3-5	20-30
5-8	10-20
8-20	5-10
>20	<5

*Abaco per la stima dello spessore delle coperture conoscendo i valori delle frequenze di risonanza  $F_0$  date dalle misure H/V.*

TABELLA RIASSUNTIVA MISURE HVSR COMUNE DI MONTEPULCIANO (SI)

Misure HVSR	Zona	Frequenza risonanza fondamentale $f_0$ (Hz)	Ampiezza del Contrasto di impedenza $A_0$	Stima indicativa della profondità del contrasto di impedenza (m)	Classificazione della qualità della curva HV
S0	Ascianello	7.70	2.30 basso	10 - 20	A1
S1	Abbadia	13.40	2.00 - basso	5 - 10	B1
S2	Abbadia	7.70	2.90 - basso	10 - 20	A1
S3	Abbadia	13.55	3.40 - alto	5 - 10	A1
S4	Abbadia	16.70	2.00 - basso	5 - 10	B1
S5	Abbadia	1.40	2.10 - basso	50 - 100	B1
S6	Abbadia	0.95	2.00 - basso	> 100	B1
S7	Abbadia	17.90	2.02 - basso	5 - 10	B1
S8	Abbadia	24.95	2.00 - basso	< 5	A1
S9	Gracciano	2.15	2.04 - basso	30 - 50	B2
S10	Gracciano	1.55	2.19 - basso	50 - 100	B2
S11	Gracciano	3.50	2.50 - basso	20 - 30	B1
S12	Gracciano	2.30	2.36 - basso	30 - 50	B2
S13	Montepulciano Stazione	2.30	2.37 - basso	30 - 50	B2
S14	Montepulciano Stazione	1.00	2.36 - basso	50 - 100	B1
S15	Montepulciano Stazione	1.10	2.28 - basso	50 - 100	B1
S16	Montepulciano Stazione	0.95	2.24 - basso	> 100	B1
S17	Montepulciano Stazione	1.10	2.03 - basso	50 - 100	B2
S18	Montepulciano Stazione	1.85	2.26 - basso	50 - 100	B2
S19	Montepulciano Stazione	1.10	2.48 - basso	50 - 100	B1
S20	Montepulciano Stazione	2.60	3.29 - alto	30 - 50	B1
S.21	Acquaviva	1.10	1.94 - assenza di risonanza	50 - 100	A2
S.22	Acquaviva	12.95	1.75 - assenza di risonanza	5 - 10	B2
S.23	Acquaviva	17.60	2.01 - basso	5 - 10	B2
S.24	Acquaviva	0.80	3.07 - alto	> 100	A1
S.25	Acquaviva	0.95	1.92 - assenza di risonanza	> 100	B1
S26	Acquaviva	1.10	2.44 - basso	50 - 100	A2
S27	Salcheto	8.40	2.38 - basso	5 - 10	A2
S28	Nottola	13.70	2.86 - basso	5 - 10	A1
S29	Cervognano	2.15	1.85 - assenza di risonanza	30 - 50	B1
S30	Tre Berle	0.80	4.69 - alto	> 100	A2
S31	Montepulciano	0.75	1.70 - assenza di risonanza	> 100	B1
S32	Montepulciano	1.35	1.18 - assenza di risonanza	50 - 100	A2
S33	Montepulciano	2.90	1.52 - assenza di risonanza	30 - 50	A2
S34	Montepulciano	0.90	1.45 - assenza di risonanza	> 100	B2
S35	Montepulciano	19.40	2.57 - basso	5 - 10	A1
S36	Montepulciano	0.80	1.77 - assenza di risonanza	> 100	B1
S37	Montepulciano	13.55	2.41 - basso	5 - 10	B1
S38	Montepulciano	4.10	2.33 - basso	20 - 30	B2
S39	Montepulciano	3.95	1.73 - assenza di risonanza	20 - 30	B2
S40	Stabbiano	6.70	2.37 - basso	10 - 20	B1
S41	Crugnoie	8.45	2.18 - basso	5 - 10	B2
S42	S. Albino	2.60	1.74 - assenza di risonanza	30 - 50	B2
S43	S. Albino	5.00	2.08 - basso	20 - 30	A1
S44	S. Albino	16.85	2.23 - basso	5 - 10	B1
S45	S. Albino	2.90	2.61 - basso	30 - 50	A2
S46	S. Albino	3.95	2.07 - basso	20 - 30	B2
S47	Montepulciano	0.95	1.52 - assenza di risonanza	> 100	B2
S48	S. Albino	5.15	3.80 - alto	10 - 20	A1
S49	Montepulciano	4.10	1.66 - assenza di risonanza	20 - 30	B1
S50	Valiano	1.40	0.98 - assenza di risonanza	50 - 100	B2
S51	Valiano	3.75	1.70 - assenza di risonanza	20 - 30	B2
S52	Valiano	1.85	1.80 - assenza di risonanza	50 - 100	B1

Risultati delle misure di microtremore a stazione singola H/V

## 11 – ELABORATI CARTOGRAFICI

Gli elaborati cartografici prodotti sono i seguenti:

- Carta delle indagini in scala 1:5000
- Carta geologico-tecnica per la microzonazione sismica in scala 1:5000
- Carta delle frequenze fondamentali dei depositi in scala 1:5000
- Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS) in scala 1:5000
- Sezioni geologico-tecniche in scala 1: 1:5000/1:2500

## 12 – DESCRIZIONE DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA

### 12.1 - ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI

- **Zona 99**: è rappresentata da una coltre di alterazione del substrato lapideo o da substrato fratturato, il cui spessore è compreso tra 3 e 10 metri sovrapposta al substrato rigido con velocità delle onde  $Sh > 800$  m/s.
- **Zona 1**: è rappresentata da una coltre di alterazione del substrato lapideo o da substrato fratturato affiorante in aree con pendenza della superficie topografica maggiore di  $15^\circ$ , il cui spessore è compreso tra 3 e 10 metri sovrapposta al substrato rigido con velocità delle onde  $Sh > 800$  m/s.
- **Zona 2**: è formata da una copertura di sedimenti di natura prevalentemente coesiva di spessore  $> 60$  m da moderatamente consistenti a consistenti.
- **Zona 3**: è formata da una copertura di sedimenti di natura prevalentemente sabbiosa con percentuali variabili di limo ed argilla con spessore compreso tra 5 e 30 m sovrapposto a sedimenti di natura prevalentemente coesiva di spessore  $> 30$  m da moderatamente consistenti a consistenti.
- **Zona 4**: è formata da una copertura di sedimenti di natura prevalentemente coesiva (argille e argille torbose) con spessore compreso tra 3 e 20 m da poco a moderatamente consistenti sovrapposta a sedimenti di natura prevalentemente coesiva di spessore  $> 60$  m da moderatamente consistenti a consistenti.
- **Zona 5**: è formata da una copertura di sedimenti di natura prevalentemente coesiva (argille e argille torbose) con spessore compreso tra 20 e 40 m da poco a moderatamente consistenti

sovrapposto a sedimenti di natura prevalentemente coesiva di spessore  $> 60$  m da moderatamente consistenti a consistenti.

- **Zona 6**: è formata da una copertura di sedimenti di natura prevalentemente sabbiosa con percentuali variabili di limo ed argilla con spessore compreso tra 50 e 100 m sovrapposta a sedimenti di natura prevalentemente coesiva di spessore compreso tra 20 e 40 m da moderatamente consistenti a consistenti e ad argille consistenti con spessore  $> 40$  m.

- **Zona 7**: è formata da una copertura di sedimenti di natura prevalentemente sabbiosa con percentuali variabili di limo ed argilla con spessore compreso tra 30 e 50 m sovrapposta a sedimenti di natura prevalentemente coesiva di spessore compreso tra 20 e 40 m da moderatamente consistenti a consistenti e ad argille consistenti con spessore  $> 40$  m.

- **Zona 8**: è formata da una copertura di sedimenti di natura prevalentemente coesiva di spessore compreso tra 3 e 40 m da moderatamente consistenti a consistenti, sovrapposta ad argille consistenti con spessore  $> 40$  m.

- **Zona 9**: è formata da una copertura di sedimenti di natura prevalentemente sabbiosa con percentuali variabili di limo ed argilla con spessore compreso tra 3 e 30 m sovrapposta a sedimenti di natura prevalentemente coesiva di spessore compreso tra 20 e 40 m da moderatamente consistenti a consistenti e ad argille consistenti con spessore  $> 40$  m.

- **Zona 10**: è formata da una copertura di sedimenti di natura prevalentemente sabbiosa con percentuali variabili di limo ed argilla con spessore compreso tra 30 e 50 m sovrapposta a sedimenti di natura prevalentemente coesiva di spessore compreso tra 20 e 40 m da moderatamente consistenti a consistenti e ad argille consistenti con spessore compreso tra 3 e 40 m.

- **Zona 11**: è formata da una copertura di sedimenti di natura prevalentemente sabbiosa con percentuali variabili di limo ed argilla con spessore compreso tra 3 e 30 m sovrapposta al substrato rigido con velocità delle onde  $Sh > 800$  m/s.

- **Zona 12**: è formata da una copertura di sedimenti di natura prevalentemente sabbiosa con percentuali variabili di limo ed argilla con spessore compreso tra 30 e 50 m sovrapposta al substrato rigido con velocità delle onde  $Sh > 800$  m/s.

- **Zona 13**: è formata da una copertura di sedimenti di natura prevalentemente sabbiosa con percentuali variabili di limo ed argilla con spessore compreso tra 30 e 50 m sovrapposta a sedimenti di natura prevalentemente coesiva di spessore compreso tra 3 e 20 m sovrapposti a loro volta al substrato rigido con velocità delle onde  $Sh > 800$  m/s.

- **Zona 14**: è formata da depositi ruditici in matrice sabbioso-limosa dello spessore compreso tra 3 e 10 m sovrapposti al substrato rigido con velocità delle onde  $Sh > 800$  m/s.
- **Zona 15**: è formata da depositi ruditici in matrice sabbioso-limosa dello spessore compreso tra 3 e 10 m sovrapposti a sedimenti di natura prevalentemente sabbiosa con percentuali variabili di limo ed argilla con spessore compreso tra 5 e 30 m sovrapposti a loro volta al substrato rigido con velocità delle onde  $Sh > 800$  m/s.
- **Zona 16**: è formata da depositi ruditici in matrice sabbioso-limosa dello spessore compreso tra 3 e 10 m sovrapposti a placche di travertino dello spessore compreso tra 3 e 10 m sovrapposti a loro volta a sedimenti di natura prevalentemente sabbiosa con percentuali variabili di limo ed argilla con spessore compreso tra 5 e 30 m e quindi al substrato rigido con velocità delle onde  $Sh > 800$  m/s.
- **Zona 17**: è formata da placche di travertino dello spessore compreso tra 3 e 10 m sovrapposte a sedimenti di natura prevalentemente sabbiosa con percentuali variabili di limo ed argilla con spessore compreso tra 30 e 50 m, sovrapposti a loro volta a sedimenti di natura prevalentemente coesiva di spessore compreso tra 20 e 40 m da moderatamente consistenti a consistenti e ad argille consistenti con spessore  $> 40$  m.
- **Zona 18**: è formata da placche di travertino dello spessore compreso tra 3 e 10 m sovrapposte a sedimenti di natura prevalentemente sabbiosa con percentuali variabili di limo ed argilla con spessore compreso tra 30 e 50 m sovrapposta a sedimenti di natura prevalentemente coesiva di spessore compreso tra 20 e 40 m da moderatamente consistenti a consistenti e ad argille consistenti con spessore compreso tra 3 e 40 m.
- **Zona 19**: è formata da placche di travertino dello spessore compreso tra 3 e 10 m sovrapposte a sedimenti di natura prevalentemente sabbiosa con percentuali variabili di limo ed argilla con spessore compreso tra 3 e 30 m sovrapposti al substrato rigido con velocità delle onde  $Sh > 800$  m/s.
- **Zona 20**: è formata da placche di travertino dello spessore compreso tra 3 e 10 m sovrapposte a sedimenti di natura prevalentemente sabbiosa con percentuali variabili di limo ed argilla con spessore compreso tra 30 e 50 m sovrapposti al substrato rigido con velocità delle onde  $Sh > 800$  m/s.
- **Zona 21**: è formata da placche di travertino dello spessore compreso tra 3 e 10 m sovrapposte a sedimenti di natura prevalentemente sabbiosa con percentuali variabili di limo ed argilla con spessore compreso tra 30 e 50 m, sovrapposta a sedimenti di natura prevalentemente coesiva di



spessore compreso tra 3 e 20 m, sovrapposti a loro volta al substrato rigido con velocità delle onde  $Sh > 800$  m/s.

## 12.2 - ZONE DI ATTENZIONE PER INSTABILITÀ

All'interno dell'area di studio sono presenti numerose aree mappate come zone di attenzione per instabilità di versante. In particolare alcune di esse sono considerate in stato di attività e sono situate in prossimità o addirittura interessano i centri abitati, come nel caso dei movimenti gravitativi che interessano il versante nord-est del rilievo di Montepulciano (cosiddetta frana di Canneto) e oggetto recentemente di opere di sistemazione e di messa in sicurezza; tra le aree in cui sono segnalati indizi di attività recente, con criticità meno importanti vista la minore urbanizzazione della zona e la minore estensione, vi è anche quella posta in area est di Montepulciano, a valle di via Elio Bernabei. Altra area caratterizzata da recente fenomenologia e da conseguenti interventi di messa in sicurezza è quella posta a sud dell'abitato di Montepulciano, in prossimità della frazione di Totona, da cui la denominazione da frana di Totona, e che ricade seppur non integralmente all'interno delle aree di studio. Sempre in diretta prossimità dell'abitato di Montepulciano, si segnala un'area classificata in stato di quiescenza di discreta estensione corrispondente al versante rivolto ad ovest a valle dell'Ospedale civile di San Cristofano.

La dinamica di questi fenomeni è spesso riconducibile a fenomeni di erosione al piede dei pendii alla cui base affiorano litologie argillose e susseguente destabilizzazione delle porzioni sommitali dei versanti costituiti da sabbie, spesso accelerati da fenomeni di infiltrazione e di ruscellamento selvaggio delle acque superficiali.

Anche l'area di Sant'Albino risulta interessata da fenomenologie di instabilità di versante attiva e quiescente ma le aree in frana non interessano direttamente il tessuto urbanizzato.

## 12.3 - DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE

Le microzone individuate hanno portato alla definizione delle aree a pericolosità sismica locale:

- Aree a “Pericolosità sismica locale molto elevata (S.4): 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



- Aree a “Pericolosità sismica locale elevata (S.3): zone suscettibili di instabilità di versante quiescente che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; zone stabili suscettibili di amplificazioni locali caratterizzati da un alto contrasto di impedenza sismica atteso tra copertura e substrato rigido entro alcune decine di metri ”
- Le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali non rientranti tra i criteri previsti per la Classe “Pericolosità sismica locale elevata (S.3)” vengono inserite all’interno della Classe “Pericolosità sismica locale media (S.2)”.
- Zone stabili non sono state cartografate, motivo per il quale non vi sono aree inserite all’interno della Classe “Pericolosità sismica locale bassa (S.1)”.

### 13 – DESCRIZIONE DELLA CARTA GEOLOGICO TECNICA

Nella carta geologico-tecnica per la microzonazione sismica vengono rappresentate le informazioni riguardanti i litotipi affioranti, distinti in primis tra terreni di copertura e substrato; nel caso del presente lavoro sono state distinte tali tipologie di substrato:

- Substrato lapideo stratificato fratturato o alterato e substrato lapideo stratificato, visibile nella carta delle Sezioni geologico-tecniche, (rappresentati geologicamente dalle formazioni mesozoiche della Falda Toscana).
- Sono state inserite tra le tipologie di substrato, benché siano in effetti dei terreni di copertura, i travertini, classificati come lapideo fratturato.

Lo spessore minimo delle coperture rappresentate è di 3 metri; la litologia dei terreni è stata descritta tramite sistema di classificazione *Unified Soil Classification System* (leggermente modificato, ASTM, 1985). Inoltre è stata aggiunta una sigla che descrive l'ambiente deposizionale del litotipo.

Vengono altresì rappresentati i seguenti elementi geologici ed idrogeologici:

- giaciture degli strati;
- l'ubicazione di sondaggi che hanno raggiunto il substrato (con indicazione della profondità ove il substrato è stato rinvenuto) e l'ubicazione di sondaggi che non hanno raggiunto il substrato (con indicazione della massima profondità raggiunta dalla perforazione).

## 14 – CONSIDERAZIONI SULLA SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE

La liquefazione è un processo in seguito al quale un sedimento che si trova al di sotto del livello della falda perde temporaneamente resistenza e si comporta come un liquido viscoso a causa di un aumento della pressione neutra e di una riduzione della pressione efficace.

Essa ha luogo quando la pressione dei pori aumenta fino a eguagliare la pressione intergranulare. L'incremento della pressione neutra è indotto dalla tendenza di un materiale sabbioso a compattarsi quando è soggetto ad azioni cicliche di un sisma, con conseguente aumento del potenziale di liquefazione del terreno.

Il fenomeno di liquefazione può essere ottenuto dalla combinazione di:

### *FATTORI PREDISPONENTI*

- Terreno saturo, non compattato, non consolidato, sabbioso limoso o con poca argilla;
- Distribuzione granulometrica, uniformità, saturazione, densità relativa, pressioni efficaci di confinamento, stato tensionale in sito.

### *FATTORI SCATENANTI*

- La sismicità: magnitudo, durata, distanza dall'epicentro, accelerazione in superficie.

Generalmente la liquefazione si verifica in depositi recenti di sabbia e sabbia siltosa, depositi che spesso si trovano negli alvei fluviali o aree di costa.

I terreni suscettibili al fenomeno di liquefazione sono:

- Suoli non coesivi e saturi (*sabbie e limi, occasionalmente ghiaie*) con contenuti di fini plastici relativamente basso;
- Suoli costituiti da particelle relativamente uniformi;
- Depositii sabbiosi recenti (*Olocenici*).

Per valutare il potenziale di liquefazione sulla base dei dati disponibili è stata utilizzata l'analisi qualitativa, basata sulle osservazioni delle caratteristiche sismiche, geologiche e geotecniche dei siti interessati o potenzialmente interessati dal fenomeno della liquefazione.

Tale analisi ha portato ad evidenziare la presenza di depositi costituiti da materiali con ampia distribuzione granulometrica, con percentuali elevate di materiali con componente coesiva (< 0.062 mm) nelle aree di pianura e con presenza non trascurabile di granulometrie ruditiche nelle

aree pedemontane, motivo per il quale i terreni analizzati presentano una scarsa suscettibilità alla liquefazione.

Nel contesto del presente lavoro, la valutazione relativa alla suscettibilità alla liquefazione è puramente qualitativa ed in sede di predisposizione dei piani complessi di intervento o dei piani attuativi o, in loro assenza, in sede di predisposizione dei progetti edilizi dovrà comunque essere verificata la stabilità nei confronti della liquefazione secondo il paragrafo 7.11.3.4 delle NTC/08.

Arezzo, ottobre 2017

ProGeo Engineering

Dott. Geol. *Massimiliano Rossi*

Dott. Geol. *Fabio Poggi*

Collaboratori:

Dott. Geol. *Luca Berlingozzi*