

Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009 n.27

MICROZONAZIONE SISMICA

RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA MICROZONAZIONE SISMICA LIVELLO 2

Regione Toscana

COMUNE DI MARCIANO DELLA CHIANA



Regione Toscana	Soggetto realizzatore: Dott.Geol.Silvestrelli Paolo Dott.Geol.Ancillotti Riccardo Dott.Geol.Sedda Lorenzo	Data: Febbraio 2023
--------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------

SOMMARIO

1. INTRODUZIONE	1
1.1 PREMESSA	1
1.2 RIFERIMENTI NORMATIVI	1
1.3 SCOPO E METODOLOGIA DEL LAVORO	1
1.4 INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO	3
1.5 ELENCO ELABORATI PRODOTTI	5
2. CONTESTO GEOLOGICO STRUTTURALE E SISMOTETTONICO	6
2.1 INQUADRAMENTO GEODINAMICO	6
2.2 INQUADRAMENTO SISMO-TETTONICO DELLA VAL DI CHIANA ARETINA	7
2.3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELL'AREA DI MARCIANO DELLA CHIANA	8
3. ASSETTO STRATIGRAFICO.....	9
4. ASSETTO GEOMORFOLOGICO	10
5. DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI BASE	11
6. INDAGINI GEOFISICHE E DATI DI BASE.....	14
7. INDAGINI E RISULTATI DEL LIVELLO 2	16
7.1 METODOLOGIE DI ESECUZIONE DELLE INDAGINI SISMICHE	16
7.2 ANALISI CRITICA DEI RISULTATI	24
7.3 DETERMINAZIONE DEL RISCHIO DI LIQUEFAZIONE DEI TERRENI DI COLMATA IN QUESTO SETTORE DI VAL DI CHIANA	26
8. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE DELLE INDAGINI E RIELABORAZIONE DEL LIVELLO 1	36
9. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI DEL LIVELLO 2	40
9.1 FATTORI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA	40
9.2 ATTRIBUZIONI DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA	42
10. ELABORATI CARTOGRAFICI PRODOTTI.....	58
BIBLIOGRAFIA	60

1. INTRODUZIONE

1.1 PREMESSA

Il presente lavoro è stato svolto in ottemperanza a quanto richiesto dal Comune di Marciano della Chiana con l'affidamento di incarico all'RTP costituito Silvestrelli-Ancillotti-Sedda.

1.2 RIFERIMENTI NORMATIVI

Lo studio e le indagini sono stati condotti secondo le specifiche tecniche contenute nei seguenti testi di riferimento normativo e tecnico:

- OPCM n° 171/2014, 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
- DGRT n° 144 del 23.02.2015, recepimento a livello regionale dell'OPCM n° 171/2014 con riferimento ai territori nei quali è prioritaria la realizzazione degli studi di MS, le modalità di predisposizione delle specifiche tecniche per la realizzazione dei suddetti studi, le modalità di recepimento ed utilizzo dei risultati degli studi di Microzonazione Sismica in fase pianificatoria ed i criteri di selezione dei soggetti realizzatori degli studi di Microzonazione Sismica
- 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 e s.m.i.
- Specifiche tecniche regionali: Allegato A alla DGRT n° 144/2015, Appendice 5
- Istruzioni Tecniche del Programma VEL (Valutazione Effetti Locali) della Regione Toscana, nonché alle indicazioni contenute nel Volume di Ingegneria Sismica 2/2011
- Indicazioni contenute nel Volume di Ingegneria Sismica 2/2011

1.3 SCOPO E METODOLOGIA DEL LAVORO

Gli studi di Microzonazione Sismica hanno l'obiettivo di razionalizzare la conoscenza sulle alterazioni che lo scuotimento sismico può subire in superficie, restituendo informazioni utili per il governo del territorio. Nella pianificazione territoriale, in funzione delle varie scale e dei vari livelli di intervento, gli studi di Microzonazione Sismica sono condotti su quelle aree per le quali il quadro normativo consenta o preveda l'uso a scopo edificatorio o per infrastrutture, la loro potenziale trasformazione a tali fini, o ne preveda l'uso ai fini di protezione civile. Gli studi di MS sono di fondamentale importanza nella pianificazione al fine di:

- ✓ orientare la scelta di aree per nuovi insediamenti
- ✓ definire gli interventi ammissibili in una data area
- ✓ programmare le indagini e i livelli di approfondimento
- ✓ stabilire orientamenti e modalità di intervento nelle aree urbanizzate

- ✓ definire priorità di intervento

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 veri e propri studi di MS, in quanto consiste in una raccolta di dati preesistenti, elaborati per suddividere il territorio in microzone qualitativamente omogenee (MOPS)
- il livello 2 introduce l'elemento quantitativo associato alle zone omogenee, utilizzando ulteriori e mirate indagini, ove necessarie, e definisce una vera carta di Microzonazione Sismica
- il livello 3 restituisce una carta di MS con approfondimenti su tematiche o aree particolari.

Il lavoro di MS di Livello 2 del Comune di Marciano della Chiana è stato svolto in più fasi tra loro connesse. Prioritaria è stata la scelta la raccolta e la verifica delle indagini esistenti, degli studi pregressi e della letteratura scientifica dedicata a questo settore della Val di Chiana aretina; successivamente è stata eseguita una specifica campagna di approfondimento che ha previsto l'esecuzione di nuove indagini geofisiche. Le indagini geofisiche di cui sopra hanno fedelmente rispettato quanto richiesto dal Servizio Sismico della Regione Toscana in merito alle *indagini minime obbligatorie*; le indagini sono state finalizzate all'implementazione della conoscenza dei caratteri sismo-stratigrafici dei terreni, soprattutto in corrispondenza della transizione tra quelli plio-pleistocenici e quelli olocenici di colmata.

L'ubicazione, la tipologia ed il numero delle indagini realizzate nell'ambito del presente Livello 2 e del precedente Livello 1 ha consentito una precisa caratterizzazione geofisica di tutte le Microzone (MOPS). Ad ogni MOPS è stato pertanto possibile attribuire una caratteristica e specifica Velocità delle onde S dei terreni di copertura, la frequenza fondamentale del terreno e l'ampiezza del picco relativo. Tutte le indagini a disposizione, acquisite e quindi pre-esistenti, e di nuova realizzazione, sono state oggetto di interpretazione critica per la predisposizione della Carta di Microzonazione Sismica. Il secondo livello di approfondimento della Microzonazione Sismica ha come scopo precipuo la quantificazione dell'amplificazione attesa nelle singole aree stabili suscettibili di amplificazione, riconosciute e discriminate nell'ambito del Livello 1.

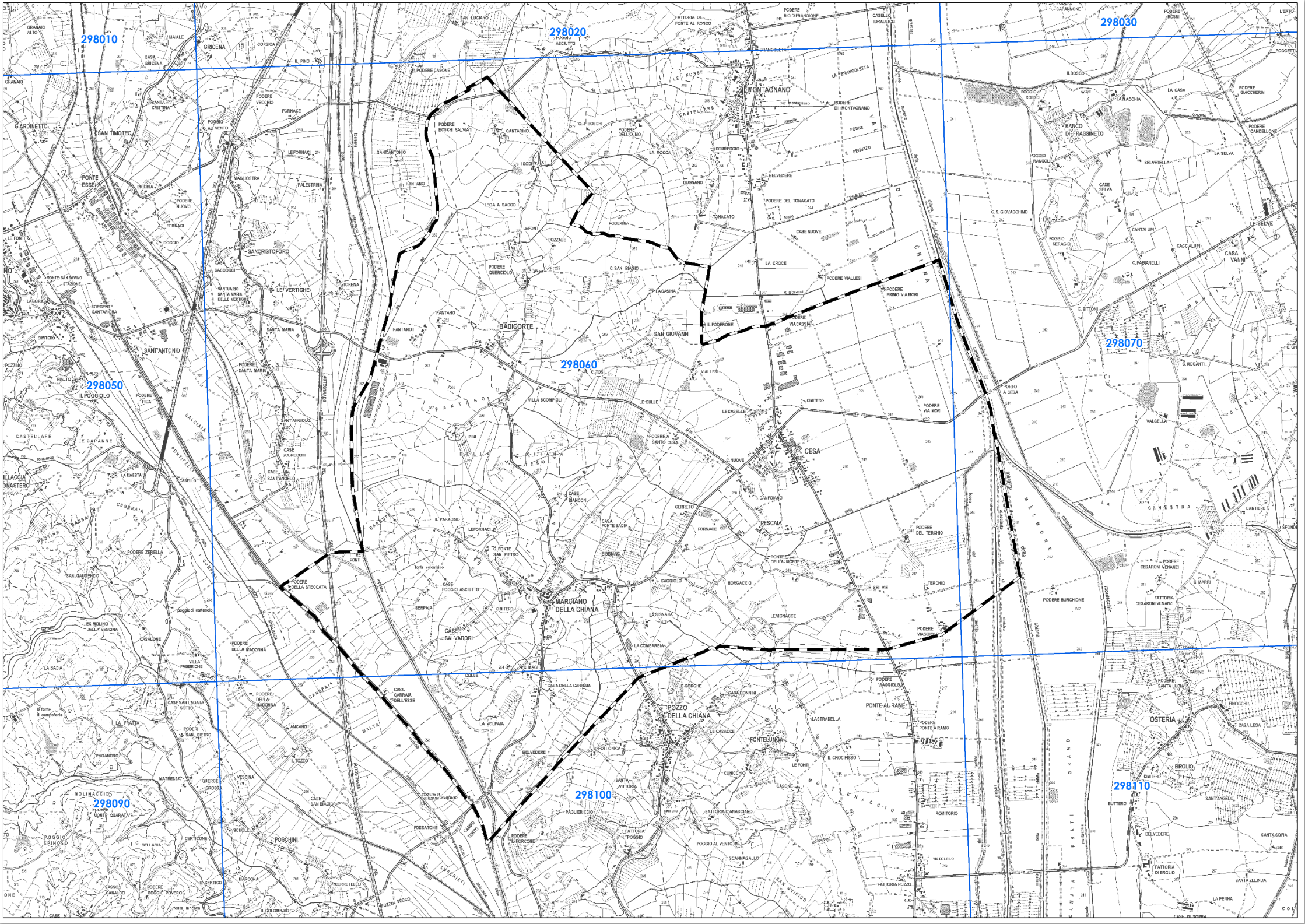
Lo studio di Microzonazione Sismica di Livello 1 era stato realizzato sulla base di criteri di rappresentazione attualmente non più validi. Stante la vigenza della versione 4.2 degli Standard di Rappresentazione (Dicembre 2020) tutto lo studio di Microzonazione Sismica di Livello 1 è stato oggetto di generale revisione. Fanno pertanto parte del presente lavoro gli elaborati propri del Livello 1, ma sostanzialmente modificati dall'approfondimento di Livello 2: Carta Litologica Tecnica per la Microzonazione Sismica - Carta delle MOPS - Carta delle Indagini - Carta delle frequenze fondamentali dei depositi.

1.4 INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO

La scelta dei siti da sottoporre a microzonazione sismica di livello 2 è stata condotta in termini di rischio, associando la pericolosità del territorio in termini di suscettibilità all'amplificazione sismica con le destinazioni d'uso dello stesso. La scelta, concordata con l'amministrazione comunale e con il Servizio Sismico della Regione Toscana, ha tenuto in debita considerazione le destinazioni e le previsioni urbanistiche del territorio comunale, ritenendo significativo approfondire gli studi di microzonazione in tutte le aree già indagate nel livello 1, corrispondenti all'intero territorio comunale.

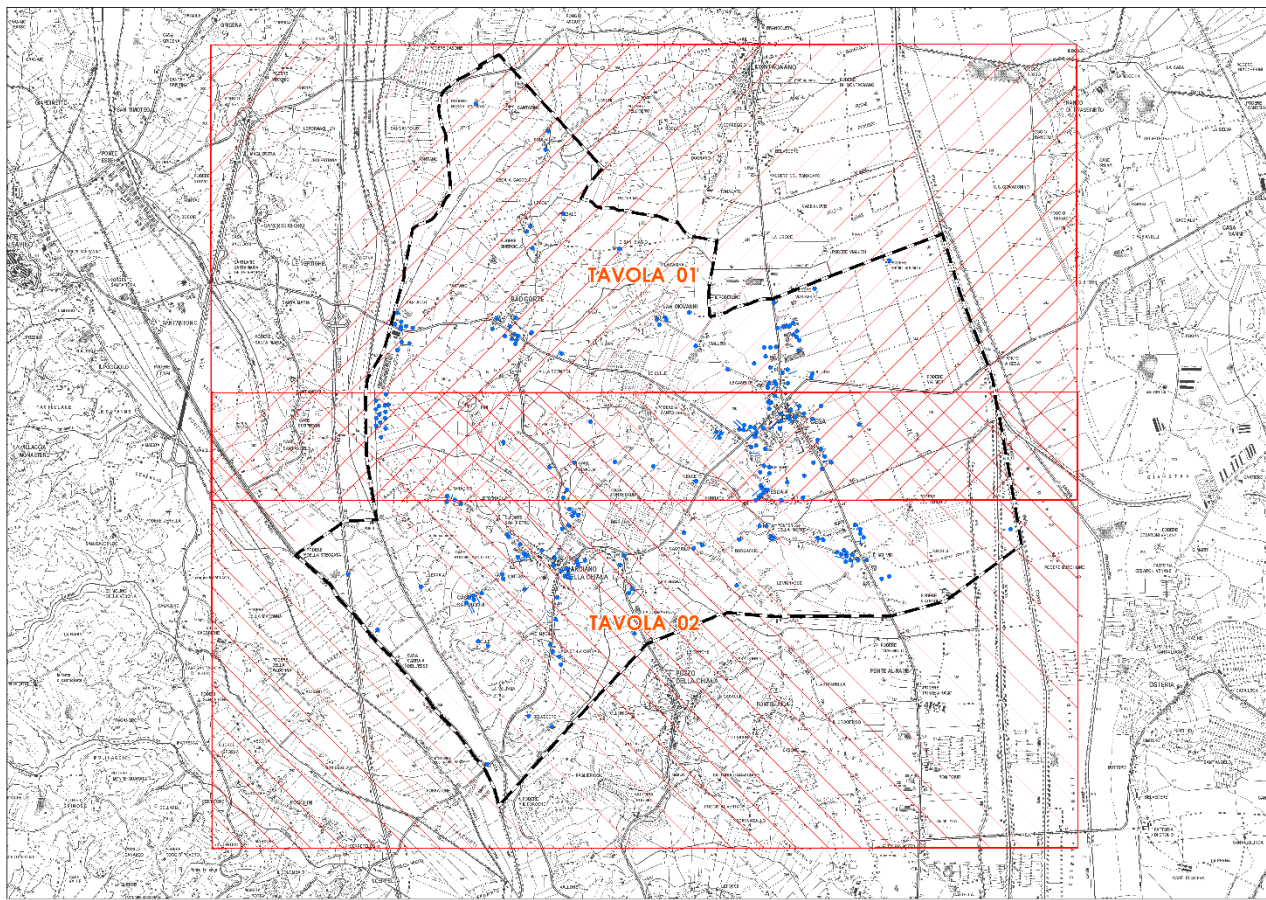
Le aree di indagine ricadono nel Foglio 298 "Monte San Savino" sezione IV e nel Foglio 298 "Sinalunga" Sez. III della Carta Topografica d'Italia I.G.M.I., alla scala 1:25.000.

Nella C.T.R. (Regione Toscana) scala 1:10.000 le aree di indagine ricadono all'interno delle sezioni 298060-298100-298070.



1.5 ELENCO ELABORATI PRODOTTI

La limitata estensione del territorio comunale di Marciano della Chiana ha consentito di rappresentare i tematismi in un'unica tavola in scala 1:10.000. Ciò è valso per le Carte di Microzonazione Sismica di Livello 2 (FA 0.1-0.5; FA 0.4-0.8; FA 0.7-1.1), per la Carta delle frequenze fondamentali dei depositi, per la Carta Litologica Tecnica per la Microzonazione Sismica e per quella delle MOPS. Al fine invece di ottenere una migliore rappresentazione grafica dell'esatta posizione delle indagini svolte ed acquisite si è ritenuto adeguato realizzare due tavole, in scala 1:5.000, per la Carta delle Indagini (Tavola 1 - Tavola 2).



Gli elaborati cartografici prodotti nel presente studio sono i seguenti:

VERIFICA E REVISIONE DELLO STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO 1

- Carta Geologica Tecnica per la Microzonazione Sismica e Sezioni Litotecnica (Tav. unica)
- Carta delle Microzona Omogenee in Prospettiva Sismica (Tav. unica)

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO 2

- Carta delle Indagini (Tav. 01 - Tav. 02)

- Carta di microzonazione sismica - Fattore di Amplificazione FHa (0,1 - 0,5 Hz) (Tav. unica)
- Carta di microzonazione sismica - Fattore di Amplificazione FHa (0,4 - 0,8 Hz) (Tav. unica)
- Carta di microzonazione sismica - Fattore di Amplificazione FHa (0,7 - 1,1 Hz) (Tav. unica)

2. CONTESTO GEOLOGICO STRUTTURALE E SISMOTETTONICO

2.1 INQUADRAMENTO GEODINAMICO

L'Appennino Settentrionale è una catena a pieghe e sovrascorrimenti che si estende dalla regione del Monferrato a nord, fino al lineamento Olevano-Antrodoco a sud e le cui Unità tettoniche principali che lo costituiscono sono riferibili a due principali domini paleogeografici: 1) Il Dominio Ligure (Oceano Ligure-Piemontese o Tetide Alpina), da cui hanno origine le Unità Liguri, che sono costituite da lembi di crosta oceanica (ofioliti) e dalla loro copertura sedimentaria; e 2) Il Dominio Toscano ed Umbro da cui hanno origine le Unità Toscane ed Umbro-Marchigiane, che costituiscono la copertura sedimentaria del margine continentale assottigliato della microplacca Adriatica. L'evoluzione tettonica dell'Appennino Settentrionale va inquadrata nel regime di convergenza tra la placca Euroasiatica e la microplacca Adriatica. Essa si è sviluppata fin dal Cretaceo Superiore ed è tuttora in corso.

A partire dal Miocene, l'evoluzione dell'intera catena Appenninica è stata controllata dal movimento verso NNW della placca Africana (Blocco Pelagico) che ha indotto, secondo alcuni autori, l'estrusione laterale della catena stessa, contemporaneamente all'apertura del Mar Tirreno. In particolare, l'estensione Tirrenica, localizzata in corrispondenza della zona di sutura principale della catena appenninica, è stata generalmente spiegata ammettendo una subduzione W-vergente, che arretra verso E, e che coinvolge la microplacca Adriatica, producendo in tal modo un'estensione crostale. Recentemente, l'estensione continentale è stata associata principalmente a faglie estensionali est immergenti, ubicate nell'area Tirrenica settentrionale e nella zona assiale della catena. A questi modelli che riferiscono l'evoluzione recente dell'Appennino Settentrionale ad un regime principalmente estensionale da mettere in relazione all'area di retro-arco Tirrenica, se ne contrappongono altri che, sulla base di studi geologico-strutturali di superficie e di interpretazione di sezioni sismiche crostali, interpretano l'evoluzione dell'Appennino Settentrionale secondo modelli deformativi più complessi e caratterizzati da fasi compressive fino al Pleistocene inferiore. Quest'ultima interpretazione è supportata da

varie evidenze geofisiche di tettonica compressiva crostale. Quindi, l'evoluzione Neogenico-Quaternaria dell'Appennino Settentrionale, lungi da essere definitivamente compresa, è tuttora oggetto di discussione data la sua estrema complessità, e data la sua particolare collocazione geodinamica di catena laterale rispetto alla direzione principale di convergenza verso N fra la placca Africana ed Euroasiatica. Riassumendo, in Appennino Settentrionale si riscontra una coesistenza tra i fenomeni d'estensione crostale, associati all'apertura del Bacino Tirrenico, e di compressione crostale, associati al movimento verso N della placca Africana.

L'interpretazione della sezione crostale Crop-03 che attraversa l'Appennino Settentrionale, ha messo in luce nella struttura profonda della catena una tettonica per sovrascorrimento alla scala litosferica. Le vecchie strutture crostali W-vergenti sono tagliate da sovrascorrimenti E-vergenti che costituiscono le strutture deformative più recenti della catena. La discontinuità di Moho è interessata da un sovrascorrimento che determina una zona di raddoppio crostale in corrispondenza dello spartiacque regionale. Dalla sezione emerge un notevole disaccoppiamento tettonico tra il basamento e la sua copertura sedimentaria lungo il livello evaporitico, che costituisce la base della gran parte delle successioni sedimentarie Toscane ed Umbro-Marchigiane. I piani di sovrascorrimento vengono rifratti all'attraversamento delle coperture in numerosi piani secondari. In generale, il regime tettonico risulta compressivo, sebbene in prossimità della superficie si rilevino numerose faglie normali.

2.2 INQUADRAMENTO SISMO-TETTONICO DELLA VAL DI CHIANA ARETINA

Il bacino Quaternario dell'Alta Valle del Tevere, ubicato tra la Toscana e l'Umbria, costituisce una pianura alluvionale intermontana ad una quota media di 250 m (s.l.m.). La sismicità locale si configura come di media intensità, ed è dovuta essenzialmente ad eventi verificati a distanze rilevanti.

Sono stati raccolti i dati inerenti gli eventi sismici di maggior rilievo che hanno caratterizzato l'area di Marciano della Chiana; i dati di cui di seguito sono stati attinti dal Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani la cui ultima versione è il CPTI15 (https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/query_place/) distribuito dall'INGV nel 2016; all'interno del catalogo possono essere selezionati gli eventi di maggiore rilevanza che hanno interessato una data località.

Effects	Reported earthquakes				
Int.	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
NF	1906 04 21 06 35	Valdelsa	45	5-6	4.30
2	1948 06 13 06 33 3	Alta Valtiberina	142	7	5.04
NF	1952 12 02 06 13 2	Appennino forlivese	53	5	4.42
NF	1957 04 30 06 05 0	Alta Valtiberina	57	5	4.23
NF	1960 04 15 02 45 1	Montefeltro	30	5-6	4.45
4	1969 08 11 13 55	Lago Trasimeno	46	7	4.70
NF	1990 05 08 22 33 1	Alta Valtiberina	64	5	3.77
NF	1993 06 05 19 16 1	Valle del Topino	326	6	4.72
4-5	1997 09 26 09 40 2	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	5.97
4-5	1998 04 05 15 52 2	Appennino umbro-marchigiano	395		4.78
5	2001 11 26 00 56 5	Casentino	211	5-6	4.63

2.3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELL'AREA DI MARCIANO DELLA CHIANA

La zona oggetto di indagine è impostata nei depositi di riempimento del bacino fluvio lacustre pleistocenico della Val di Chiana. I corsi d'acqua che nel Pleistocene inferiore provenivano dall'area casentinese, scaricavano il loro carico sedimentario nel bacino fluvio lacustre di Arezzo, in quel periodo svincolato dagli adiacenti bacini per la presenza di notevoli faglie trascorrenti ad andamento antiappenninico: il livello di base di quest'ultimo aumentò rapidamente fino a che, nel Pleistocene medio, il bacino di Arezzo risultò connesso con quello della Val di Chiana. Le acque, scorrendo attraverso la gola di Chiani si diressero verso sud, congiungendosi con quelle del paleo-Paglia e del paleo-Tevere: si costituì allora quel grande bacino, a carattere prevalentemente palustre e fluvio lacustre, che si estendeva da Chiani a Montepulciano, e la cui estensione è tuttora dimostrata dall'esistenza del lago Trasimeno. In seguito, già dal Pleistocene superiore, diminuendo l'Arno casentinese la portata ed accumulandosi gradualmente depositi argillosi e ghiaiosi, il livello del bacino si fece meno profondo conseguendo l'aspetto di un'ampia area palustre i cui margini rimanevano periodicamente all'asciutto. Le acque si raccolsero in un alveo che, più o meno liberamente, continuava a scorrere in direzione sud.

In particolare nelle zone collinari, o comunque poste a quote anche di poco superiori a quella del livello di base del Canale Maestro della Chiana e dei suoi affluenti, affiorano i depositi argilloso - sabbiosi del Sub-Sintema di Marciano della Chiana e specificatamente appartenenti alla formazione delle Argille, argille siltose e sabbie di Pozzo della Chiana. La formazione, che nel suo complesso, presenta uno spessore di 80 m, si configura come un'alternanza di livelli di argille, argille siltose plastiche di colore grigio chiaro, e di livelli di sabbie fini limose o talvolta medie.

In corrispondenza del livello di base del Canale Maestro della Chiana, e quindi alle quote che caratterizzano il fondovalle del bacino della Val di Chiana, affiorano i terreni connessi con le operazioni di colmata e di bonifica.

3. ASSETTO STRATIGRAFICO

Di seguito la successione litostratigrafica:

Supersintema delle Piane Alluvionali

Sintema del Canale Maestro della Chiana

Limi e sabbie connessi con la bonifica della Val di Chiana

Depositi alluvionali in evoluzione

Sono costituiti da argille, argille sabbiose, sabbie limose e, sporadicamente, contengono lenti di ghiaie sciolte. Tra i ciottoli sono stati rinvenuti, anche se raramente, manufatti in terracotta risalenti al neolitico

Supersintema dei Bacini Intramontani

Sintema della Val di Chiana

Sub-Sintema di Marciano della Chiana

Argille, argille siltose e sabbie di Pozzo della Chiana

D - Argille e argille siltose plastiche, di colore grigio chiaro, con screziature ocracee e turchine se pure, altrimenti avana ocracee e talora, livelli con scarse ghiaie arrotondate e appiattite a composizione carbonatica, arenacea o diasprina.

D1 – Sabbie quarzose da medio grossolane a fini

D2 – Sabbie fini e silt avana chiaro ed ocracee

D3 – Sabbie da fini a grossolane color bruno aranciato

D4 – Sabbie quarzose prevalentemente medie e medio-grossolane di colore da bruno ad arancio

4. ASSETTO GEOMORFOLOGICO

Per la descrizione geomorfologica dell'area in oggetto, occorre preventivamente porre l'accento sulla natura litologica, essenzialmente limoso-argillosa, dei terreni che caratterizzano il rilievo di Marciano della Chiana. Detta caratteristica litologica conferisce ai terreni una tendenza alla franosità diffusa, non già per l'occorrenza di fenomeni gravitativi profondi, quanto piuttosto per l'esistenza di cinematismi lenti o molto lenti ed impostati su una coltre invero piuttosto superficiale. Sono infatti ampiamente rappresentati fenomeni di colamento, quiescente o addirittura attivo, e fenomeni di soliflusso diffuso. All'occorrenza di tali fenomeni concorrono innegabilmente pratiche colturali non sempre conservative. Lo spessore di terreno, quasi sempre limitato a quello pedogenizzato, in condizioni di saturazione si mobilita con movimenti viscosi, e quindi estremamente lenti, attivati dalla gravità.

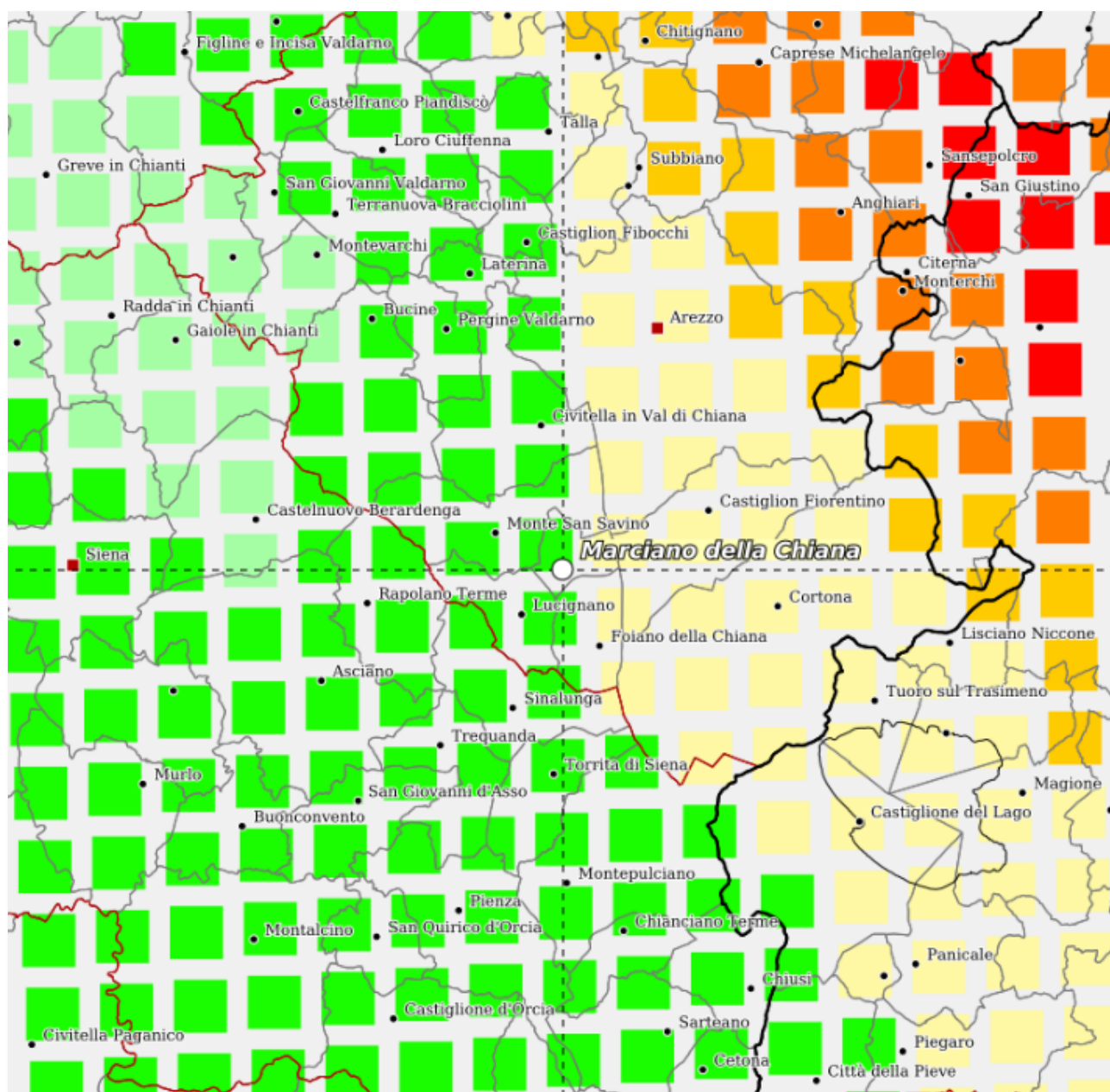
Le più rilevanti forme di degradazione del sistema geomorfologico sono ubicate sui versanti meridionali sottesi all'abitato del capoluogo: trattasi di colate viscosi essenzialmente quiescenti che non interferiscono tuttavia con alcuna infrastruttura o con insediamenti residenziali o produttivi.

Si ribadisce come lo spessore del terreno coinvolto in suddetti scivolamenti sia essenzialmente limitato a qualche decimetro, fino a raggiungere lo spessore massimo di 1-2 metri. Di quest'ultima considerazione è stato tenuto conto (Vd. oltre) nell'ambito dell'assegnazione alle coltri in frana dei Fattori di Amplificazione Sismica propri dello Studio di Livello 2.

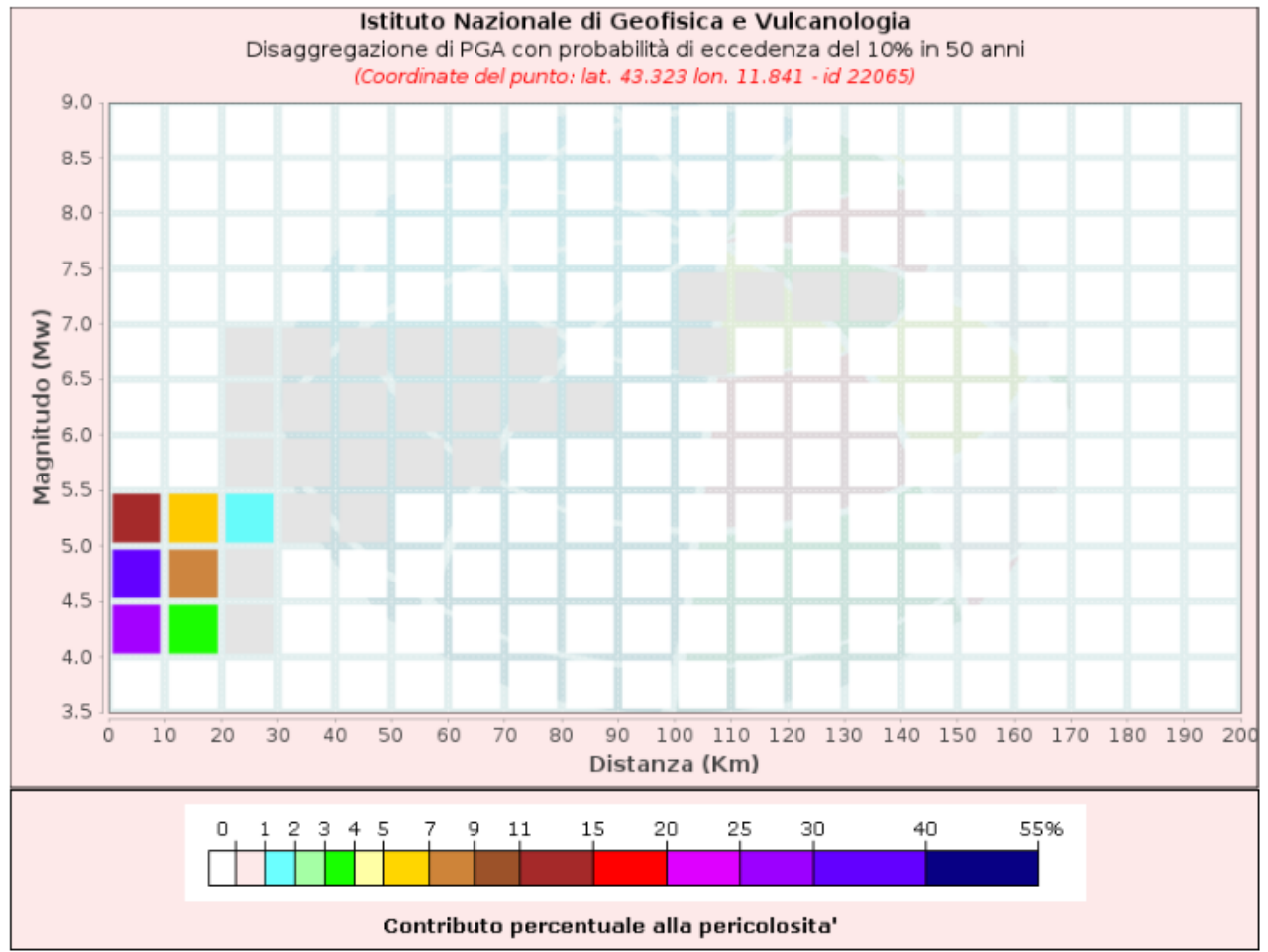
Laddove le morfologie – di fondovalle – si presentano sostanzialmente pianeggianti, sono tuttavia osservabili modeste differenze di quota dovute all'esistenza di significativi passaggi litologici, quale ad esempio quello tra i terreni alluvionali limoso-argillosi recenti ed attuali ed i terreni sabbiosi messi in posto nella fase fluviolacustre del bacino.

5. DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI BASE

L'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire da una pericolosità sismica di base del sito che è descritta dalla probabilità che in un fissato lasso di tempo, in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato. Ai fini della determinazione delle azioni sismiche la pericolosità sismica è definita convenzionalmente facendo riferimento ad un sito rigido con superficie topografica orizzontale in condizioni di campo libero, cioè in assenza di manufatti. Le caratteristiche del moto sismico atteso si ritengono individuate quando se ne conosca l'accelerazione. Il Comune di Marciano della Chiana è classificato ai sensi della DGRT n.431 del 19.06.2006, in recepimento dell'OPCM n.3619 del 28.04.2006, in classe 2 ($ag/g=0.25$).



Nelle figure di seguito è riportata la disaggregazione dei dati della pericolosità sismica: come è evidente la pericolosità sismica, pur moderata, è provocata da coppie Magnitudo-Distanza entro i 20 Km.



Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto: lat. 43.323 lon. 11.841 - id 22065)											
Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)										
	3.5- 4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5- 6.0	6.0- 6.5	6.5- 7.0	7.0- 7.5	7.5- 8.0	8.0- 8.5	8.5- 9.0
0-10	0.0000	28.1000	36.8000	12.2000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	3.9400	8.6200	5.1900	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.0029	0.4340	1.1200	0.5610	0.4780	0.0018	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0000	0.1890	0.6810	0.7880	0.0178	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004	0.1750	0.4230	0.0178	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0180	0.1760	0.0111	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0011	0.0519	0.0035	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0098	0.0010	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0006	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0063	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0079	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0025	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.75	7.81	1.04

6. INDAGINI GEOFISICHE E DATI DI BASE

I dati utilizzati per la redazione delle Carta di Microzonazione Sismica sono stati sia quelli acquisiti nell'ambito del Livello 1, sia - ovviamente - la nuova campagna geofisica realizzata nell'ambito del presente progetto.

Nel dettaglio, nell'ambito del Livello 1 di Microzonazione Sismica del Comune di Marciano della Chiana sono state acquisite ed eventualmente realizzate le seguenti indagini.

INDAGINI PUNTUALI LIVELLO 1

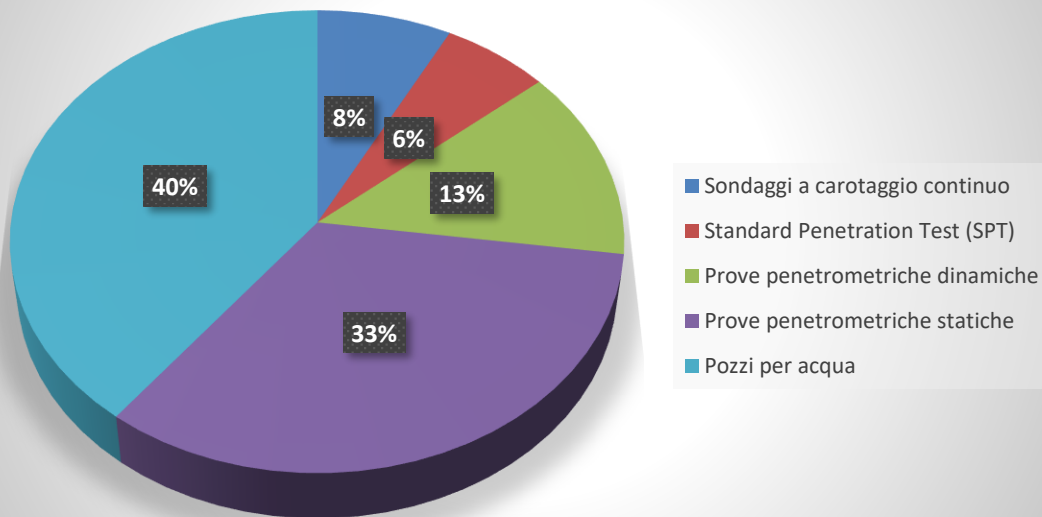
- ✓ n° 15 sondaggi a carotaggio continuo
- ✓ n° 77 pozzi per acqua
- ✓ n° 22 misure di microtremore a stazione singola HVSR
- ✓ n° 65 prove penetrometriche statiche con punta meccanica (CPT)
- ✓ n° 26 prove penetrometriche dinamiche pesanti
- ✓ n° 5 indagine sismica in foro Down-Hole
- ✓ n° 12 Standard Penetration Test (SPT)

INDAGINI LINEARI LIVELLO 1

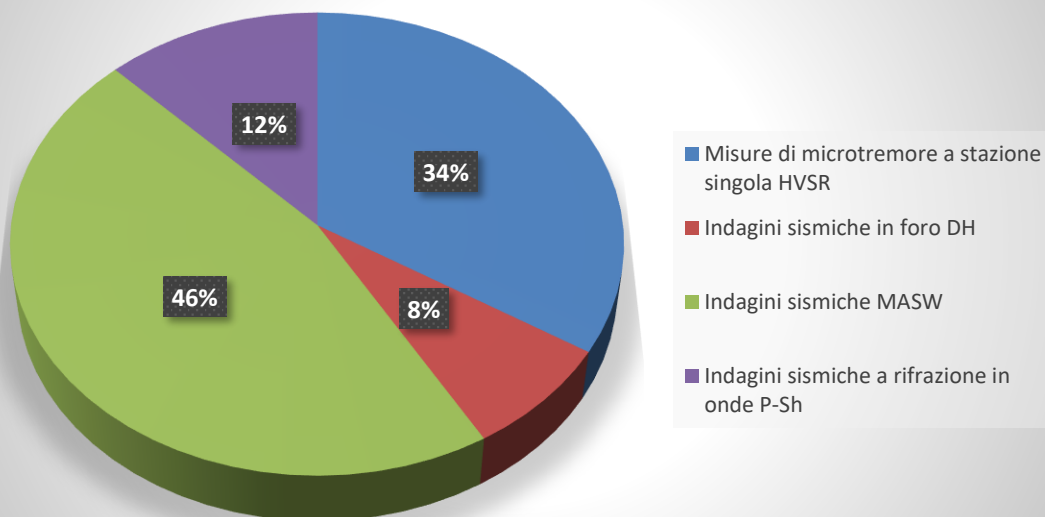
- ✓ n° 30 indagini simiche MASW
- ✓ n° 8 indagini sismiche a rifrazione in onde P e/o Sh

In funzione della categoria di indagine il livello 1 ha permesso la raccolta di 195 indagini geotecniche e di 65 indagini geofisiche.

Prove geotecniche



Prove geofisiche



INDAGINI PUNTUALI LIVELLO 2

Nell'ambito del Livello 2 di Microzonazione Sismica del Comune di Marciano della Chiana sono state eseguite le seguenti indagini puntuali, ad integrazione di quanto già acquisito con il Livello 1:

- ✓ n° 9 misure di microtremore a stazione singola HVSR
- ✓ n° 4 indagini sismiche ESAC
- ✓ n° 1 prova penetrometrica con piezocono (CPTU)

7. INDAGINI E RISULTATI DEL LIVELLO 2

7.1 METODOLOGIE DI ESECUZIONE DELLE INDAGINI SISMICHE

Le indagini sismiche eseguite (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 Marciano della Chiana.

L'interpretazione delle diverse tipologie di indagine sismica ha fornito i valori di input (V_{s30} e periodo di risonanza T^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 tre intervalli di periodo previsti (0,1-0,5 sec, 0,4-0,8 sec, 0,7-1,1 sec).

STRUMENTAZIONE USATA E SOFTWARE PER L'INTERPRETAZIONE

Tromino Micromed-H/V



Number of channels	3+1 analog
Amplifiers	all channels with differential inputs
Noise	< 0.5 μ V r.m.s. @128 Hz sampling
Input impedance	10 ⁶ Ohm
Frequency range	DC - 360 Hz
Sampling frequency	16384 Hz per channel
Oversampling frequency	32x, 64x, 128x
A/D conversion	\geq 24 bit equivalent
Max analog input	51.2 mV (781 nV/digit)

Sismografo AMBROGEO ECHO24-2010 –Sismica a rifrazione e MASW/ESAC-H/V
Geofoni verticali da 4,5 hz,geofono tridimensionale da 4.5 hz



Number of channels	24+1 with differential input
AD conversion	24 bits
Dynamic range	130dB@1ms PG=0dB 120dB@1ms PG=18dB
Cross talk	>90dB
Preamplify gain	0,6,12,18,24,30,36,42,48,54,60,66,72dB
Frequency response	0 to 6kHz (30KSPS) 0 to 4,8kHz (15KSPS) 0 to 3kHz (7,5KSPS) 0 to 1,5kHz (3,5KSPS) 0 to 800Hz (2KSPS) 0 to 400Hz (1KSPS)
Acquisition and display filter	Low Cut Out 10-15-25-35-50-70-100-140-200-280-400 Hz High Cut Out 32-64-125-250 Hz Notch 50-60-150-180 Hz
Sampling Interval	32,64,128,256,478,956us
Record Length	16000 samples
Stacking trigger accuracy	1/32 of sample interval
Distorsion (THD)	0,0004%
Max Input signal	5Vpp, 0dB
CMR	110dB (fCM = 60Hz fDATA = 30kSPS)
Noise	0,25uV, 2ms 36dB
Pre-trigger data	524ms@32us sample interval
Delay	0 to 15 sec @1kSPS (max 16000 samples)
Temperature range	-30°C +70°C
Power	12 Volt
Continuous recording	
Output format:	SEGY / SAF (SESAME ASCII FORMAT)

METODOLOGIA DI ACQUISIZIONE ED INTERPRETAZIONE DELLE MISURE HVSR

La prova sismica passiva a stazione singola mette in luce le frequenze alle quali il moto del terreno viene amplificato per risonanza stratigrafica. La prova, comunemente nota con il termine H/V (rapporto tra le componenti spettrali orizzontali, H, e verticale, V) fu applicata per la prima volta da Nogoshi e Igarashi (1970) e resa popolare da Nakamura (1989). In un sistema costituito da uno strato tenero (es. coperture) ed un semispazio rigido (es. bedrock), un'onda tenderà a rimanere intrappolata nello strato tenero per riflessioni multiple (alla superficie libera, nuovamente al bedrock e così via) e darà luogo a fenomeni di risonanza per lunghezze d'onda incidenti. Le frequenze a cui si manifesta la risonanza sono descritte dalla legge:

$$T^{\circ}=4h/Vs$$

dove T° indica il periodo, Vs è la velocità delle onde di taglio nello strato che risuona ed H rappresenta lo spessore di detto strato. Un suolo vibra con maggiore ampiezza a specifiche frequenze (per l'appunto di risonanza) non solo quando viene eccitato da un terremoto ma anche quando viene eccitato da un tremore di qualsiasi origine. Questo rende possibile una

misura delle frequenze di risonanza dei terreni ovunque ed in modo semplice, anche in assenza di sollecitazioni sismiche.

L'equazione in pagina precedente permette di comprendere come la tecnica H/V possa fornire anche indicazioni di carattere stratigrafico: a partire da una misura di microtremore che fornisce f , nota la V_s delle coperture, può essere infatti stimata la profondità dei riflettori sismici principali o viceversa. Misure H/V effettuate su roccia strutturalmente integra e dalle ottime caratteristiche meccaniche, senza pertanto elementi predisponenti l'occorrenza di una qualche amplificazione, daranno invece curve piatte.

La misura di microtremore a stazione singola deve avere una durata commisurata alla frequenza di indagine di interesse. Nella già citata ipotesi che una misura di interesse ingegneristico ricada nell'intervallo 0.1-20Hz, segue che un campionamento adeguato deve durare almeno 20 min, in modo da poter analizzare il segnale su finestre di almeno 30 s di lunghezza e da avere almeno 20-30 finestre su cui effettuare una media, considerando anche che qualcuna potrà dover essere rimossa per la presenza di disturbi che alterano lo spettro medio. La frequenza di campionamento adeguata per questo tipo di prove non deve essere inferiore a 50 Hz, in modo da permettere una ricostruzione spettrale sino ad almeno 20 Hz. Lo strumento di misura viene posto a diretto contatto con il terreno e reso solidale con questo senza interfacce intermedie. La misura sismica passiva è stata effettuata direttamente su terreno naturale e quando questo non è stato possibile è stato necessario tener conto degli effetti indotti dai terreni artificiali rigidi in questo tipo di misure. L'orientamento strumentale secondo il Nord geografico per gli scopi di cui al presente lavoro è solamente una convenzione. In presenza di elementi topografici o morfologici, lo strumento andrebbe infatti allineato secondo gli assi di questi, in modo da cogliere più efficacemente eventuali direzionalità.

Le serie temporali registrate nelle tre componenti del moto vengono analizzate secondo procedure spettrali di vario tipo (FFT, wavelet, ecc.) fino alla produzione delle curve H/V, nelle quali H è la media di due componenti spettrali orizzontali ortogonali.

Si rimanda a SESAME (Site EffectS Assessment using AMbient Excitations, 2005) per uno dei possibili esempi di protocollo di analisi.

Prima di qualsiasi interpretazione delle curve H/V sono indispensabili due accorgimenti:

1) la curva H/V deve essere statisticamente significativa, ossia essere caratterizzata da una deviazione in ampiezza e in frequenza ridotta. Quando questa caratteristica non sia presente sin dall'inizio, essa va ricercata tramite una pulizia del tracciato. Esistono diversi metodi per "pulire" una curva: H/V SESAME (2005) propone la rimozione nella serie temporale di quelle finestre caratterizzate da una deviazione del segnale (STA, media a breve termine) maggiore della media a lungo termine (LTA). Tuttavia le procedure che propongono la rimozione dei disturbi sulla base della serie temporale non appaiono le più indicate quando l'obiettivo è pulire

una curva funzione della frequenza. La pulizia deve infatti essere rivolta alla ricerca di un rapporto H/V stabile e quindi alla rimozione delle sole finestre in cui questo rapporto risulti alterato, a parità di frequenza, tra i canali H e i canali V. Questo tipicamente avviene in presenza di segnali di natura impulsiva, che presentano cioè spettri bianchi.

Le curve H/V non vanno mai osservate da sole ma sempre congiuntamente agli spettri delle singole componenti da cui derivano. Questo permette di discernere agevolmente i picchi di natura stratigrafica da quelli di natura antropica. In condizioni normali le componenti spettrali NS, EW e Z (verticale) hanno ampiezze simili. Alla frequenza di risonanza si genera un picco H/V legato ad un minimo locale della componente spettrale verticale che determina una forma "a occhio" o "a ogiva". Questa forma è indicativa di risonanze stratigrafiche.

E' evidente tuttavia come in una misura di tremore entrino anche vibrazioni monofrequenziali (artefatti) indotte da macchinari o simili. Queste si traducono in picchi stretti (delta) ben definiti su tutte e tre le componenti spettrali e quando l'ampiezza sulle tre componenti non è simile, danno luogo a picchi o gole artefattuali nelle curve H/V.

Le misure possono essere classificate in base alla qualità:

- classe A: curva H/V affidabile ed interpretabile, che può essere usata anche da sola;
- classe B: curva H/V sospetta (da interpretare), va usata con cautela e solo se coerente con altre misure ottenute nelle vicinanze;
- classe C: curva H/V scadente e di difficile interpretazione, che non può essere usata.

I criteri per essere inclusa nella classe A sono:

1. *stazionarietà: la curva H/V nell'intervallo di frequenze d'interesse rimane stazionaria per almeno il 30% della durata della misura,*
2. *isotropia: le variazioni azimutali d'ampiezza non superano il 30% del massimo,*
3. *assenza di disturbi: non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza d'interesse,*
4. *plausibilità fisica: i massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata d'ampiezza dello spettro verticale,*
5. *robustezza statistica: sono soddisfatti i criteri di SESAME per una curva chiara ed attendibile,*
6. *durata: la misura è durata almeno 15 minuti.*

La misura è di classe B se almeno una delle precedenti condizioni non è soddisfatta, mentre è di classe C se è una misura di classe B nella quale:

- *la curva H/V mostra una deriva decrescente dalle basse alle alte frequenze, indice di un movimento dello strumento durante la misura,*
- *si evidenzia la presenza di rumore elettromagnetico in corrispondenza di diverse frequenze nell'intervallo d'interesse.*

Tali criteri non riguardano l'interpretazione in chiave geologico-stratigrafica della curva, per la quale sono richiesti ulteriori criteri (per esempio i criteri SESAME per la chiarezza del picco), tanto che ognuna di tali classi è ulteriormente ripartita in misure di:

tipo 1: *curva H/V che presenta almeno un picco chiaro secondo i criteri di SESAME (possibile risonanza),*

tipo 2: *curva H/V che non presenta picchi chiari nell'intervallo di frequenze d'interesse (assenza di risonanza).*

Da: IL CONTRIBUTO DELLA SISMICA PASSIVA NELLA MICROZONAZIONE DI DUE MACROAREE ABRUZZESI-CGNTS 2009-sessione 2.1 - D. Albarello 1, C. Cesi 2, V. Eulilli 2, F. Guerrini 1, E. Lunedei 1, E. Paolucci 1, D. Pileggi 1, L.M. Puzzilli 2

1 Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Siena

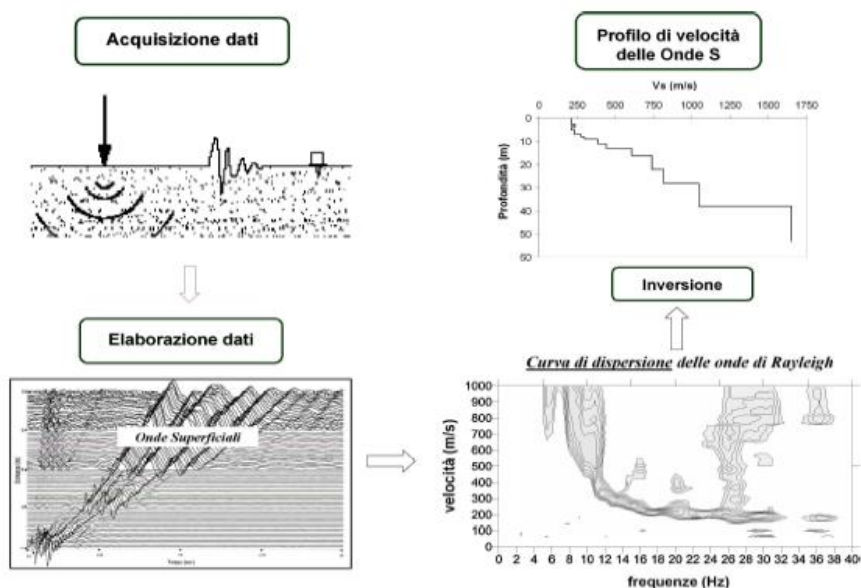
2 ISPRA - Dipartimento Difesa del Suolo, Servizio Geofisica

METODOLOGIA DI ACQUISIZIONE ED INTERPRETAZIONE DELLE INDAGINI MASW

La conoscenza dell'andamento nel primo sottosuolo della velocità di propagazione delle onde di taglio è, come noto, importante negli studi di microzonazione sismica dedicati alla stima di possibili effetti di sito, capaci di amplificare il moto del terreno durante un terremoto.

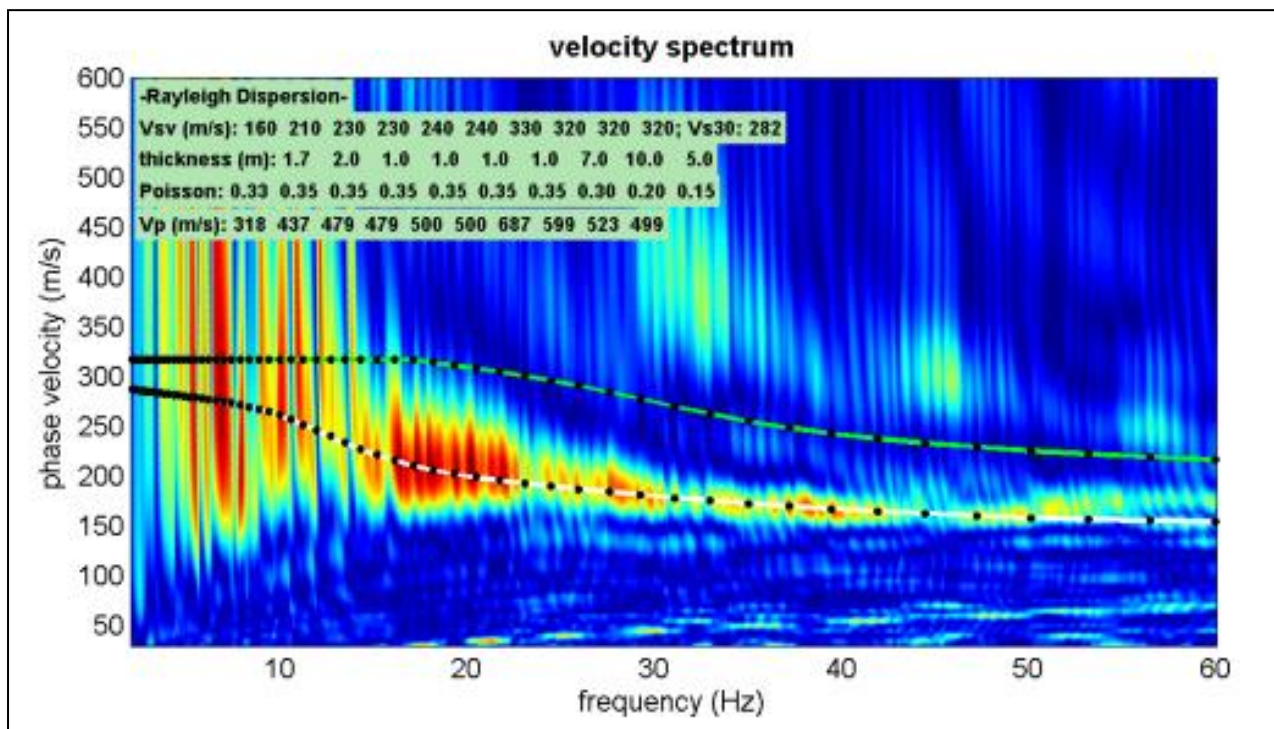
Negli ultimi anni hanno avuto ampio sviluppo tecniche geofisiche basate sull'analisi della propagazione delle onde superficiali ed, in particolare, delle onde di Rayleigh. Le proprietà dispersive di tali onde in mezzi stratificati, nonché la stretta relazione esistente tra la loro velocità di propagazione e quella delle onde di taglio, consentono di risalire al profilo di velocità delle onde S.

Il metodo di indagine attivo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è basato su un artificiale energizzazione sismica del suolo e sull'analisi spettrale delle onde superficiali presenti nel segnale (Nazarian e Stokoe, 1984; Park et al., 1999). Nel metodo di indagine passivo si registra il rumore di fondo.



La curva di dispersione delle onde di Rayleigh rappresenta la variazione di velocità di fase che tali onde hanno al variare della frequenza. Tali valori di velocità sono intimamente legati alle proprietà meccaniche del mezzo in cui l'onda si propaga (velocità delle onde S, delle onde P e densità). Tuttavia, diversi studi hanno in realtà messo in evidenza come la velocità delle onde P e la densità siano parametri di second'ordine rispetto alle onde S nel determinare la velocità di fase delle onde di Rayleigh. Quindi, dato che le onde superficiali campionano una porzione di sottosuolo che cresce in funzione del periodo dell'onda e che la loro velocità di fase è fortemente condizionata in massima parte dalle velocità delle onde S dello strato campionato, la forma di questa curva è essenzialmente condizionata dalla struttura del sottosuolo ed in particolare dalle variazioni con la profondità delle velocità delle onde S. Pertanto, utilizzando appositi formalismi è possibile stabilire una relazione (analiticamente complessa ma diretta) fra la forma della curva di dispersione e la velocità delle onde S nel sottosuolo. Tale relazione consente il calcolo di curve di dispersione teoriche a partire da modelli del sottosuolo a strati piano-paralleli.

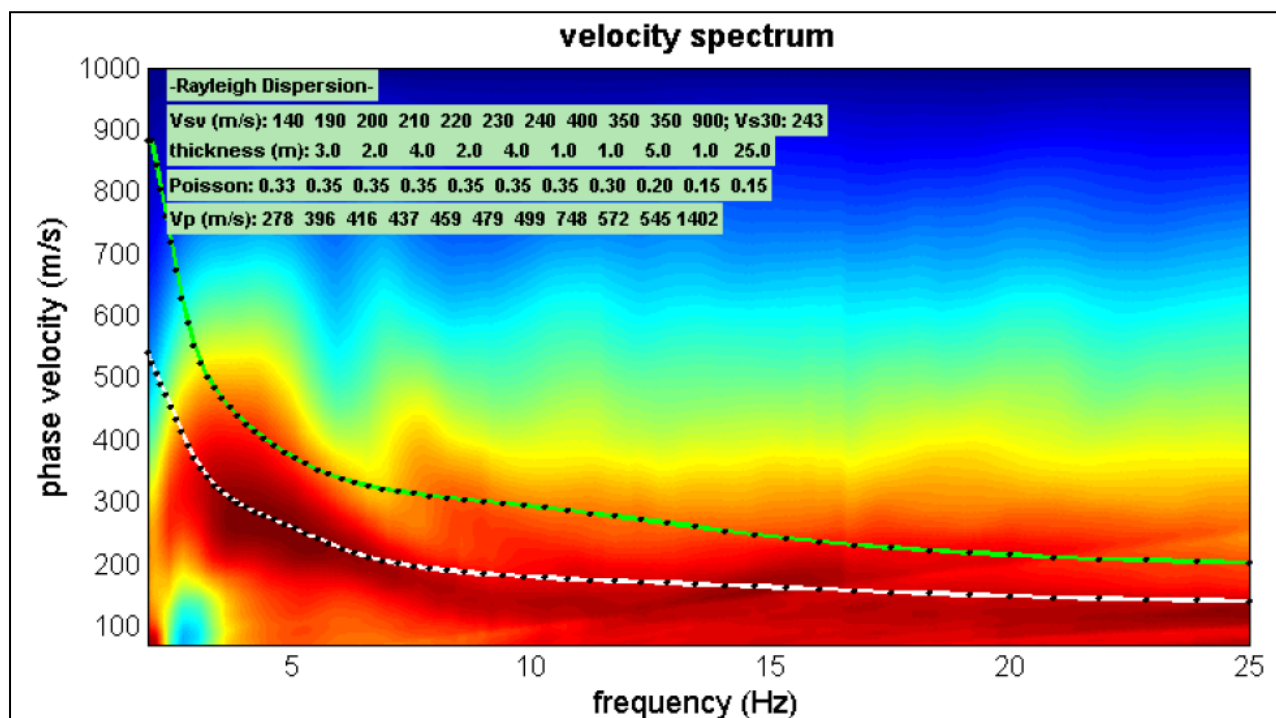
L'operazione d'inversione, quindi, consiste nella minimizzazione, attraverso una procedura iterativa, degli scarti tra i valori di velocità di fase sperimentali della curve di dispersione e quelli teorici relativi ad una serie di modelli di prova "velocità delle onde S – profondità".



METODOLOGIA DI ACQUISIZIONE ED INTERPRETAZIONE DELLE INDAGINI ESAC

Il metodo ESAC registra il segnale relativo a microtremiti spontaneamente presenti nell'ambiente, cioè sollecitazioni di qualsiasi origine, provenienti da sorgenti ignote e isotropiche (disposte in tutte le direzioni) rispetto ad uno stendimento sismico non lineare. In assenza di spazi sufficientemente lunghi e in presenza di ambienti urbanizzati, acquisizioni con stendimenti 2D (a "L", croci o cerchi) e di breve durata, consentono in maniera speditiva ed economica l'analisi del microtremore sismico. L'acquisizione secondo una geometria bidimensionale ovvia ad alcuni problemi legati alle velocità apparenti, presenti nei dati acquisiti mediante array unidirezionali (ReMi). Uno stendimento ESAC è realizzato mediante l'utilizzo della classica strumentazione per l'esecuzione di una prospezione sismica a rifrazione con geofoni a componenti verticale da 4,5 Hz disposti secondo una geometria 2D.

Con la metodologia ESAC viene studiata la direzionalità del microtremore e valutata la velocità di fase alle diverse frequenze. Il metodo consente di definire la cosiddetta curva di dispersione effettiva, che rappresenta una combinazione delle diverse curve modali "pesate" in base al loro specifico contenuto energetico nel sito. Nel caso di profili normalmente dispersivi, la curva di dispersione effettiva coincide con la curva relativa al modo fondamentale.



In altri casi, per esempio in presenza di inversioni di velocità o di forti contrasti di impedenza sismica, la curva di dispersione effettiva risulta frutto di una combinazione dei diversi modi in funzione della relativa energia. Un vantaggio quindi della tecnica ESAC è quello di non dovere identificare (come in altre metodologie) i vari modi di vibrazione, che sono invece trattati, più semplicemente, in modo unitario.

7.2 ANALISI CRITICA DEI RISULTATI

Le indagini ESAC, la cui interpretazione è stata effettuata in maniera congiunta con l'esecuzione di un'indagine MASW sul medesimo profilo, hanno consentito la caratterizzazione – in termini di Vs – di microzone o di aree non sufficientemente coperte dalla specifica informazione.

In particolare si è ritenuto opportuno implementare lo stato di conoscenza nell'area di Cesa, tentando di discriminare i caratteri sismostratigrafici della microzona rappresentativa del riempimento plio-pleistocenico (2001) da quelli della microzona rappresentativa dei depositi di colmata (2003).

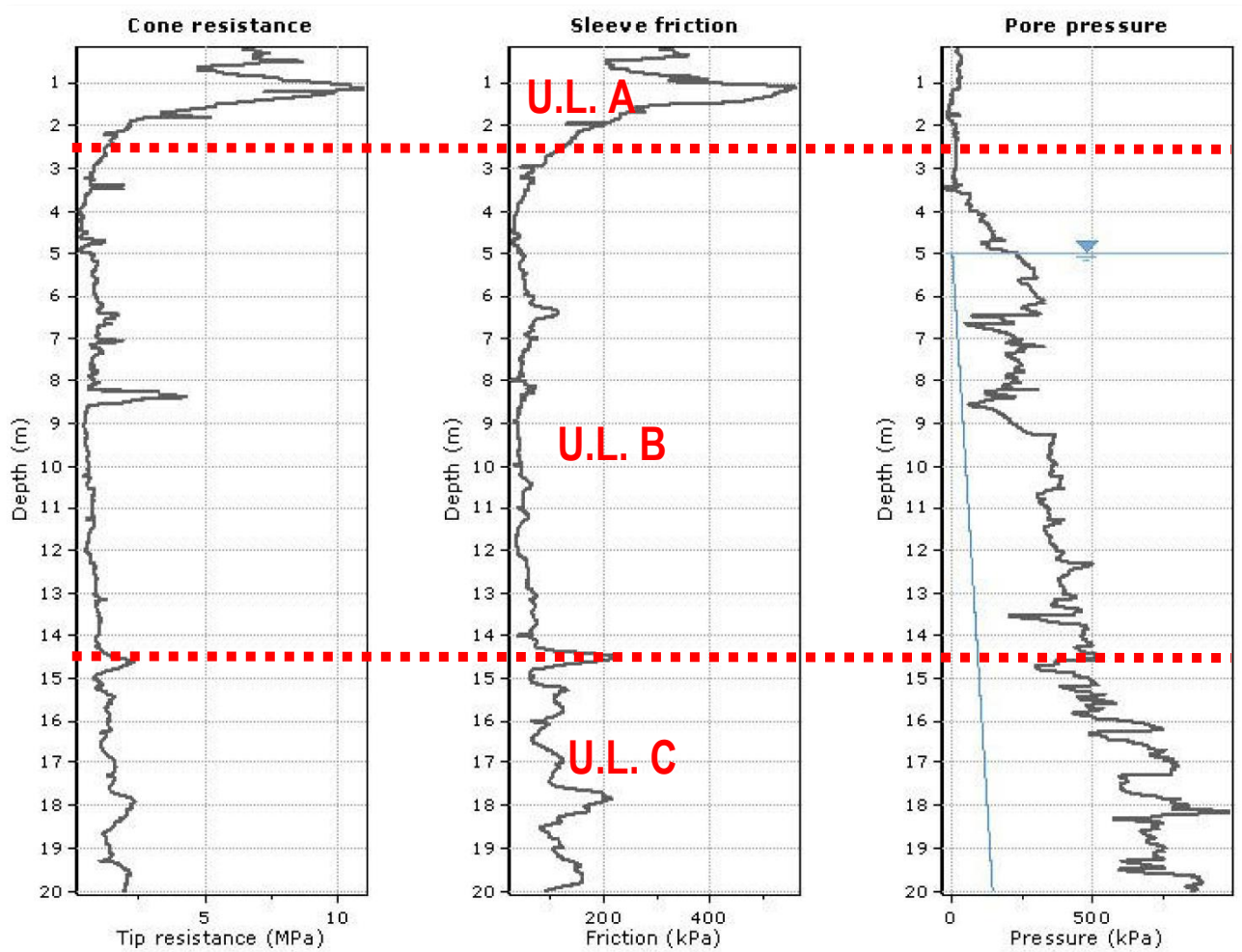
In realtà gli esiti – del resto coerentemente con quanto emerso dall'esecuzione delle misure di microtremore a stazione singola (Vd. oltre) – hanno evidenziato uno spessore piuttosto omogeneo di depositi di colmata (con Vs prossime a 200 m/sec) al di sopra della successione fluvio-lacustre (con Vs anche superiori a 300 m/sec). Non è stato possibile pertanto riconoscere la geometria di immersione della successione fluvio-lacustre verso il depocentro del bacino della Val di Chiana, perlomeno nella cosiddetta "zona di bordo".

Anche le 9 misure di microtremore a stazione singola HVSR sono state concentrate in corrispondenza della fascia di transizione tra depositi plio-pleistocenici e quelli di colmata. L'obiettivo – anche stavolta – era quello di tentare la determinazione della geometria di immersione, al di sotto della copertura di colmata, della successione fluviolacustre del Sub-Sintema di Marciano della Chiana. Purtroppo invece il tetto del sopracitato Sub-Sintema di Marciano della Chiana non ha espresso contrasti di impedenza sismica così significativi rispetto ai terreni – comunque più teneri – posti al di sopra. Le frequenze di risonanza caratteristiche, tutte prossime ad 1 Hz, sono evidentemente indicative di altri contrasti di impedenza, ben più profondi e verosimilmente interni al Sub-Sintema di Marciano della Chiana.

E' stata altresì realizzata una prova penetrometrica con piezocono (CPTU) nella zona di colmata di Cesa. Tale indagine geotecnica è stata finalizzata alla verifica del reale potenziale di liquefacibilità dei terreni che caratterizzano i depositi messi in posto durante la bonifica della Val di Chiana.

Si riporta di seguito la verifica alla liquefazione, sulla base degli esiti della CPTU eseguita.

7.3 DETERMINAZIONE DEL RISCHIO DI LIQUEFAZIONE DEI TERRENI DI COLMATA IN QUESTO SETTORE DI VAL DI CHIANA



U.L. A

$Q_c = 5,03 \text{ MPa}$

$f_s = 277,44 \text{ KPa}$

U.L. B

$Q_c = 0,81 \text{ MPa}$

$f_s = 52,26 \text{ KPa}$

U.L. C

$Q_c = 1,52 \text{ MPa}$

$f_s = 115,82 \text{ KPa}$

Soggiacenza falda: 3,5 m

Mmax = 5,5

d= 20 Km

Amax/g = 0,222

INTRODUZIONE

I metodi semplificati si basano sul rapporto che intercorre fra le sollecitazioni di taglio che producono liquefazione e quelle indotte dal terremoto; hanno perciò bisogno di valutare i parametri relativi sia all'evento sismico sia al deposito, determinati questi ultimi privilegiando metodi basati su correlazioni della resistenza alla liquefazione con parametri desunti da prove in situ. La resistenza del deposito alla liquefazione viene quindi valutata in termini di fattore di resistenza alla liquefazione

$$(1.0)F_s = \frac{CRR}{CSR}$$

dove CRR (Cyclic Resistance Ratio) indica la resistenza del terreno agli sforzi di taglio ciclico e CSR (Cyclic Stress Ratio) la sollecitazione di taglio massima indotta dal sisma.

I metodi semplificati proposti differiscono fra loro soprattutto per il modo con cui viene ricavata CRR, la resistenza alla liquefazione. Il parametro maggiormente utilizzato è il numero dei colpi nella prova SPT anche se oggi, con il progredire delle conoscenze, si preferisce valutare il potenziale di liquefazione utilizzando prove statiche (CPT) o prove di misurazione delle onde di taglio Vs. Questi metodi sono in genere utilizzati per la progettazione di opere di media importanza.

Il metodo di calcolo del potenziale di liquefazione adottato nella presente verifica è il *Metodo di Robertson e Wride modificato (1997)*.

Il 'metodo di Robertson e Wride' utilizza l'indice di comportamento per il tipo di suolo **I_c** che viene calcolato mediante l'utilizzo della seguente formula:

$$(2.8a)I_c = \left[(3,47 - \log_{10} Q)^2 + (\log_{10} R_f + 1,22)^2 \right]^{0,5}$$

$$(2.8b) Q = \frac{q_c - \sigma_{vo}}{Pa} \left(\frac{Pa}{\sigma'_{vo}} \right)^n$$

$$(2.8c) R_f = \frac{f_s}{q_c - \sigma_{vo}} 100$$

dove

q_c è la resistenza alla punta misurata

Pa è la tensione di riferimento (1 atmosfera) nelle stesse unità di σ'_{vo}

f_s è l'attrito del manicotto

n è un'esponente che dipende dal tipo di suolo.

Inizialmente si assume $n = 1$, come per un suolo argilloso e si procede al calcolo di I_C con la (2.8a).

Se $I_C > 2,6$ il suolo è probabilmente di tipo argilloso e l'analisi si ferma dato che il suolo non è liquefacibile.

Se $I_C \leq 2,6$, vuol dire che l'ipotesi assunta è errata e I_C deve essere ricalcolato nuovamente con la seguente formula:

$$(2.9) Q = \frac{q_c}{Pa} \left(\frac{Pa}{\sigma'_{vo}} \right)^n$$

Si presume che il terreno sia granulare e si assume $n = 0,5$.

Se è ancora $I_C \leq 2,6$, significa che l'ipotesi è giusta e il suolo è probabilmente non plastico e granulare.

Se invece $I_C > 2,6$, vuol dire che l'ipotesi è di nuovo errata e il suolo è probabilmente limoso. I_C deve essere nuovamente ricalcolato con la (2.8a) ponendo $n = 0,75$.

Calcolato I_C , si procede con la correzione della resistenza alla punta misurata q_c mediante la seguente espressione:

$$(3.0) q_{c1N} = \frac{q_c}{Pa} \left(\frac{Pa}{\sigma'_{vo}} \right)^n$$

dove n è lo stesso del calcolo di I_C .

La correzione alla resistenza alla punta dovuta al contenuto di materiale fine viene valutata mediante la seguente procedura:

se il metodo utilizzato è il Robertson e Wride classico:

$$(3.1a) (q_{c1N})_{cs} = K_c q_{c1N}$$

$$(3.1b) K_c = -0,403 I_c^4 + 5,581 I_c^3 - 21,63 I_c^2 + 33,75 I_c - 17,88$$

se il metodo utilizzato è il Robertson e Wride modificato:

$$(3.2a) (q_{c1N})_{cs} = q_{c1N} + \Delta q_{c1N}$$

$$(3.2b) \Delta q_{c1N} = \frac{K_c}{1 - K_c} q_{c1N}$$

dove K_c dipende dal contenuto di fine, FC (%):

$$K_c = 0 \quad \text{per } FC \leq 5$$

$$K_c = 0,0267(FC - 5) \quad \text{per } 5 < FC \leq 35$$

$$K_c = 0,8 \quad \text{per } FC > 35$$

Nel caso specifico l'analisi critica del profilo di resistenza della prova penetrometrica con piezocono eseguita suggerisce una frazione fine di gran lunga preponderante rispetto alla frazione sabbiosa.

La resistenza alla liquefazione per una magnitudo pari a 7,5 (**CRR_{7,5}**) si calcola con le espressioni seguenti:

se $(q_{c1N})_{cs} < 50$

$$(3.4) CRR = 0,833 \left[\frac{(q_{c1N})_{cs}}{1000} \right] + 0,05$$

se $50 \leq (q_{c1N})_{cs} < 160$

$$(3.5) CRR = 93 \left[\frac{(q_{c1N})_{cs}}{1000} \right]^3 + 0,08$$

Il rapporto di sforzo ciclico **CSR** si calcola con la (1.3) e **MSF** come raccomandato dal NCEER (vedi Tabella 1), mentre il coefficiente **r_d** è calcolato mediante la seguente procedura:

se $z < 9,15$ m

$$(3.6a)r_d = 1,0 - 0,00765 z$$

se $9,15 \leq z < 23$ m

$$(3.6b)r_d = 1,174 - 0,00267 z$$

dove z è la profondità in metri.

Si calcola il fattore di sicurezza alla liquefazione con la (1.0), mentre l'indice e il rischio di liquefazione vengono calcolati con il metodo di Iwasaki et alii.

CALCOLO DELLA SUSCETTIBILITA' DI LIQUEFAZIONE

Dati generali

Numero di strati = 3

Profondità della falda = 3.5 m

Magnitudo del sisma = 5.5

Accelerazione massima al suolo = 0.222

Strato Nr.	Descrizion e (-)	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso di volume secco (KN/mc)	Peso di volume saturato (KN/mc)	Resistenza qc (KPa)	Resistenza all'attrito laterale fs (KPa)
1	Limo argilloso	0	2.7	17.5	18.5	5030	277.44
2	Argilla	2.7	14.50	17.5	18.5	810	52.26
3	Limo argilloso	14.50	20	17.5	18.5	1520	115.82

Metodo di Robertson e Wride (1997)**Risultati**

Correzione per la magnitudo (MSF) = 2.21

Verifica Nr.	Profondità dal p. c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale efficace (KPa)	Resistenza alla punta normalizzata Q	Attrito laterale normalizzato F (%)	Indice di comportamento I _c	Correzione per la pressione litostatica efficace C _q	Resistenza alla punta corretta qc1N (KPa)	Coefficiente riduttivo (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza (Fs)	Suscettibilità di liquefazione	Indice di liquefazione	Rischio di liquefazione
Verifica Nr.	Profondità dal p. c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale efficace (KPa)	Resistenza alla punta normalizzata Q	Attrito laterale normalizzato F (%)	Indice di comportamento I _c	Correzione per la pressione litostatica efficace C _q	Resistenza alla punta corretta qc1N (KPa)	Coefficiente riduttivo (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza (Fs)	Suscettibilità di liquefazione	Indice di liquefazione	Rischio di liquefazione
1	3.70	64.95	62.99	11.83	7.01	3.16							NL		
2	3.90	68.65	64.73	11.45	7.05	3.18							NL		
3	4.10	72.35	66.47	11.10	7.08	3.19							NL		
4	4.30	76.05	68.20	10.76	7.12	3.20							NL		
5	4.50	79.75	69.94	10.44	7.16	3.21							NL		
6	4.70	83.45	71.68	10.14	7.19	3.22							NL		
7	4.90	87.15	73.42	9.85	7.23	3.23							NL		
8	5.10	90.85	75.16	9.57	7.27	3.24							NL		
9	5.30	94.55	76.90	9.30	7.30	3.26							NL		
10	5.50	98.25	78.64	9.05	7.34	3.27							NL		

11	5.70	101.95	80.38	8.81	7.38	3.28							NL		
12	5.90	105.65	82.11	8.58	7.42	3.29							NL		
13	6.10	109.35	83.85	8.36	7.46	3.30							NL		
14	6.30	113.05	85.59	8.14	7.50	3.31							NL		
15	6.50	116.75	87.33	7.94	7.54	3.32							NL		
16	6.70	120.45	89.07	7.74	7.58	3.33							NL		
17	6.90	124.15	90.81	7.55	7.62	3.34							NL		
18	7.10	127.85	92.55	7.37	7.66	3.35							NL		
19	7.30	131.55	94.28	7.20	7.70	3.36							NL		
20	7.50	135.25	96.02	7.03	7.75	3.37							NL		
21	7.70	138.95	97.76	6.86	7.79	3.38							NL		
22	7.90	142.65	99.50	6.71	7.83	3.38							NL		
23	8.10	146.35	101.24	6.56	7.87	3.39							NL		
24	8.30	150.05	102.98	6.41	7.92	3.40							NL		
25	8.50	153.75	104.72	6.27	7.96	3.41							NL		
26	8.70	157.45	106.46	6.13	8.01	3.42							NL		
27	8.90	161.15	108.19	6.00	8.05	3.43							NL		
28	9.10	164.85	109.93	5.87	8.10	3.44							NL		
29	9.30	168.55	111.67	5.74	8.15	3.45							NL		
30	9.50	172.25	113.41	5.62	8.19	3.46							NL		
31	9.70	175.95	115.15	5.51	8.24	3.47							NL		
32	9.90	179.65	116.89	5.39	8.29	3.47							NL		
33	10.10	183.35	118.63	5.28	8.34	3.48							NL		
34	10.30	187.05	120.36	5.18	8.39	3.49							NL		
35	10.50	190.75	122.10	5.07	8.44	3.50							NL		
36	10.70	194.45	123.84	4.97	8.49	3.51							NL		
37	10.90	198.15	125.58	4.87	8.54	3.52							NL		
38	11.10	201.85	127.32	4.78	8.59	3.53							NL		
39	11.30	205.55	129.06	4.68	8.65	3.53							NL		
40	11.50	209.25	130.80	4.59	8.70	3.54							NL		
41	11.70	212.95	132.54	4.50	8.75	3.55							NL		

42	11.90	216.65	134.27	4.42	8.81	3.56							NL		
43	12.10	220.35	136.01	4.34	8.86	3.57							NL		
44	12.30	224.05	137.75	4.25	8.92	3.58							NL		
45	12.50	227.75	139.49	4.17	8.98	3.58							NL		
46	12.70	231.45	141.23	4.10	9.03	3.59							NL		
47	12.90	235.15	142.97	4.02	9.09	3.60							NL		
48	13.10	238.85	144.71	3.95	9.15	3.61							NL		
49	13.30	242.55	146.44	3.87	9.21	3.62							NL		
50	13.50	246.25	148.18	3.80	9.27	3.62							NL		
51	13.70	249.95	149.92	3.74	9.33	3.63							NL		
52	13.90	253.65	151.66	3.67	9.39	3.64							NL		
53	14.10	257.35	153.40	3.60	9.46	3.65							NL		
54	14.30	261.05	155.14	3.54	9.52	3.66							NL		
55	14.50	264.75	156.88	3.48	9.58	3.66							NL		
56	14.70	268.45	158.62	7.89	9.25	3.38							NL		
57	14.90	272.15	160.35	7.78	9.28	3.38							NL		
58	15.10	275.85	162.09	7.68	9.31	3.39							NL		
59	15.30	279.55	163.83	7.57	9.34	3.39							NL		
60	15.50	283.25	165.57	7.47	9.36	3.40							NL		
61	15.70	286.95	167.31	7.37	9.39	3.40							NL		
62	15.90	290.65	169.05	7.27	9.42	3.41							NL		
63	16.10	294.35	170.79	7.18	9.45	3.41							NL		
64	16.30	298.05	172.52	7.08	9.48	3.42							NL		
65	16.50	301.75	174.26	6.99	9.51	3.42							NL		
66	16.70	305.45	176.00	6.90	9.54	3.43							NL		
67	16.90	309.15	177.74	6.81	9.57	3.43							NL		
68	17.10	312.85	179.48	6.73	9.59	3.44							NL		
69	17.30	316.55	181.22	6.64	9.62	3.44							NL		
70	17.50	320.25	182.96	6.56	9.65	3.45							NL		
71	17.70	323.95	184.70	6.48	9.68	3.45							NL		
72	17.90	327.65	186.43	6.40	9.71	3.46							NL		

73	18.10	331.35	188.17	6.32	9.74	3.46							NL		
74	18.30	335.05	189.91	6.24	9.77	3.47							NL		
75	18.50	338.75	191.65	6.16	9.80	3.47							NL		
76	18.70	342.45	193.39	6.09	9.84	3.48							NL		
77	18.90	346.15	195.13	6.02	9.87	3.48							NL		
78	19.10	349.85	196.87	5.94	9.90	3.49							NL		
79	19.30	353.55	198.60	5.87	9.93	3.49							NL		
80	19.50	357.25	200.34	5.80	9.96	3.50							NL		
81	19.70	360.95	202.08	5.74	9.99	3.50							NL		
82	19.90	364.65	203.82	5.67	10.02	3.51							NL		

I terreni che caratterizzano la pianura oggetto di bonifica della Val di Chiana, non risultano liquefacibili.

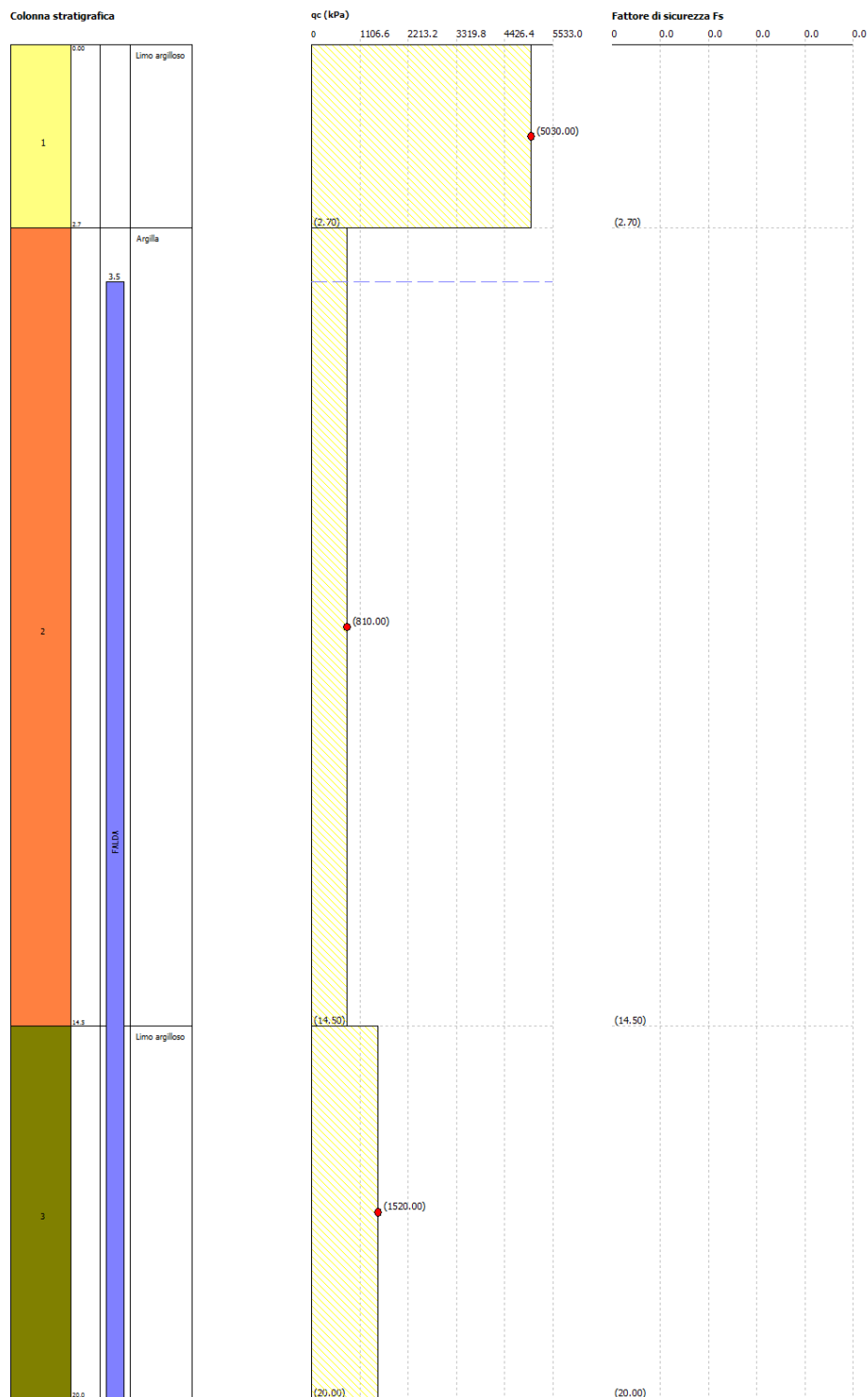
Si ritiene pertanto di escludere la liquefazione tra le occorrenze fenomenologiche in caso di sisma.

geostru
www.geostru.com
geostru@geostru.com

Valutazione del rischio di liquefazione
Metodo di verifica: Robertson e Wride
Diagrammi: - qc - Fs

Committente:
Località:

Data:



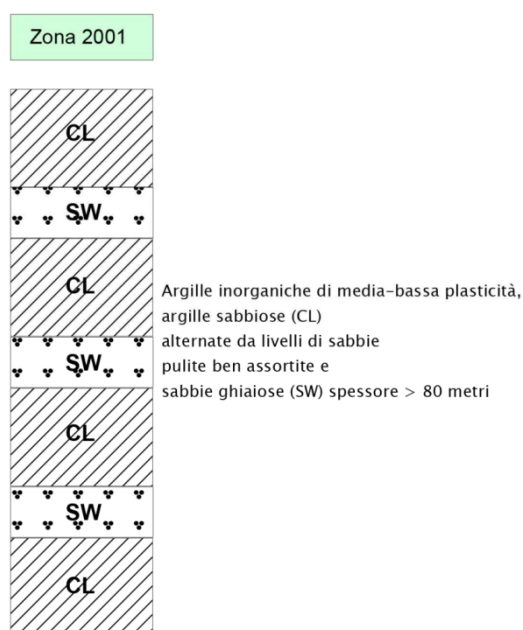
8. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE DELLE INDAGINI E RIELABORAZIONE DEL LIVELLO 1

Sulla base dei risultati delle indagini geofisiche disponibili, acquisite ed di nuova realizzazione, è stata verificata analiticamente la zonazione sismica elaborata nel livello 1 ed è emersa la necessità di apportare modifiche rispetto allo studio MS1 soltanto in virtù di variazioni al quadro conoscitivo del Piano PAI "Dissesti geomorfologici". Le Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica restano pertanto sostanzialmente inalterate, sia per ciò che concerne la loro collocazione territoriale sia per ciò che concerne le loro specifiche connotazioni sismo-stratigrafiche. Cambiano invece, essendo correlate al più aggiornato quadro conoscitivo del Progetto di Piano PAI Arno, le Zone instabili.

Viene di seguito riportata una descrizione delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica, utile anche ai fini delle valutazioni di cui al Livello 2.

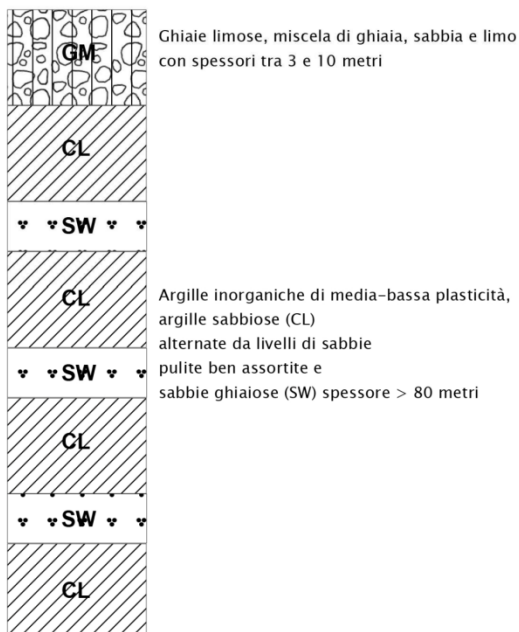
ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONE

L'assetto stratigrafico dell'intero territorio comunale di Marciano della Chiana è controllato dalla presenza dei termini riferibili al Sub-sintema di Marciano della Chiana, ed in particolare alla Formazione delle Argille, argille siltose e sabbie di Pozzo della Chiana. Queste ultime consistono in un'alternanza tra livelli (di potenza anche decametrica) argillosi ed argilloso-limosi e livelli sabbiosi. La presenza, la tipologia litologica ed il corrispondente spessore, dei terreni posti a copertura della suddetta formazione determinano le diverse colonne stratigrafiche delle MOPS riconosciute.



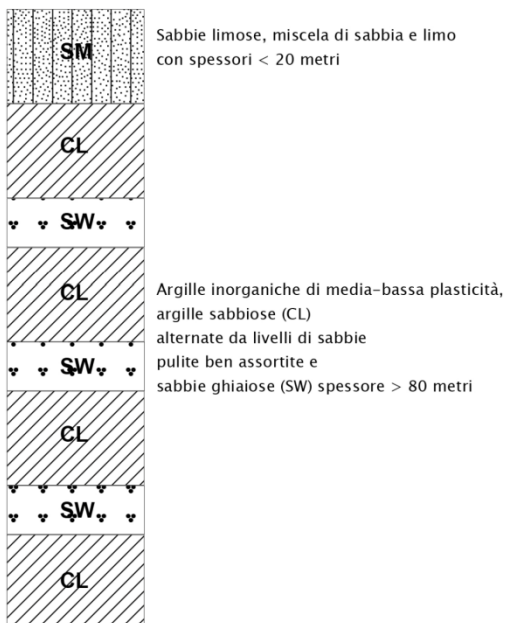
Zona 2001: è rappresentativa della dorsale collinare su cui sorgono il capoluogo comunale e gli abitati di Badicorte e la parte morfologicamente più alta di Cesa. Stratigraficamente corrisponde fedelmente alla successione espressa dalle Argille, argille siltose e sabbie di Pozzo della Chiana, e consistente in un'alternanza tra Argille limose e sabbie ben classate fini o medie, per spessori complessivamente ben superiori ad 80 metri.

Zona 2002



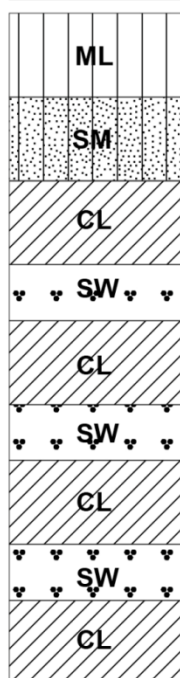
Zona 2002: è rappresentativa invece della presenza in affioramento dei termini sabbioso-ghiaiosi del Sub-Sintema di Cantarino, in discordanza stratigrafica al di sopra di quello di Marciano della Chiana. La colonna stratigrafica si distingue pertanto per una copertura sabbioso-ghiaiosa potente non più di 10 metri al di sopra della solita alternanza tra argille limose e sabbie fini e medie delle Argille, argille siltose e sabbie di Pozzo della Chiana.

Zona 2003



Zona 2003: è rappresentativa della configurazione stratigrafica dei fondovalle o comunque dei locali livelli di base del bacino della Val di Chiana: affiorano, per spessori non superiori a 20 metri, i depositi di colmata messi in posto in facies palustre o lacustre e litologicamente ascrivibili a sabbie e sabbie limose. Detta successione poggia ubiquitariamente sulle Argille, argille siltose e sabbie di Pozzo della Chiana.

Zona 2004



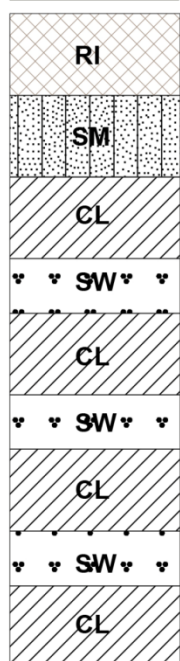
Terreni a prevalente granulometria limoso – argilloso con spessore tra 3 e 10 metri

Sabbie limose, miscela di sabbia e limo con spessori < 20 metri

Argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille sabbiose (CL) alternate da livelli di sabbie pulite ben assortite e sabbie ghiaiose (SW) spessore > 80 metri

Zona 2004: corrisponde alla medesima successione alluvionale di colmata di cui alla Zona 2003, fatta salva la presenza, in superficie, di un modesto spessore (3-10 metri) di terreni limoso-argillosi al di sopra di quelli eminentemente sabbiosi. Detta configurazione stratigrafica è confinata al settore compreso tra il Canale Maestro della Chiana e l'Allacciante di Sinistra.

Zona 2005



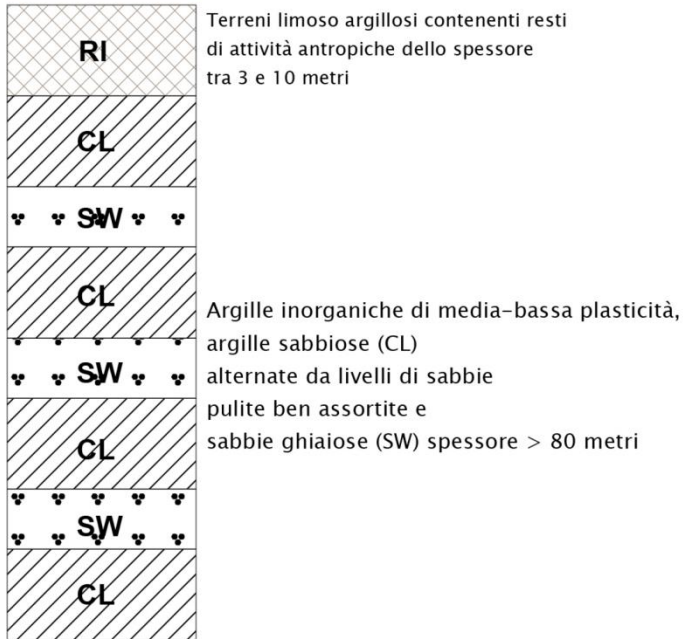
Terreni limoso argillosi contenenti resti di attività antropiche dello spessore tra 3 e 10 metri

Sabbie limose, miscela di sabbia e limo con spessori < 20 metri

Argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille sabbiose (CL) alternate da livelli di sabbie pulite ben assortite e sabbie ghiaiose (SW) spessore > 80 metri

Zona 2005: corrisponde alla medesima successione alluvionale di colmata di cui alla Zona 2003, fatta salva la presenza, in superficie, di un modesto spessore (3-10 metri) di terreni di riporto antropico al di sopra di quelli eminentemente sabbiosi. Detti terreni sono quelli che costituiscono il rilevato su cui corre il tracciato autostradale della A1.

Zona 2006



Zona 2006: sulla sommità della dorsale su cui sorgono gli abitati di Marciano della Chiana e Badicorte sono presenti due aree costituite da un rilevato antropico di spessore significativo (3-10 metri). Detto terreno antropico poggia sulla successione argilloso-limosa e sabbiosa del Sub-sintema di Marciano della Chiana.

9. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI DEL LIVELLO 2

9.1 FATTORI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA

Sulla base di tutti i dati a disposizione è stato possibile procedere alla quantificazione numerica degli effetti sismici evidenziati nell'analisi di livello 1 al fine della redazione 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 Marciano della Chiana, sono stati utilizzati gli abachi riferiti alla **macroarea "Area di transizione"** con valore di **$ag \geq 0.15g$ ($TR=475$ anni)**. Il parametro utilizzato per la rappresentazione dei livelli amplificativi è il fattore di amplificazione di Housner (denominato FHa) 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}):

$$FA_{0105} = \frac{\int_{0.1}^{0.5} PSA_{out}(T) dt}{\int_{0.1}^{0.5} PSA_{in}(T) dt}$$

$$FA_{0408} = \frac{\int_{0.4}^{0.8} PSA_{out}(T) dt}{\int_{0.4}^{0.8} PSA_{in}(T) dt}$$

$$FA_{0711} = \frac{\int_{0.7}^{1.1} PSA_{out}(T) dt}{\int_{0.7}^{1.1} PSA_{in}(T) dt}$$

E' stato in particolare valutato un triplice intervallo di integrazione: il primo tra 0.1 e 0.5 secondi (denominato FHa0.1-0.5), significativo per le strutture più rigide, a basso periodo proprio e gli altri due per le strutture progressivamente più flessibili (denominati FHa0.4-0.8 e FHa0.7-1.1), a più elevato periodo proprio.

I parametri geologici d'ingresso, per poter estrapolare il valore del fattore di amplificazione, sono due:

- il periodo fondamentale di vibrazione del sito (T_0) o la corrispondente frequenza fondamentale (f_0);

- il valore della velocità media delle Onde S nei primi 30 metri di sottosuolo (V_{s30}) o, se il basamento sismico si trova a meno di 30 metri dalla superficie, il valore della velocità media delle onde S fino al basamento sismico (VSH). Per basamento sismico, alla scala del presente lavoro, è stato considerato quel materiale capace, in virtù di una ben più rilevante impedenza sismica, di determinare un'amplificazione stratigrafica.

Si segnala come le indagini geofisiche non abbiano mai evidenziato la presenza – entro i primi 30 metri dal piano campagna – di un orizzonte sufficientemente rigido da assumere i connotati di un substrato sismico o – come detto – in grado di determinare una significativa amplificazione stratigrafica.

Gli abachi utilizzati sono stati quelli pertanto corrispondenti alle Aree di transizione con $a_g \geq 0.15g$ e per contesti caratterizzati da un substrato geologico posto a profondità maggiori di 30 metri.

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

Area di transizione (Substrato sismico > 30m)

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



FA 0.1 < T < 0.5 s												
		f0 (Hz)										75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥8		
(s/m) ρSA	<200	0.7	1.0								0.8	
	300	1.1	1.5	1.9	2.1	2.1	1.8	2.0	2.0	2.2	1.6	
	500	1.2	1.4	1.8	1.9	1.8	1.9	1.9	1.9	1.8	1.7	
	700	1.2	1.2	1.6	1.8	1.7	1.7	1.6	1.6	1.6	1.6	
	≥800	1.1	1.2		1.5	1.3	1.3			1.4	1.4	

FA 0.4 < T < 0.8 s											
		f0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥8	
Vs30 (m/s)	<200	1.1	1.4								1.2
	300	1.4	2.1	2.2	2.1	2.2	2.0	2.1	2.1	1.8	2.1
	500	1.3	1.9	2.0	1.7	1.6	1.8	1.7	1.7	1.6	1.8
	700	1.2	1.5	1.7	1.5	1.3	1.3	1.4	1.4	1.4	1.5
	≥800	1.3	1.5		1.4	1.1	1.1			1.3	1.4

FA 0.7 < T < 1.1 s											
		f0 [Hz]									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥8	
[s/m] 0.5VA	<200	1.4	2.6								1.4
	300	1.6	2.3	1.7	1.9	1.8	1.7	1.5	1.9	1.9	2.1
	500	1.4	2.0	1.5	1.3	1.5	1.6	1.3	1.3	1.3	1.7
	700	1.3	1.7	1.3	1.2	1.1	1.1	1.3	1.2	1.2	1.3
	≥800	1.6	2.2		1.1	1.0	1.0			1.2	1.3

CLASSI

Velocità (m/s)	$V_s < 200$
	$200 \leq V_s < 400$
	$400 \leq V_s < 600$
	$600 \leq V_s < 800$
	$V_s \geq 800$

frequenza (Hz)	$f_0 < 1$
	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

Sono quindi state effettuate le determinazioni dei valori del Fattore di Amplificazione per le aree oggetto di MZS di livello 2 in tutto il territorio comunale di Marciano della Chiana, con i risultati di seguito riportati e sintetizzati nella Carta di Microzonazione Sismica di Livello 2, in scala 1:5.000.

9.2 ATTRIBUZIONI DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA

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

Di fianco ad ogni microzona sono riportati tre valori: il primo si riferisce al Fattore di Amplificazione per periodi compresi tra 0,1 e 0,5 sec, il secondo si riferisce ai periodi compresi tra 0,4 e 0,8 sec, ed il terzo si riferisce invece ai periodi compresi.

Zona 2001

Area prevalente 1.1 ÷ 1.4 ÷ 1.6

Area circoscritta lungo S.P. della Misericordia 2.1 ÷ 2.2 ÷ 1.8

E' rappresentativa della successione deposizionale del Sub-sintema di Marciano della Chiana; tutte le indagini sismiche evidenziano valori di Vs certamente compresi tra 200 m/sec e 400 m/sec.

Quasi tutte le misure di microtremore a stazione singola evidenziano altresì frequenze caratteristiche inferiori ad 1 Hz, testimoniando indirettamente la presenza di un orizzonte maggiormente impedenza a profondità anche superiori a 100 metri.

Area di transizione (Substrato sismico > 30m)

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



FA 0.1 < T < 0.5 s

	Vs (m/sec)	f0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥8	
Vs ≤ 10	<200	0.7	1.0								0.8
	300	1.1	1.5	1.9	2.1	2.1	1.8	2.0	1.0	2.2	1.6
	500	1.2	1.4	1.8	1.9	1.8	1.9	1.9	1.9	1.8	1.7
	700	1.2	1.2	1.6	1.8	1.7	1.7	1.6	1.6	1.6	1.6
	≥800	1.1	1.2		1.5	1.3	1.3			1.4	1.4

FA 0.4 < T < 0.8 s

	Vs (m/sec)	f0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥8	
Vs ≤ 10	<200	1.1	1.4								1.2
	300	1.4	2.1	2.2	2.1	2.2	2.0	2.1	2.1	1.8	2.1
	500	1.5	1.9	2.0	1.7	1.6	1.8	1.7	1.7	1.6	1.8
	700	1.2	1.5	1.7	1.5	1.3	1.3	1.4	1.4	1.4	1.5
	≥800	1.3	1.5		1.4	1.1	1.1			1.3	1.4

FA 0.7 < T < 1.1 s

	Vs (m/sec)	f0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥8	
Vs ≤ 10	<200	1.4	2.6								1.4
	300	1.6	2.3	1.7	1.9	1.8	1.7	1.5	1.9	1.9	2.1
	500	1.5	2.0	1.5	1.3	1.5	1.6	1.3	1.3	1.3	1.7
	700	1.3	1.7	1.3	1.2	1.1	1.1	1.3	1.2	1.2	1.3
	≥800	1.6	2.2		1.1	1.0	1.0			1.2	1.3

CLASSI

velocità (m/s)	Vs < 200	
	300	200 ≤ Vs < 400
	500	400 ≤ Vs < 600
	700	600 ≤ Vs < 800
	Vs ≥ 800	

frequenza (Hz)	f0 < 1	
	1.5	1 ≤ f0 < 2
	2.5	2 ≤ f0 < 3
	3.5	3 ≤ f0 < 4
	4.5	4 ≤ f0 < 5
	5.5	5 ≤ f0 < 6
	6.5	6 ≤ f0 < 7
	7.5	7 ≤ f0 < 8
	≥ 8	

Esistono tuttavia due misure di microtremore a stazione singola, la P80 e la P81, che in una zona circoscritta lungo la S.P. della Misericordia in corrispondenza del bivio per Pozzo della Chiana, evidenziano frequenze caratteristiche comprese tra 4 e 5 Hz. Dette frequenze testimoniano la presenza di una modesta variabilità stratigrafica all'interno del Sub-Sintema di Marciano della Chiana, legata verosimilmente ad un orizzonte maggiormente impedente (magari litologicamente corrispondente a sabbie cementate o a sabbie ghiaiose) entro i primi 15-20 metri dal p.c..

Si è ritenuto pertanto opportuno discriminare questa seppur circoscritta porzione all'interno della Microzona 2001, in termini di differenti fattori di amplificazione.

Area di transizione (Substrato sismico > 30m)

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



FA $0.1 < T < 0.5$ s

	f_0 (Hz)									
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8
V (m/s)	<200	0.7	1.0							0.8
	300	1.1	1.5	1.9	2.1	2.1	1.8	2.0	2.0	1.6
	500	1.2	1.4	1.8	1.9	1.8	1.9	1.9	1.9	1.7
	700	1.2	1.2	1.6	1.8	1.7	1.7	1.6	1.6	1.6
	≥ 800	1.1	1.2		1.5	1.3	1.3			1.4

FA $0.4 < T < 0.8$ s

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

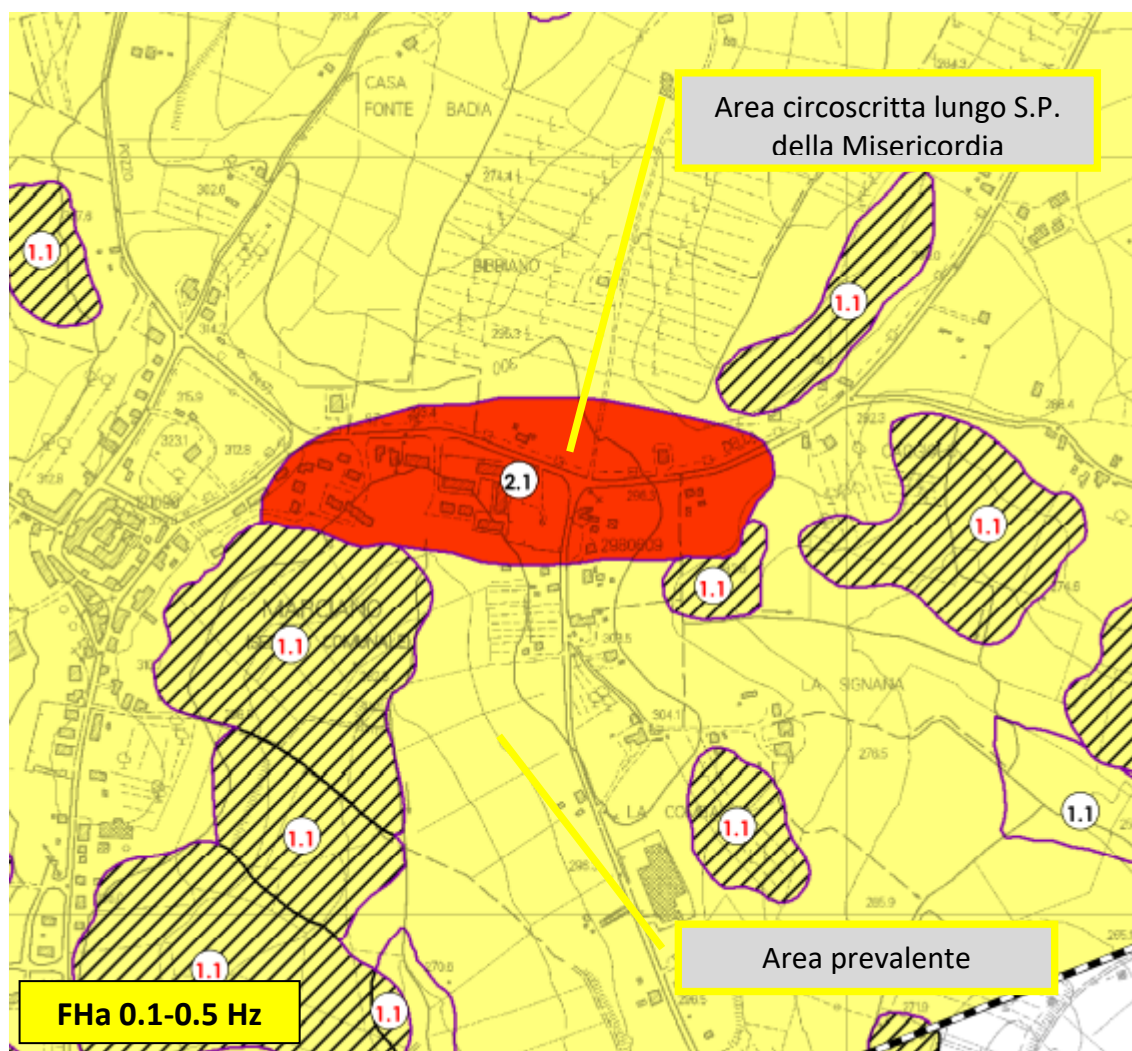
FA $0.7 < T < 1.1$ s

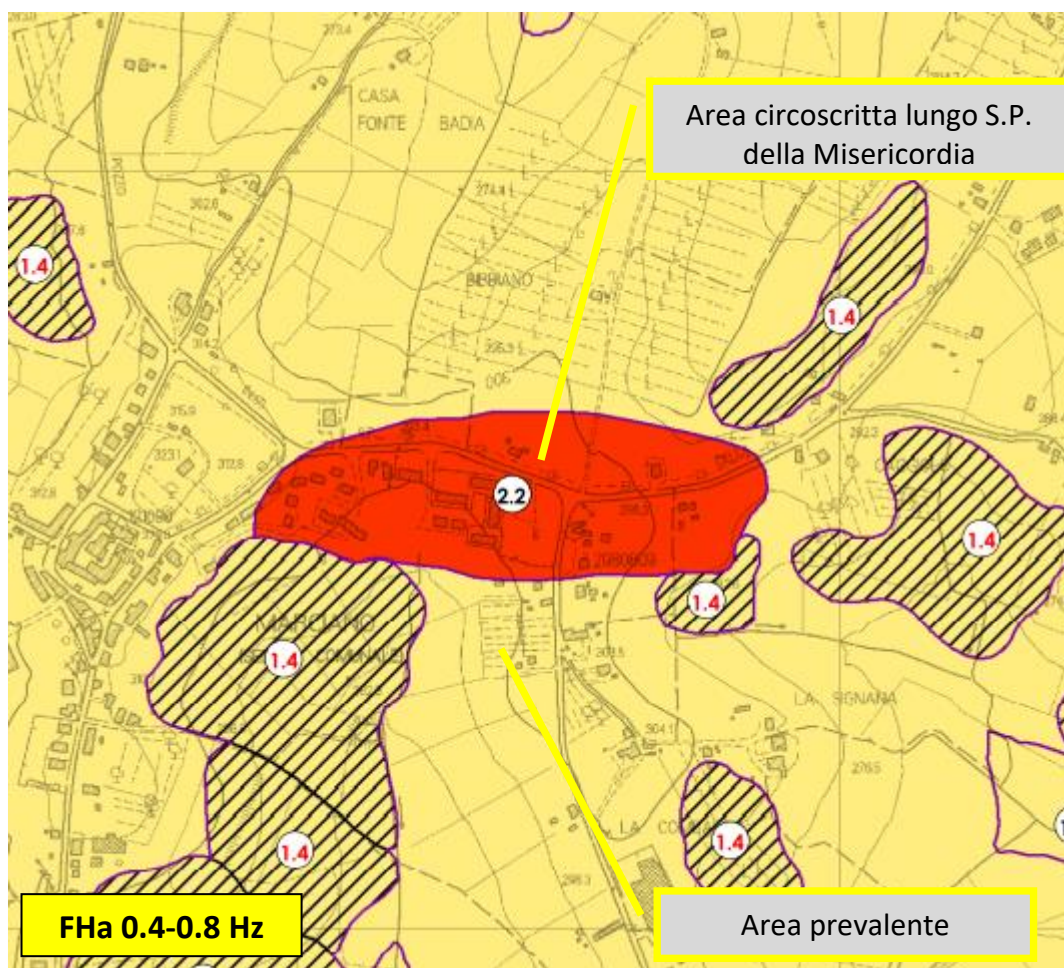
	f_0 (Hz)									
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8
V (m/s)	<200	1.4	2.6							1.4
	300	1.6	2.3	1.7	1.9	1.8	1.7	1.5	1.9	1.9
	500	1.4	2.0	1.5	1.3	1.3	1.6	1.3	1.3	1.3
	700	1.3	1.7	1.3	1.2	1.1	1.1	1.3	1.2	1.2
	≥ 800	1.6	2.2		1.1	1.0	1.0			1.3

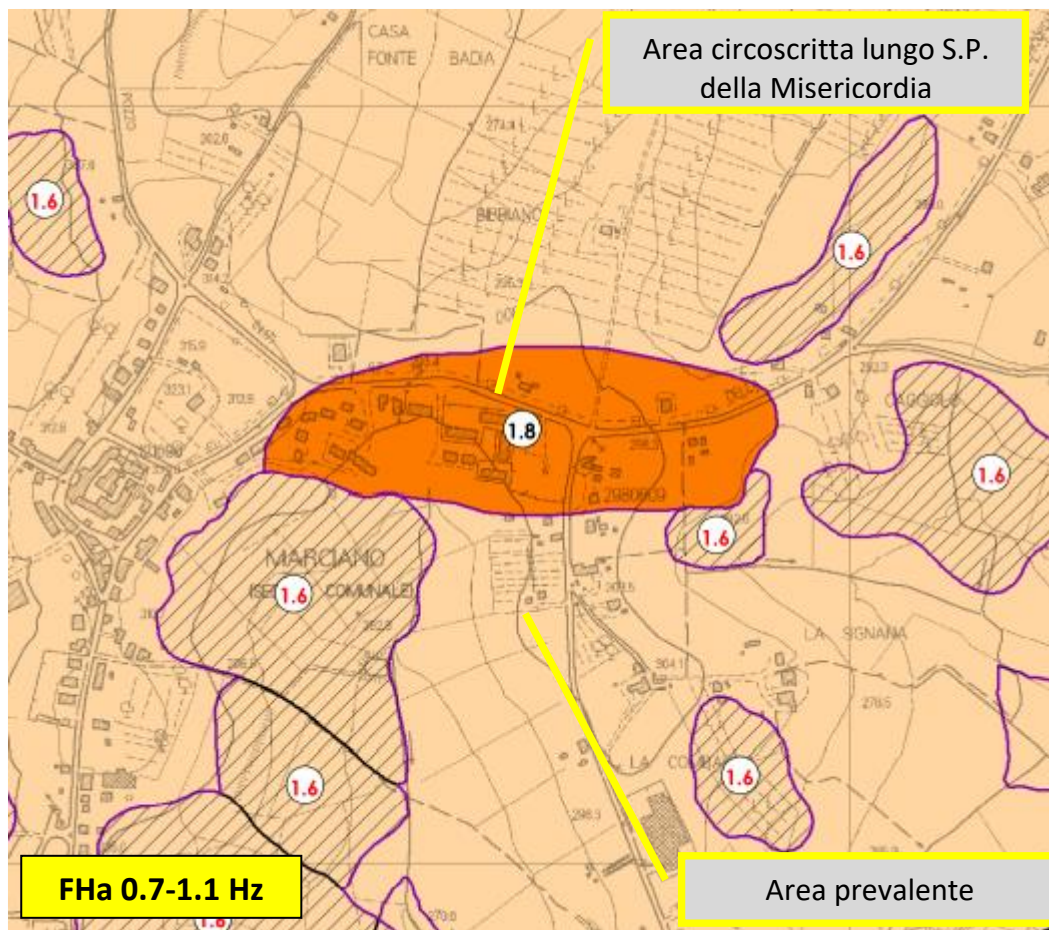
CLASSI

velocità (m/s)	$V_s < 200$	
	300	$200 \leq V_s < 400$
	500	$400 \leq V_s < 600$
	700	$600 \leq V_s < 800$
	$V_s \geq 800$	

frequenza (Hz)	$f_0 < 1$	
	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	$7 \leq f_0 < 8$







Zona 2002 - 1.1 ÷ 1.4 ÷ 1.6

E' rappresentata da una copertura grossolana al di sopra della successione limoso-argillosa e sabbiosa del Sub-Sintema di Marciano della Chiana. L'estrema esiguità areale della microzona 2002 non ricomprende alcuna indagine geofisica specifica. Si ritiene tuttavia adeguato ricorrere alle stesse determinazioni utilizzate per la Microzona 2001.

Area di transizione (Substrato sismico > 30m)

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



FA 0.1 < T < 0.5 s

		f0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥8	
	(s/m) DSFA										
	<200	0.7	1.0								0.8
	300	1.1	1.5	1.9	2.1	2.1	1.8	2.0	2.0	2.2	1.6
	500	1.2	1.4	1.8	1.9	1.8	1.9	1.9	1.9	1.8	1.7
	700	1.2	1.2	1.6	1.8	1.7	1.7	1.6	1.6	1.6	1.6
	≥800	1.1	1.2		1.5	1.3	1.3			1.4	1.4

FA 0.4 < T < 0.8 s

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

FA 0.7 < T < 1.1 s

		f0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥8	
	(s/m) DSFA										
	<200	1.4	2.6								1.4
	300	1.6	2.3	1.7	1.9	1.8	1.7	1.5	1.9	1.9	2.1
	500	1.4	2.0	1.5	1.3	1.5	1.6	1.3	1.3	1.3	1.7
	700	1.3	1.7	1.3	1.2	1.1	1.1	1.3	1.2	1.2	1.3
	≥800	1.6	2.2		1.1	1.0	1.0			1.2	1.3

CLASSI

velocità (m/s)	Vs < 200	
	300	200 ≤ Vs < 400
	500	400 ≤ Vs < 600
	700	600 ≤ Vs < 800
	Vs ≥ 800	

f0 (Hz) e zientef	f0 < 1	
	1.5	1 ≤ f0 < 2
	2.5	2 ≤ f0 < 3
	3.5	3 ≤ f0 < 4
	4.5	4 ≤ f0 < 5
	5.5	5 ≤ f0 < 6
	6.5	6 ≤ f0 < 7
	7.5	7 ≤ f0 < 8
	≥ 8	

Zona 2003

Zona di raccordo 1.1 ÷ 1.4 ÷ 1.6

Zona distale 1.5 ÷ 2.1 ÷ 2.3

E' rappresentativa della configurazione stratigrafica dei fondovalle o comunque dei locali livelli di base del bacino della Val di Chiana: affiorano, per spessori non superiori a 20 metri, i depositi di colmata messi in posto in facies palustre o lacustre e litologicamente ascrivibili a sabbie e sabbie limose. Detta successione poggia ubiquitariamente sulle Argille, argille siltose e sabbie di Pozzo della Chiana. Mentre le indagini geofisiche manifestano Vs omogeneamente comprese tra 200 m/sec e 400 m/sec, è osservabile per le misure di microtremore a stazione singola una tendenza all'aumento della frequenza caratteristica procedendo verso il Canale Maestro della Chiana. Detto aumento, consistente invero in piccole variazioni da circa 0,5 Hz a circa 1,5 Hz, ha il significato di una risalita verso la superficie di un qualche orizzonte impedente procedendo dalle zone di raccordo del fondovalle con le dorsali collinari verso le zone distali del bacino. L'ispessimento della successione di colmata procedendo verso il Canale Maestro della Chiana avrebbe invero suggerito un trend opposto nelle variazioni delle frequenze caratteristiche: è evidente come non sia il contatto tra depositi di colmata e Sub-Sintema di Marciano della Chiana il responsabile dell'amplificazione stratigrafica. Quest'ultimo va invece ricercato in un orizzonte – evidentemente granulare e forse corrispondente a sabbie ghiaiose all'interno della successione del Sub-Sintema di Marciano della Chiana – posto a differenti profondità: a circa 90-100 metri nelle zone di raccordo con le dorsali collinari e a circa 50 metri nelle zone più distali.

In virtù di tale circostanza, si è ritenuto opportuno operare una differenziazione interna alla Microzona 2003.

Zona di raccordo

Area di transizione (Substrato sismico > 30m)

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



FA $0.1 < T < 0.5$ s

	V_s (m)	f_0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	
$V_s \leq 10$ (s)	<200	0.7	1.0								0.8
	300	1.1	1.5	1.9	2.1	2.1	1.8	2.0	2.0	2.2	1.6
	500	1.2	1.4	1.8	1.9	1.8	1.9	1.9	1.9	1.8	1.7
	700	1.2	1.2	1.6	1.8	1.7	1.7	1.6	1.6	1.6	1.6
	≥ 800	1.1	1.2		1.5	1.3	1.3			1.4	1.4

FA $0.4 < T < 0.8$ s

	V_s (m)	f_0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	
$V_s \leq 10$ (s)	<200	1.1	1.4								1.2
	300	1.4	2.1	2.2	2.1	2.2	2.0	2.1	2.1	1.8	2.1
	500	1.3	1.9	2.0	1.7	1.6	1.8	1.7	1.7	1.6	1.8
	700	1.2	1.5	1.7	1.5	1.3	1.3	1.4	1.4	1.4	1.5
	≥ 800	1.3	1.5		1.4	1.1	1.1			1.3	1.4

FA $0.7 < T < 1.1$ s

	V_s (m)	f_0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	
$V_s \leq 10$ (s)	<200	1.4	2.6								1.4
	300	1.6	2.3	1.7	1.9	1.8	1.7	1.5	1.9	1.9	2.1
	500	1.4	2.0	1.5	1.3	1.5	1.6	1.3	1.3	1.3	1.7
	700	1.3	1.7	1.3	1.2	1.1	1.1	1.3	1.2	1.2	1.3
	≥ 800	1.6	2.2		1.1	1.0	1.0			1.2	1.3

CLASSI

velocità (m/s)	$V_s < 200$	
	300	$200 \leq V_s < 400$
	500	$400 \leq V_s < 600$
	700	$600 \leq V_s < 800$
	$V_s \geq 800$	

frequenza (Hz)	$f_0 < 1$	
	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	

Zona distale

Area di transizione (Substrato sismico > 30m)

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



FA $0.1 < T < 0.5$ s

		f0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	
Vs (m/s)	<200	0.7	1.0								0.8
	300	1.1	1.5	1.9	2.1	2.1	1.8	2.0	2.0	2.2	1.6
	500	1.2	1.4	1.8	1.9	1.8	1.9	1.9	1.9	1.8	1.7
	700	1.2	1.2	1.6	1.8	1.7	1.7	1.6	1.6	1.6	1.6
	≥800	1.1	1.2		1.5	1.3	1.3			1.4	1.4

FA $0.4 < T < 0.8$ s

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

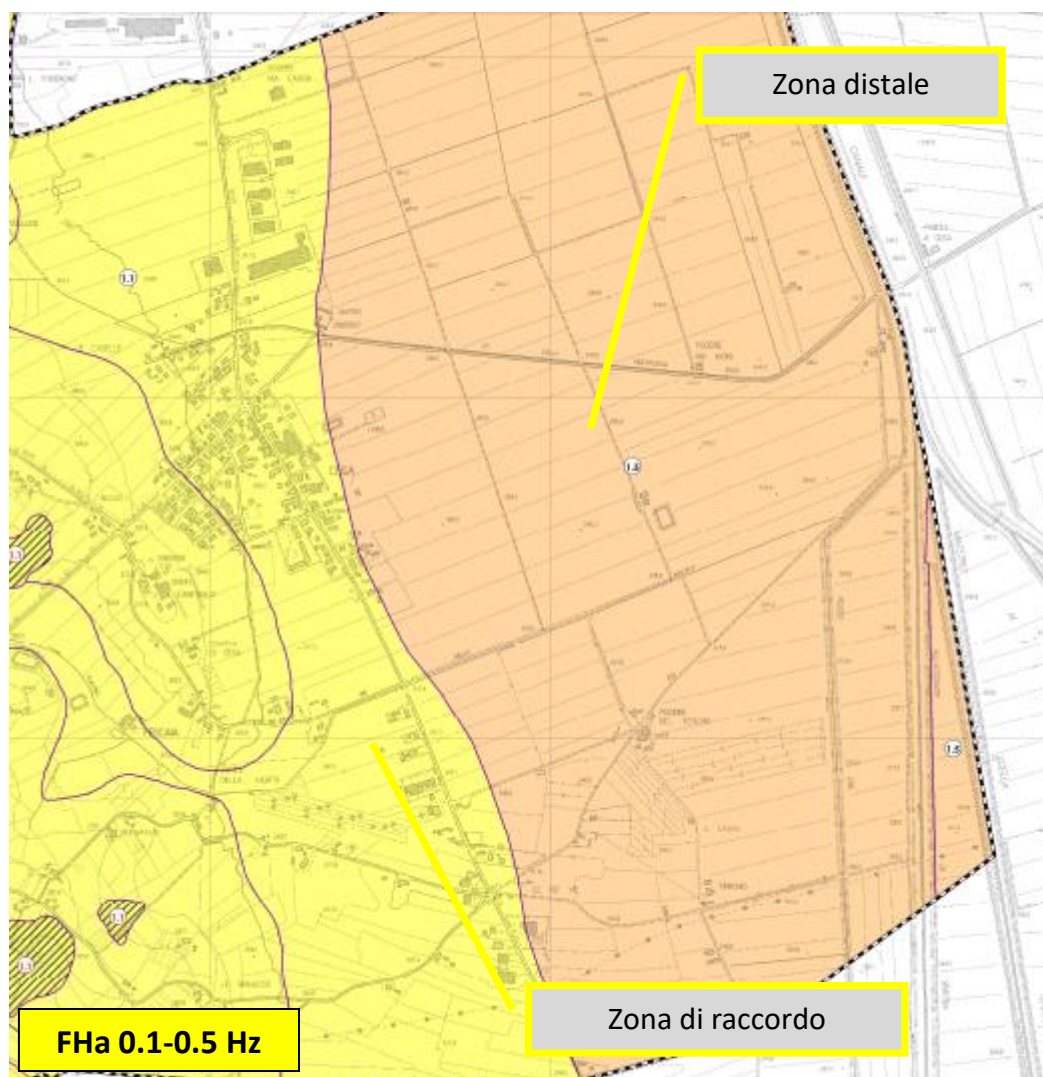
FA $0.7 < T < 1.1$ s

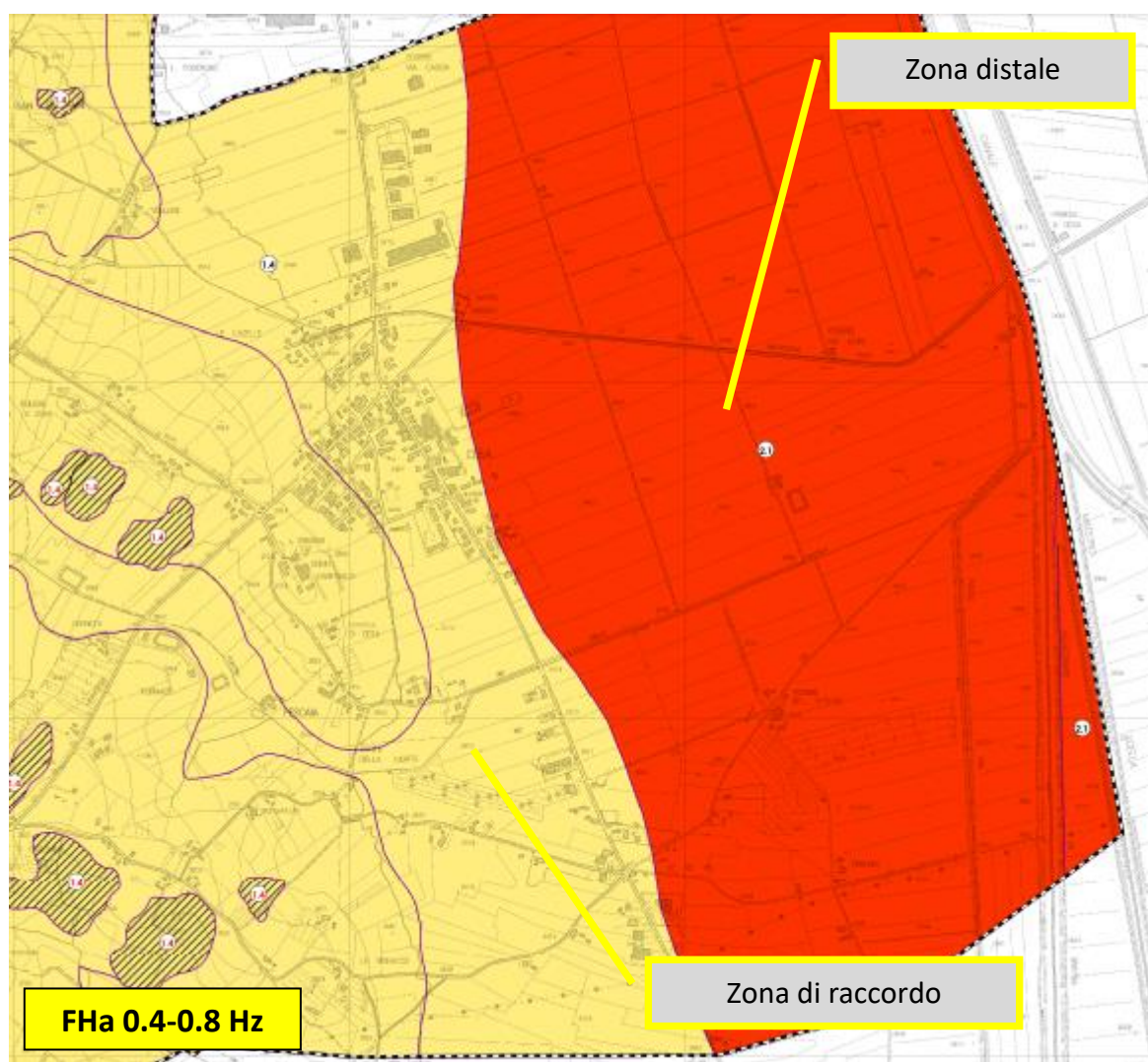
		f0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	
Vs (m/s)	<200	1.4	1.6								1.4
	300	1.6	2.3	1.7	1.9	1.8	1.7	1.5	1.9	1.9	2.1
	500	1.4	1.5	1.5	1.3	1.5	1.6	1.3	1.3	1.3	1.7
	700	1.3	1.7	1.3	1.2	1.1	1.1	1.3	1.2	1.2	1.3
	≥800	1.6	2.2		1.1	1.0	1.0			1.2	1.3

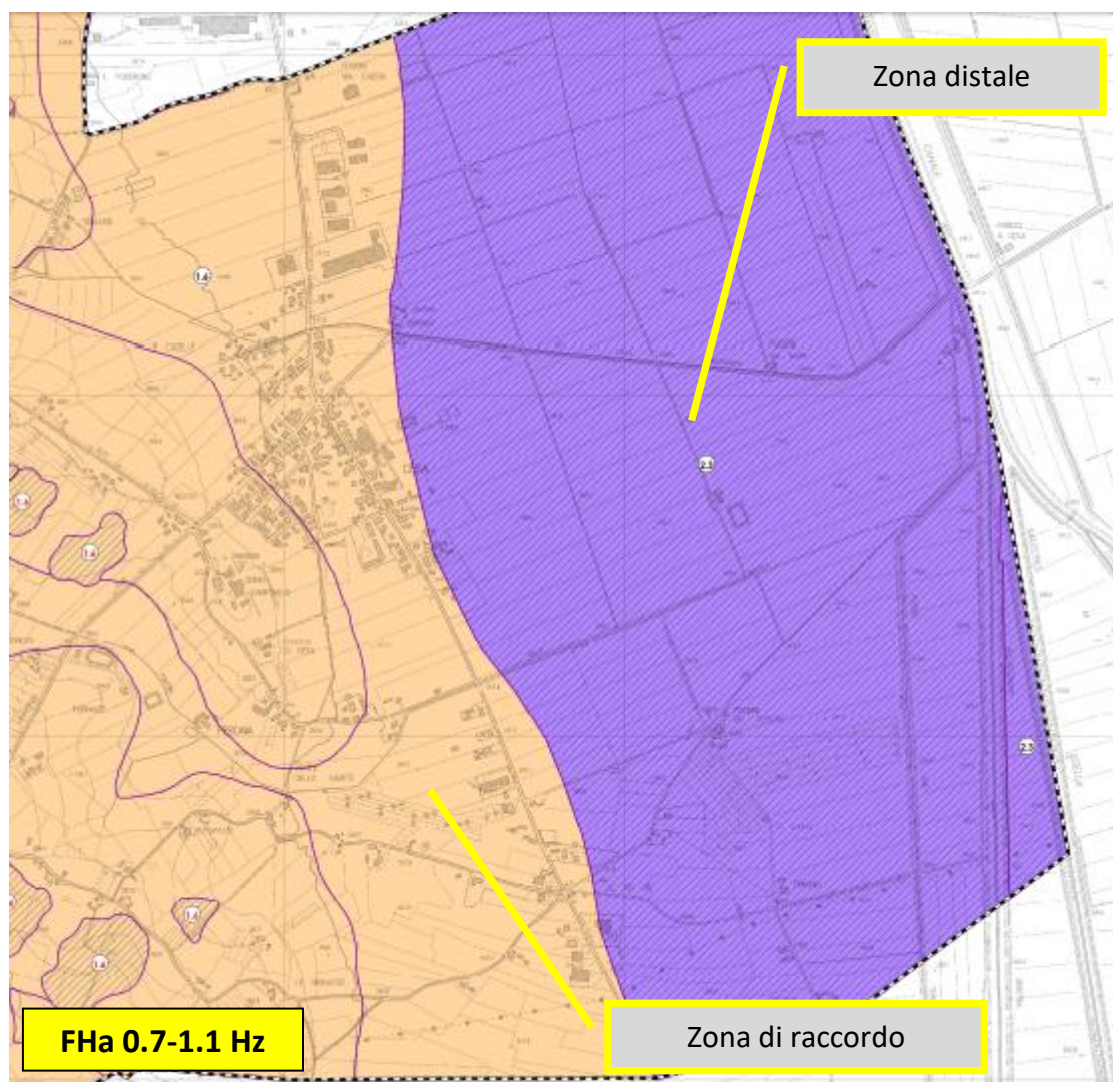
CLASSI

velocità (m/s)	Vs < 200	
	300	200 ≤ Vs < 400
	500	400 ≤ Vs < 600
	700	600 ≤ Vs < 800
	Vs ≥ 800	

frequenza (Hz)	f0 < 1	
	1.5	1 ≤ f0 < 2
	2.5	2 ≤ f0 < 3
	3.5	3 ≤ f0 < 4
	4.5	4 ≤ f0 < 5
	5.5	5 ≤ f0 < 6
	6.5	6 ≤ f0 < 7
	7.5	7 ≤ f0 < 8
	≥ 8	







Zona 2004 - 1.5 ÷ 2.1 ÷ 2.3

Corrisponde alla medesima successione alluvionale di colmata di cui alla Zona 2003, fatta salva la presenza, in superficie, di un modesto spessore (3-10 metri) di terreni limoso-argillosi al di sopra di quelli eminentemente sabbiosi. Si ritiene di poter estendere per la Microzona 2004 le stesse considerazioni di cui alla Zona distale della Microzona 2003.

Area di transizione (Substrato sismico > 30m)

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



FA 0.1 < T < 0.5 s

		f0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥8	
Vs30 (m/s)	<200	0.7	1.0								0.8
	300	1.1	1.5	1.9	2.1	2.1	1.8	2.0	2.0	2.2	1.6
	500	1.2	1.7	1.8	1.9	1.8	1.9	1.9	1.9	1.8	1.7
	700	1.2	1.2	1.6	1.8	1.7	1.7	1.6	1.6	1.6	1.6
	≥800	1.1	1.2		1.5	1.3	1.3			1.4	1.4

FA 0.4 < T < 0.8 s

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

FA 0.7 < T < 1.1 s

		f0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥8	
Vs30 (m/s)	<200	1.4	2.6								1.4
	300	1.6	2.3	1.7	1.9	1.8	1.7	1.5	1.9	1.9	2.1
	500	1.4	1.8	1.5	1.3	1.5	1.6	1.3	1.3	1.3	1.7
	700	1.3	1.7	1.3	1.2	1.1	1.1	1.3	1.2	1.2	1.3
	≥800	1.6	2.2		1.1	1.0	1.0			1.2	1.3

CLASSI

velocità (m/s)	Vs < 200	
	300	200 ≤ Vs < 400
	500	400 ≤ Vs < 600
	700	600 ≤ Vs < 800
	Vs ≥ 800	

frequenza (Hz)	f0 < 1	
	1.5	1 ≤ f0 < 2
	2.5	2 ≤ f0 < 3
	3.5	3 ≤ f0 < 4
	4.5	4 ≤ f0 < 5
	5.5	5 ≤ f0 < 6
	6.5	6 ≤ f0 < 7
	7.5	7 ≤ f0 < 8
	≥ 8	

Zona 2005 - 1.1 ÷ 1.4 ÷ 1.6

Corrisponde alla medesima successione alluvionale di colmata di cui alla Zona 2003, fatta salva la presenza, in superficie, di un modesto spessore (3-10 metri) di terreni di riporto antropico al di sopra di quelli eminentemente sabbiosi. Detti terreni sono quelli che costituiscono il rilevato su cui corre il tracciato autostradale della A1. Come è facilmente comprensibile nessuna indagine geofisica è stata condotta sul rilevato autostradale. Si ritiene pertanto di poter estendere per la Microzona 2004 le stesse considerazioni di cui alla Zona di raccordo della Microzona 2003.

Area di transizione (Substrato sismico > 30m)

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



FA 0.1 < T < 0.5 s

		f0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	
Vs (m/s)	<200	0.7	1.0								0.8
	300	1.1	1.5	1.9	2.1	2.1	1.8	2.0	2.0	2.2	1.6
	500	1.2	1.4	1.8	1.9	1.8	1.9	1.9	1.9	1.8	1.7
	700	1.2	1.2	1.6	1.8	1.7	1.7	1.6	1.6	1.6	1.6
	≥800	1.1	1.2		1.5	1.3	1.3			1.4	1.4

FA 0.4 < T < 0.8 s

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

FA 0.7 < T < 1.1 s

		f0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	
Vs (m/s)	<200	1.4	2.6								1.4
	300	1.6	2.3	1.7	1.9	1.8	1.7	1.5	1.9	1.9	2.1
	500	1.4	2.0	1.5	1.3	1.5	1.6	1.3	1.3	1.3	1.7
	700	1.3	1.7	1.3	1.2	1.1	1.1	1.3	1.2	1.2	1.3
	≥800	1.6	2.2		1.1	1.0	1.0			1.2	1.3

CLASSI

velocità (m/s)	Vs < 200
	300 200 ≤ Vs < 400
	500 400 ≤ Vs < 600
	700 600 ≤ Vs < 800
	Vs ≥ 800

frequenza (Hz)	f0 < 1	
	1.5	1 ≤ f0 < 2
	2.5	2 ≤ f0 < 3
	3.5	3 ≤ f0 < 4
	4.5	4 ≤ f0 < 5
	5.5	5 ≤ f0 < 6
	6.5	6 ≤ f0 < 7
	7.5	7 ≤ f0 < 8
	≥ 8	

Zona 2006 - 1.1 ÷ 1.4 ÷ 1.6

Sulla sommità della dorsale su cui sorgono gli abitati di Marciano della Chiana e Badicorte sono presenti due aree costituite da un rilevato antropico di spessore significativo (3-10 metri). Detto terreno antropico poggia sulla successione argilloso-limosa e sabbiosa del Sub-sintema di Marciano della Chiana. In relazione all'estrema esiguità areale della Microzona 2006 ed alla sua scarsa significatività nessuna indagine geofisica è stata condotta sui suddetti rilevati. Si ritiene pertanto di poter estendere per la Microzona 2006 le stesse considerazioni di cui all'area prevalente della Microzona 2001.

Area di transizione (Substrato sismico > 30m)

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



FA 0.1 < T < 0.5 s

		f0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	
Vs (m/s)	<200	0.7	1.0								0.8
	300	1.1	1.5	1.9	2.1	2.1	1.8	2.0	2.0	2.2	1.6
	500	1.2	1.4	1.8	1.9	1.8	1.9	1.9	1.9	1.8	1.7
	700	1.2	1.2	1.6	1.8	1.7	1.7	1.6	1.6	1.6	1.6
	≥800	1.1	1.2		1.5	1.3	1.3			1.4	1.4

FA 0.4 < T < 0.8 s

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

FA 0.7 < T < 1.1 s

		f0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	
Vs (m/s)	<200	1.4	2.6								1.4
	300	1.6	2.3	1.7	1.9	1.8	1.7	1.5	1.9	1.9	2.1
	500	1.4	2.0	1.5	1.3	1.5	1.6	1.3	1.3	1.3	1.7
	700	1.3	1.7	1.3	1.2	1.1	1.1	1.3	1.2	1.2	1.3
	≥800	1.6	2.2		1.1	1.0	1.0			1.2	1.3

CLASSI

velocità (m/s)	Vs < 200
	300 200 ≤ Vs < 400
	500 400 ≤ Vs < 600
	700 600 ≤ Vs < 800
	Vs ≥ 800

frequenza (Hz)	f0 < 1	
	1.5	1 ≤ f0 < 2
	2.5	2 ≤ f0 < 3
	3.5	3 ≤ f0 < 4
	4.5	4 ≤ f0 < 5
	5.5	5 ≤ f0 < 6
	6.5	6 ≤ f0 < 7
	7.5	7 ≤ f0 < 8
	≥ 8	

FATTORI DI AMPLIFICAZIONE DELLE ZONE SUSCETTIBILI DI INSTABILITA'

Tutte le frane che affliggono le pendici che degradano dalla sommità del rilievo su cui sorgono gli abitati di Marciano della Chiana e Badicorte, indipendentemente dal loro stato di attività (attive o quiescenti), ed indipendentemente dalla loro tipologia (scorrimenti o colate), si impostano su terreni argilloso-limosi.

La conoscenza dei loro peculiari caratteri geomorfologici porta ad affermare come gli spessori dei corpi di frana siano invero confinati entro pochissimi metri (1-2 al massimo).

Ben si capisce quindi come, ai fini della determinazione di una qualche amplificazione stratigrafica, uno spessore di tre metri possa essere considerato sostanzialmente irrilevante. Va inoltre rilevato come i corpi di frana in oggetto presentino solo localizzate zone di taglio in cui i caratteri meccanici e di addensamento dei terreni presentino sostanziali decadimenti dei parametri.

Si ritiene pertanto maggiormente coerente con le finalità di cui allo Studio di Microzonazione Sismica di Livello 2, attribuire alle aree in frana (zone instabili) gli stessi fattori di amplificazione delle microzone stabili suscettibili di amplificazione sottese.

10. ELABORATI CARTOGRAFICI PRODOTTI

Carta delle indagini

L'elaborato è fornito alla scala 1:5.000, sulla carta di base C.T.R. in due tavole (01 e 02) che ricomprendano l'intera area oggetto di studio. La Carta contiene i dati di base acquisiti e verificati nell'ambito della redazione degli Studi di Microzonazione Sismica di Livello 1 e quelli realizzati nell'ambito del presente progetto. La simbologia utilizzata è quella prevista gli standard e i criteri stabiliti dagli ICMS.

Carta geologico-tecnica

L'elaborato è fornito alla scala 1:10.000, sulla carta di base C.T.R. in tavola unica che ricomprenda l'intero territorio comunale. La carta contiene la differenziazione litotecnica tra i vari terreni di copertura e tra le varie tipologie di substrati lapidei. La carta presenta anche le forme di instabilità e gli elementi tettonico-strutturali. La simbologia utilizzata è quella prevista gli standard e i criteri stabiliti dagli ICMS.

Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica

L'elaborato è fornito alla scala 1:10.000, sulla carta di base C.T.R. in tavola unica che ricomprenda l'intero territorio comunale. Nell'ambito dello svolgimento del presente incarico, in base alla necessità di reinterpretare le indagini geofisiche a disposizione ed alla luce della necessità di adeguare lo studio di Livello ai nuovi Standard di rappresentazione, gli scriventi hanno ritenuto di dover operare pur modeste modifiche allo studio di Livello 1. La simbologia utilizzata è quella prevista gli standard e i criteri stabiliti dagli ICMS.

Carta delle Frequenze fondamentali dei depositi

L'elaborato è fornito alla scala 1:10.000, sulla carta di base C.T.R. in tavola unica che ricomprenda l'intero territorio comunale. Nella carta sono riportati i risultati della campagna di misure di microtremore a stazione singola HVSr, comunemente nota con il termine H/V condotte secondo gli standard e i criteri stabiliti dagli ICMS e indicati nel Volume di Ingegneria sismica 2/11 per la misura delle frequenze fondamentali dei depositi che costituiscono la pianura bonificata e di quelli che caratterizzano i rilievi collinari impostati sulla successione fluviolacustre.

Carta di microzonazione sismica

L'elaborato è fornito alla scala 1:10.000, sulla carta di base C.T.R. in tavola unica che ricomprenda l'intero territorio comunale. Le carte riportano la distribuzione delle aree caratterizzate da amplificazioni locali del moto sismico per effetti litostratigrafici, per le quali è stato quantificato il fattore di amplificazione FA, ottenuto tramite il presente progetto.

In accordo con il Servizio Sismico della Regione Toscana, al fine di meglio rappresentare gli effetti attesi, sono state elaborate tre rappresentazioni cartografiche:

- la carta di microzonazione sismica per il fattore di amplificazione relativo al periodo compreso fra 0,1 e 0,5 sec
- la carta di microzonazione sismica per il fattore di amplificazione relativo al periodo compreso fra 0,4 e 0,8 sec
- la carta di microzonazione sismica per il fattore di amplificazione relativo al periodo compreso fra 0,7 e 1,1 sec

Marciano della Chiana, Febbraio 2023

Dott. Geol. Paolo Silvestrelli

Dott. Geol. Riccardo Ancillotti

Dott. Geol. Lorenzo Sedda

BIBLIOGRAFIA

Barchi, De Feyter, Magnani, Minelli, Piali, Sotera, 1998. Extensional tectonics in the Northern Appennines (Italy): evidence from the CROP 03 deep seismic reflection line. *Mem. Soc. Geol. It.*, 52 (1998), 527-538.

Boncio, Brozzetti, Lavecchia, 2000. Architecture and seismotectonics of a regional low-angle normal faultzone in central Italy. *Tectonics*, Vol. 19, No. 6 (2000) 1038-1055.

Boncio, Lavecchia, 2000. A structural model for active extension in Central Italy. *Journal of Geodynamics* 29 (2000) 233-244.

Finetti, Boccaletti, Bonini, Del Ben, Geletti, Pipan, Sani, 2001. Crustal section based on CROP seismic data across the North Tyrrhenian-Northern Appennines-Adriatic Sea. *Tectonophysics* 343 (2001) 135-163.