



PIANO STRUTTURALE INTERCOMUNALE MUGELLO

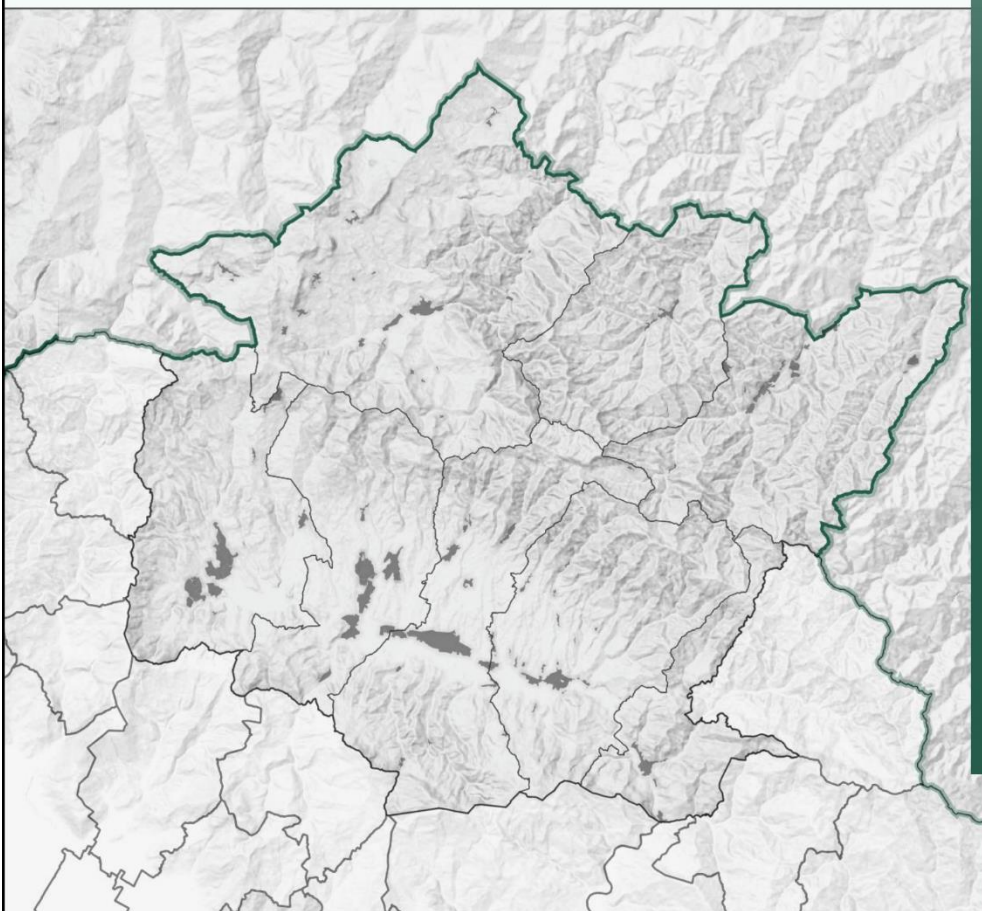
B. aspetti geologici, idraulici e sismici

Elaborato:

REL02

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

- testo coordinato -



COMUNI DEL MUGELLO

Sindaco del Comune di Barberino di Mugello

Giampiero Mongatti

Sindaco del Comune di Borgo San Lorenzo fino a settembre 2019

Presidente dell'Unione Montana dei Comuni del Mugello
Paolo Omoboni

Sindaco del Comune di Dicomano

Stefano Passiatore

Sindaco del Comune di Firenzuola

Claudio Scarpelli fino a maggio 2019

Giampaolo Buti da maggio 2019

Sindaco del Comune di Marradi

Tommaso Triberti

Sindaco del Comune di Palazzuolo Sul Senio

Cristian Menghetti fino a maggio 2019

Gian Piero Philip Moschetti da maggio 2019 e da settembre 2019

Presidente dell'Unione Montana dei Comuni del Mugello

Sindaco del Comune di Scarperia e San Piero

Federico Ignesi

Sindaco del Comune di Vicchio

Roberto Izzo fino a maggio 2019

Filippo Carlà Campa da maggio 2019

UNIONE MONTANA DEI COMUNI DEL MUGELLO

Dirigente del servizio economia, ambiente, territorio e forestazione

Vincenzo Massaro

Responsabile del procedimento

Giuseppe Rosa

UFFICIO UNICO DI PIANO

Alessandro Bertaccini (Comune di Barberino del Mugello)

Romano Chiocci (Comune di Borgo San Lorenzo)

Valter Bendoni (Comune di Dicomano)

Paolo del Zanna fino a aprile 2020 Giulia Gianassi da aprile 2020

(Comune di Firenzuola)

Renato Rossi (Comune di Marradi)

Rodolfo Albisani fino a ottobre 2019 Dante Albisani da ottobre 2019

(Comune di Scarperia e San Piero)

Rodolfo Albisani fino a luglio 2018 Paolo Scalini da luglio 2018

(Comune di Palazzuolo sul Senio)

Riccardo Sforzi fino a giugno 2019 Sabrina Solito da gennaio 2020

(Comune di Vicchio)

PROFESSIONALITA' ESTERNE

Coordinamento generale

Gianfranco Gorelli

Aspetti urbanistici

Gruppo di progetto

Gianfranco Gorelli, Michela Chiti, Chiara Nostrato

Collaboratori

Alessio Tanganelli, Marina Visciano

Aspetti paesaggistici

Luciano Piazza

PAESAGGIO2000 studio associato - Antonella Valentini, Paola Venturi

Aspetti socio economici

Pin soc. cons. a r.l. servizi didattici e scientifici per

l'Università di Firenze - Mauro Lombardi, Marika Macchi

Aspetti archeologici

Cristina Felici

Aspetti forestali

Ilaria Scatarzi

Aspetti geologici e sismici

GEOTECNO Consulenza e servizi geologici -

Luciano Lazzeri, Nicolò Sbolci

Aspetti idraulici

Chiarini Associati - Ingegneria Civile e Ambientale

Remo Chiarini, Alessandro Berni, Luigi Bigazzi

Valutazione Ambientale Strategica

SINERGIA srls Progettazione e consulenza ambientale -

Luca Gardone, Ilaria Scatarzi, Alessandra Pacciani, Gaia Paggetti

Comunicazione e partecipazione

Michela Chiti, Maddalena Rossi

Aspetti giuridico amministrativi

Agostino Zanelli Quarantini

Aspetti energetici del territorio

iBioNet srl - Alessandro Tirinnanzi, Claudio Fagarazzi,

Federico Guasconi, Marielena Iraci

Aspetti del sistema della mobilità

TAGES COOP s.c. - Massimo Ferrini, Buffoni Andrea

Vulnerabilità Sismica

S2R srl - coord. Emanuele Del Monte

Pubblicazione S.I.T.

Linea Comune S.p.A.

Data adozione:

- Comune di Barberino di Mugello - D.C.C. n. 14 del 20/03/2019

- Comune di Borgo San Lorenzo - D.C.C. n. 14 del 20/03/2019

- Comune di Dicomano - D.C.C. n. 17 del 20/03/2019

- Comune di Firenzuola - D.C.C. n. 6 del 06/03/2019

- Comune di Marradi - D.C.C. n. 13 del 25/03/2019

- Comune di Palazzuolo sul Senio - D.C.C. n. 7 del 23/03/2019

- Comune di Scarperia e San Piero - D.C.C. n. 17 del 28/03/2019

- Comune di Vicchio - D.C.C. n. 14 del 28/02/2019

PRESA D'ATTO ADOZIONE:

- Unione Montana dei Comuni del Mugello - D.G. n. 34 del 09/04/2019

Data di approvazione:

Sommario

PREMESSA.....	2
1 INTRODUZIONE.....	4
IL QUADRO CONOSCITIVO - STUDI GEOLOGICI	
2 GEOLOGIA.....	7
3 GEOMORFOLOGIA	10
4 DATI DI BASE GEOLOGICI E GEOFISICI	17
5 ASPETTI IDROGEOLOGICI.....	18
6 LE ATTIVITA' ESTRATTIVE.....	19
7 LE MINIERE.....	20
IL QUADRO CONOSCITIVO - STUDI SISMICI	
8 PREMESSA	24
9 STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA E PERICOLOSITÀ SISMICA.....	25
10 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE DEL MUGELLO E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO.....	27
11 STUDI DI MS ESISTENTI E DI NUOVA REALIZZAZIONE.....	31
11.1 Barberino di Mugello	34
11.2 Borgo San Lorenzo.....	42
11.3 Dicomano.....	56
11.4 Firenzuola.....	65
11.5 Marradi	68
11.6 Palazzuolo sul Senio.....	78
11.7 Scarperia e San Piero (ex comune di Scarperia e comune di San Piero a Sieve).....	80
11.8 Vicchio di Mugello.....	95
12 STUDIO DI MESOZONAZIONE SISMICA DEL BACINO DEL MUGELLO.....	96
13 PERICOLOSITA' GEOLOGICA.....	99
14 PERICOLOSITA' IDRAULICA.....	101
15 PERICOLOSITÀ SISMICA.....	104
APPENDICE	107

PREMESSA

ADEGUAMENTO DEGLI STUDI GEOLOGICI ADOTTATI ALLE OSSERVAZIONI DI REGIONE TOSCANA E AUTORITA' DI BACINO DISTRETTUALE

La presente relazione recepisce le osservazioni del Genio Civile Valdarno Superiore a conclusione di verifiche e sopralluoghi di campagna iniziati nel 2018 e proseguiti nel corso del 2019, con modifiche e adeguamenti che hanno riguardato prevalentemente gli elaborati della Carta geomorfologica e conseguentemente della Pericolosità geologica e sismica. Successivamente, in seguito alla nota in data 20/03/2020 si è proceduto all'adeguamento al PAI del Distretto dell'Appennino Settentrionale adottato il 20 dicembre 2019.

Le integrazioni alla Relazione geologica rispondono quindi alle richieste oggetto di numerosi incontri e sopralluoghi effettuati a partire dalla primavera del 2019 con gli uffici istruttori, nel corso di una piena collaborazione con messa a disposizione di dati e materiali d'archivio.

E' stato così possibile realizzare una razionale revisione di aggiornamento degli elaborati. Il risultato finale è una seconda edizione della Carta geomorfologica e della Carta della pericolosità geologica e sismica datata 2020. Come richiesto si è inoltre provveduto alla rappresentazione alla scala 1 a 10.000 della Carta Geologica e della Carta litologico-tecnica e dei dati di base.

Nel dettaglio, per gli aspetti geomorfologici si è proceduto con i seguenti criteri:

- sono state differenziate le scarpate anche in relazione al relativo buffer di pericolosità:

- a) Le scarpate fluviali e di erosione torrentizia sono descritte in legenda come " erosione fluviale attiva e relativa area di instabilità indotta": in aree collinari-montane comprendono anche l'instabilità attiva, più raramente quiescente, nel versante soprastante e direttamente collegabile all'erosione di base; le scarpate collegate ai corsi d'acqua maggiori (p.es. torrente Lamone a valle di Marradi, torrente Senio a valle di Palazzuolo), caratterizzate da un orlo netto di terrazzamento nelle alluvioni di fondovalle e scarpata subverticale anche di notevole altezza e con tendenza a progressiva retrocessione, sono state oggetto di sopralluoghi e controlli specifici.
- b) Le scarpate di versante sono collegate alle frane e rappresentate se di netta evidenza morfologica; altre tipologie prevalentemente a bassa attività sono collegate a contrasti litologici fra orizzonti di diversa durezza, oppure su crinali a notevole pendenza.

- è stata modificata la classificazione di quiescenza per le aree con "franosità diffusa" e "soliflussioni e/o deformazioni superficiali", riclassificate come attive in seguito a revisione mediante sopralluoghi e verifiche a campione oppure valutate come "potenzialmente soggette a deformazioni superficiali";

- sono stati individuati e differenziati gli areali dei terreni nelle formazioni litoidi argilloso-marnose con erosione calanchiva severa e posti nella classi di franosità attiva (G4), differenziate in seguito a sopralluoghi dalla precedente categoria denominata "aree con predisposizione al dissesto per erosione precalanchiva";

- dopo attenta verifica dei fenomeni classificati quiescenti, ad alcuni è stata attribuita la tipologia di frana attiva, mantenendo la definizione di quiescente ai fenomeni con potenziale instabilità;
- è stata eliminata dalla legenda la tipologia "frana inattiva", classificando i pochi casi derivati dagli elaborati di alcuni comuni come fenomeni quiescenti;
- con particolare riferimento al corso della Sieve ed al tratto terminale dei suoi affluenti, viene definita una "fascia di dinamica fluviale legata a processi erosivi" distinta dalle zone effettivamente individuate come sottoposte ad erosione fluviale attiva.

E' stata altresì verificata la coerenza con il nuovo progetto di PAI "dissesti geomorfologici" nel frattempo adottato (dicembre 2019). In seguito alle nuove indicazioni le aree con "potenziale instabilità connessa alla giacitura, all'acclività, alla litologia" e "aree collinari apparentemente stabili per copertura boschiva o roccia affiorante" – che sommate andavano a coprire gran parte del territorio aperto dell'Unione - sono state riunite sotto un'unica voce e poste dalla classe G3a (che così va a scomparire dalla legenda) nella classe G2, differenziando quest'ultima in "**G2pl**" per la sua predisposizione strutturale all'evoluzione morfologica.

Al contempo, su richiesta e con la collaborazione dell'Autorità distrettuale sono stati individuate alcune porzioni di territorio definite ad "elevata propensione al dissesto" per la combinazione di più fattori predisponenti, corrispondenti alla nuova classe P3b del PAI 2019 e assegnate alla classe G3 di pericolosità geomorfologica.

1 INTRODUZIONE

L'oggetto dell'indagine è stato il complesso ed articolato territorio dell'Unione dei Comuni del Mugello situati nel versante fiorentino: Barberino di Mugello, Borgo san Lorenzo, Dicomano, Scarperia-San Piero a Sieve, Vicchio e nel versante romagnolo: Firenzuola, Marradi e Palazzuolo sul Senio.

La iniziale ricognizione sullo stato delle conoscenze geologiche del territorio, negli elaborati dei vari Piani strutturali comunali, ha fornito un quadro eterogeneo e talora lacunoso se raffrontato all'insieme aggiornato delle normative regionali e statali di settore nei campi della geomorfologia, idraulica, sismica e idrogeologia.

Il programma di approfondimento con revisione e aggiornamento del quadro geologico ha avuto il principale scopo di uniformare e adeguare gli elaborati dei PS comunali facendo riferimento a:

- Progetto Carg della Regione Toscana,
- proposta di Legenda geomorfologica unificata della Regione toscana,
- quadro conoscitivo di PS e RU/PO comunali.

Solo a indagini concluse e depositate è pervenuto l'aggiornamento del PAI del Distretto Appennino Settentrionale (dicembre 2019).

Nel loro complesso, gli studi geologici, idraulici e sismici sono realizzati ai sensi del DGRT 53/R/2011, della nuova L.R 41/2018 e degli "Indirizzi e criteri generali per la microzonazione sismica", approvati dal Dipartimento della Protezione civile e dalla Conferenza Unificata delle Regioni e delle Province autonome e in distribuzione dal mese di marzo 2009.

Il nuovo **quadro conoscitivo** è stato realizzato con i seguenti criteri e procedure, successivamente condivisi e implementati con le modalità elencate nel parere del Genio Civile:

- QC.B01 "**Carta geologica**": gli elaborati sono stati resi omogenei con l'acquisizione della cartografia CARG della Regione Toscana e riprodotti in scala 1:10.000. Le relative sezioni geologiche sono allegate negli studi di microzonazione sismica.
- QC.B02 "**Carta geomorfologica**": tutti gli elaborati sono stati soggetti a revisione con l'adozione della legenda unificata proposta dalla Regione Toscana: con aggiornamenti per i comuni del versante fiorentino, sottoposti a revisione e talora a rifacimento e con nuovi rilievi per quelli del versante romagnolo. Il modello di riferimento è stato come detto il DGRT 53/R/2011, generatore degli studi geologici a supporto della pianificazione comunale e successivamente integrato con il PAI del Bacino distrettuale.

Dei PAI dei bacini Senio, Bacini Romagnoli, realizzati con criteri eterogenei fra loro, sono state inoltre recepite le perimetrazioni classificabili con i criteri sopradetti.

La novità è rappresentata dalla scelta di implementazione della rappresentazione in termini di stabilità in maniera continua su tutto il territorio a scala di dettaglio 1:10.000; dove, anche in assenza di processi geomorfologici conclamati, costituzione geolitologica, condizioni idrogeologiche, pendenza e trasformazioni antropiche determinano situazioni di vulnerabilità significative che hanno richiesto una maggiore articolazione della classe di instabilità quiescente introducendo la categoria di predisposizione al dissesto.

Come suggerito in Conferenza dei Servizi, viene presentata una nuova cartografia per i territori comunali del versante romagnolo e del comune di Dicomano; per il comune di Barberino del Mugello sono state introdotti aggiornamenti anche sulla base di studi dettagliati eseguiti da Autostrade spa estesi nell'ambito della SP della Futa a confine con il comune di Firenzuola; per i comuni di Borgo San Lorenzo e di Vicchio, che nel periodo dell'incarico ha completato il quadro geologico conoscitivo all'interno di un procedimento esistente, sono stati assunti i relativi elaborati geologici; nel comune di Scarperia-San Piero si è proceduto all'aggiornamento parziale dei rilevamenti.

Come detto, con alcuni necessari adattamenti sono state applicate a tutte le cartografie le principali categorie della Legenda Geomorfologica Regionale (DGRT 4505/2017 -Allegato A).

- QC.B03 ***"Carta litologico-tecnica e dei dati di base"***: vengono rappresentate più di 1500 indagini puntuali e lineari di tipo geognostico e geofisico, distribuite su tutto il territorio dell'Unione e in modo particolare nei centri urbani principali, con possibilità di consultazione su archivio digitale.
- QC.B04 ***"Carta della tutela della risorsa idrogeologica"***: è stato prodotto un nuovo tematismo di studio idrogeologico a media scala (1:25.000) dove sono messi in evidenza i pozzi e le sorgenti significative per le captazioni di acquedotto (gestite da ERA e da PUBLIACQUA) con le relative zone di salvaguardia ai sensi del D.Lgs. 152/2006; viene riportata inoltre la classificazione di permeabilità con criteri geolitologici in sette classi.
- ***Studi sismici***. Partendo dallo stato di fatto degli studi di Microzonazione sismica si è realizzato il completamento delle indagini di livello 3 , uniformando ed elevando il territorio mugellano ai vertici regionali delle conoscenze del fenomeno, con un aggiornato schema della pericolosità sismica. Per la specifica trattazione si rimanda alla Parte II. Su richiesta del Genio Civile di RT, in fase di osservazioni/controdeduzioni sono state inoltre implementate le indagini includendo negli studi alcuni centri urbani minori ed alcune aree esterne al territorio urbanizzato oggetto di previsioni urbanistiche importanti.

La successiva importante evoluzione in fase di completamento, resa possibile dalla collaborazione della Struttura regionale di Prevenzione sismica di RT, è la realizzazione delle "Carte di vulnerabilità sismica" dei centri abitati, che disegna un quadro di rilevante interesse per la popolazione nel campo della prevenzione della protezione civile.

- ***Studi idraulici***. Nel settore dell'idraulica è stato necessario il completamento degli studi sui corsi d'acqua che attraversano i centri abitati e le aree produttive; soprattutto dove tali indagini non erano complete,

come nei comuni del versante romagnolo, si è definito una conoscenza che interessa in modo particolare gli insediamenti esistenti.

Per le aree soggette a problematiche di carattere idraulico è stato condotto a livello di Piano strutturale Intercomunale uno studio idrologico idraulico di dettaglio adeguandosi alla LR 41 del 24 luglio 2018, entrata in vigore nel frattempo.

Di concerto con l'autorità idraulica sono state individuate le aste del reticolo idrografico di cui all'articolo 22, comma 2, lettera e), della l.r. 79/2012 da investigare e sono state successivamente individuate le aree potenzialmente interessate da allagamenti. Per la specifica trattazione si rimanda alla "Relazione idrologico-idraulica".

La definizione delle **strategie del territorio** infine prende spunto dal quadro conoscitivo fin qui descritto e permette di giungere a una valutazione di pericolosità articolata, ai sensi del DGRT 53/R/2011, in pericolosità geologica, idraulica e sismica, che fornirà gli indirizzi in termini di fattibilità degli interventi da declinare poi nel dettaglio nei successivi strumenti urbanistici.

IL QUADRO CONOSCITIVO STUDI GEOLOGICI

2 GEOLOGIA

La Carta Geologica è ripresa nei suoi elementi fondamentali dal CARG della Regione Toscana.

Il territorio Mugellano appartiene alla zona nord-est della catena orogenica dell'Appennino settentrionale, parte integrante della fascia di deformazione peri-mediterranea sviluppatesi prevalentemente in tempi neogenici e costituita da una struttura complessa di falde e thrust formatasi in relazione a più fasi tettoniche. Queste sono legate agli eventi verificatisi a partire dal Cretaceo superiore in seguito alla completa chiusura dell'Oceano Ligure-Piemontese ed alla successiva collisione continentale tra la placca europea e quella adriatica; in tale contesto si distinguono una fase oceanica ed una fase ensialica.

La fase oceanica inizia al limite tra il Cretaceo inferiore ed il Cretaceo superiore, e termina nell'Eocene medio con la completa chiusura dell'Oceano Ligure-Piemontese.

Durante questa fase si forma un prisma d'accrezione costruito dall'impilamento per sottoscorrimento verso W delle coperture oceaniche e di parte del loro basamento, che andranno così a costituire le cosiddette Unità Liguri. Segue, nell'Eocene medio-superiore la collisione tra il margine continentale europeo (Sardo-Corso) e quello adriatico che dà inizio alla fase intracontinentale dell'orogenesi appenninica. In questa fase si ha lo sviluppo di una tettonica a thrust e falde con sottoscorrimento verso W dell'Unità Toscane, prima, e di quelle Umbro-marchigiane poi, sotto le unità precedentemente impilate.

Fenomeni gravitativi e di retroscorrimento, anche importanti, accompagnano in superficie questa strutturazione crostale. In questa fase il fronte compressivo, che migra verso E, è seguito, a partire dal Miocene medio, da un fronte distensivo, legato alla distensione crostale che ha portato all'apertura del Bacino Tirrenico. Attualmente i due regimi tettonici diversi coesistono in due fasce contigue della catena: nel versante tirrenico è attivo il regime distensivo, in quello adriatico quello compressivo.

Da un punto di vista regionale questa complessa storia tettonica ha portato prima (Cretaceo superiore-Eocene) allo sradicamento delle Unità Liguri dal loro substrato oceanico e al loro appilamento su se stesse secondo un ordine tettonico-geometrico che vede in alto le unità più interne e in basso le più esterne. Tutto questo complesso di Unità Liguri sovrasta tettonicamente l'Unità di Canetolo (Eocene-Oligocene) attribuita a una zona di transizione con il margine continentale adriatico. Successivamente, dopo la messa in posto della Falda Toscana (Dominio Toscano interno), avvenuta nel Miocene medio-superiore, sopra la più esterna Unità Cervarola-Falterona, le Unità Liguri si sono rimosse, per mettersi in

posto prima sopra la Falda Toscana, e poi sopra l'Unità Cervarola-Falterona già sovrascorsa verso E (Tortoniano) sulla Marnoso arenacea del Dominio Umbro-Marchigiano.

Successivamente alla loro prima messa in posto, i principali accavallamenti sono stati rimobilizzati e riattivati secondo sovrascorrimenti minori interni alle varie unità, dando localmente geometrie molto complesse con sovrascorrimenti precedentemente tagliati e ripiegati da quelli successivi. Tali fasi compressive sono riferibili principalmente al Messiniano, al Pliocene inferiore e nei settori più esterni al Pliocene superiore.

Nel frattempo erano cominciati nelle aree più occidentali i movimenti disgiuntivi che hanno portato, attraverso una serie di faglie normali principali immergenti verso W, allo smembramento della catena a falde, precedentemente costituita, con lo sviluppo di depressioni tettoniche a semi graben (bacini intermontani) sempre più giovani da W verso E, tra cui ricordiamo il bacino del Valdarno superiore, sviluppatosi a partire dal Pliocene superiore, e i bacini di Firenze-Pistoia, del Mugello e del Casentino, attivi dal Pleistocene inferiore.

Studi recenti sui bacini estensionali hanno posto l'evidenza sul fatto che questi sono stati interessati anche da vari eventi compressivi, che si sarebbero alternati alla prevalente tettonica estensionale. Vi sono ancora indeterminazioni nel definire se queste pulsazioni siano da mettere in relazione con generali shock compressivi dell'intera catena appenninica, oppure se siano legate a costipamento laterale causato da repentini approfondimenti dei bacini in concomitanza con pulsazioni estensive maggiormente pronunciate legate alle maggiori compressioni nella zona esterna della catena.

In dettaglio, il territorio in studio corrisponde geologicamente agli affioramenti delle diverse serie stratigrafiche:

- le *Unità autoctone Tosco-Umbro-Romagnole* rappresentate dall'Unità della Marnoso Arenacea, alternanze di arenarie, marne calcaree e marne argillose,
- le *Unità Tettoniche Toscane* rappresentate dall'Unità Cervarola-Falterona e, in misura molto limitata dalla Falda Toscana,
- le *Unità Tettoniche Liguri* caratterizzate da vari unità tra cui la più diffusa è l'Unità di M. Morello,
- le *Unità Tettoniche Subliguri*.

Nei settori vallivi e di pianura si rinvencono sedimenti riconducibili a depositi fluviali, fluvio-lacustri e lacustri del bacino del Mugello e depositi recenti alluvionali e di versante.

Le Unità Tettoniche Toscane sono, come detto, rappresentate dai flysch terziari dell'Unità Cervarola-Falterona caratterizzata, in questa porzione di catena, dai depositi pelitico-arenacei e marnosi delle Arenarie di Falterona.

La sequenza stratigrafica presenta l'alternarsi di depositi torbiditici prevalentemente pelitico-arenacei e di depositi emipelagici formati da marne talora silicizzate alternate a sottili livelli arenitici. Nel complesso l'Unità Cervarola-Falterona è riconducibile ad una sequenza completa di cuneo clastico di avanfossa, poi tettonicamente sradicata a livello delle argilliti basali, le Marne Varicolori. Quei terreni che riposano direttamente sulle formazioni torbiditiche delle Unità Tettoniche Toscane, un tempo riferiti

geneticamente al "Complesso di Canetolo" o alle "Argille scagliose" vengono adesso indicati come Unità Tettoniche Subliguri. Essi sono costituiti da litologie prevalentemente argilloso-calcaree alla base (da cui le precedenti denominazioni di kalk-ton serie o argille e calcari), spesso in facies di melange con brandelli cristallini dei Ofioliti (Monte Beni e Sasso di Castro), mentre nella parte superiore sono presenti torbiditi arenaceo-pelitici e talora conglomeratici che riposano in discordanza sulle precedenti facies.

Dei termini attribuiti alle Unità Tettoniche Subliguri, sono diffuse le Argille e Calcari dell'Unità di Canetolo e i sovrastanti depositi torbiditici delle Arenarie di Monte Senario.

Le unità precedentemente descritte si ritrovano in rapporti tettonici secondo un ordine che vede le Unità Tettoniche Subliguri sovrapposte tettonicamente all'Unità Cervarola-Falterona e le Unità Tettoniche Morello (Unità Tettoniche Liguri) sovrapposta tettonicamente a tutte le altre unità.

Quest'ultima unità, costituita dalla successione di cinque formazioni si è probabilmente deposta nella zona più orientale del dominio oceanico Ligure-Piemontese assai vicino al margine continentale adriatico.

Costituisce attualmente un'unità tettonica che nell'area considerata poggia sulle Unità Tettoniche Subliguri, o direttamente sull'Unità Cervarola-Falterona.

Le unità litostratigrafiche dell'Unità Tettonica Morello sono costituite da un complesso basale prevalentemente pelitico (Formazione di Sillano) seguito da unità torbiditiche (Formazione di Monte Morello) talora con al tetto partizioni francamente pelitiche (Formazione di Pescina). Come si può notare la Formazione di Sillano ingloba spesso grosse lenti di materiale arenaceo (Pietraforte), tuttavia non affioranti nel settore di studio.

Strutturalmente, il motivo dominante dell'area è quindi l'accavallamento tra le varie Unità Tettoniche che si esplica attraverso una linea di sovrascorrimento, con direzione appenninica, ben seguibile dai settori di SE fino ai settori di NO: questa linea è evidenziata dalla presenza quasi costante dei depositi argillitici della Formazione di Sillano nella porzione di muro del sovrascorrimento.

La zona ha subito due fasi tettoniche distinte, una compressiva, più antica, che ha prodotto numerose faglie inverse, compreso il sovrascorrimento precedentemente descritto, ed una fase più recente, a carattere distensivo, che ha creato nuovi elementi strutturali, talora ad andamento anti-appenninico ed ha riattivato come normali alcune delle precedenti strutture a carattere inverso. In questo quadro si inserisce la formazione del bacino lacustre dell'attuale val di Sieve nel Graben asimmetrico alla base del sollevamento della catena appenninica dalle cui acque e detriti è stato riempito fino alla colmata nel periodo interglaciale Gunz-Mindel. Nelle successive cicliche glaciazioni, l'alternarsi di fasi di deposizione ed erosione hanno portato alla formazione dei terrazzamenti situati ai piedi dei rilievi appenninici (pianalti) e ai più recenti depositi alluvionali del fiume e dei suoi affluenti.

3 GEOMORFOLOGIA

3.1 Definizioni

Si premettono alcune definizioni delle tipologie di frana più ricorrenti negli ambienti geologici del Mugello, semplificate da Varnes 1978 e Cruden 1996. Una frana è caratterizzata nella sua geometria da:

-*nicchia di distacco* o testata di frana, rappresentata come scarpata principale.

-*corona*, area immediatamente adiacente, non coinvolta dal movimento, ma potenzialmente soggetta all'evoluzione del dissesto.

-*scarpate secondarie* e fratture all'interno della frana, sintomatiche di movimenti differenziali all'interno del corpo di frana.

-*alveo di frana* soprastante la superficie che separa il materiale mobilitato dal substrato inalterato; è rappresentato da un perimetro.

-*accumulo di frana* sopraelevato rispetto al pendio originario; il *piede del corpo di frana* può rappresentare il residuo talvolta stabilizzato di antichi dissesti parzialmente oblitterati.

Tuttavia tale descrizione definisce una morfologia per così dire teorica; infatti nella pratica alcune geometrie, come la scarpata della nicchia di stacco e l'accumulo al piede, non sono sempre evidenti. Per questo scarpate di stacco e detrito di base sono stati indicati solo se effettivamente rilevabili, individuando dove possibile la corona apicale con un simbolo per indicare l'orientamento del movimento.

Sotto il profilo delle ipotesi cinematiche della tipologia del fenomeno sono state individuate frane con evoluzione lenta (scivolamento-scorrimento), veloce/rapida (crolli e cadute massi di pareti rocciose, scoscendimenti di scarpate attive di terrazzamento fluviale, colate).

L'insieme dei fenomeni descritti costituisce il dissesto idrogeologico, ossia la condizione che caratterizza aree ove processi naturali o antropici, relativi alla dinamica dei corpi idrici, del suolo o dei versanti, determinano condizioni di rischio sul territorio.

3.2 Tipologie di dissesto

FRANE ATTIVE

I fenomeni sono caratterizzati da evidenze morfologiche di instabilità in atto o presenti nel recente passato, come corona di distacco (spesso non rilevabile), alveo e accumulo al piede. Sono soggette a evoluzione e naturale riattivazione. Nella corrispondente cartografia di pericolosità geologica sono individuate da un perimetro comprendente anche la relativa fascia di influenza (buffer), valutata con

ipotesi cinematiche di evoluzione relative alla tipologia della frana. *Vi corrisponde la classe di pericolosità geomorfologica G4 molto elevata.*

Sulla base del meccanismo di attivazione dei processi sono state differenziate le seguenti tipologie:

- Frane per crollo. Caratterizzate da estrema rapidità dell'evento, consistono nel distacco improvviso di frammenti e grandi blocchi da pareti ripide in roccia, cui possono seguire rimbalzi e rotolamenti per notevoli distanze. Causa predisponente è l'esistenza di sistemi di fratture nella roccia (arenarie e calcari) e scistosità, cause preparatorie sono l'erosione delle acque, crioclastismo e disboscamenti, cause scatenanti scosse sismiche e forti precipitazioni spesso associate a scavi e sbancamenti al piede come comunemente si riscontra lungo le strade di valico appenninico. Tali condizioni sono state assimilate alle forme *calanchive* delle formazioni argilloso marnoso romagnole.

- Frane per scivolamento (o scorrimento). Si manifestano con movimento rotazionale lungo superfici concave in materiali coerenti o pseudocoerenti, oppure con movimento planare su superfici di discontinuità litologica (coperture detritiche su substrato in posto) oppure su versanti con successioni stratigrafiche aventi alternanze roccia/argilliti-marne (spettacolari sono i versanti con assetto a franapoggio di val Azzarina, affluente del Senio a SO di Palazzuolo impostati su una sola facciata di strato): costituiscono le più ricorrenti cause predisponenti, che si accompagnano all'abbandono delle cure agricole. Cause scatenanti sono le infiltrazioni di piogge copiose e gli sbancamenti.

- Soliflussioni e deformazioni superficiali. Caratterizzate da scivolamenti superficiali con tipiche ondulazioni del terreno costituito da litologie argilloso-limose dei depositi neogenici e da coperture detritiche dei complessi argillitici e di alterazione. Sono provocate come naturale evoluzione da insufficiente regimazione su versanti e pendici aventi valori di pendenza al limite del naturale equilibrio. Sono sovente riconoscibili nelle aree un tempo coltivate, a seguito dell'abbandono delle pratiche di manutenzione e di uso.

- Frane per colamento. Si riscontrano, con scarsa frequenza, in corrispondenza di stretti e allungati alvei occupati da terreni limoso-argillosi detritici per saturazione ad opera delle acque e successiva fluidificazione. Particolarmente rilevante e caratteristica è la colata nel torrente sottostante la frazione di Peglio (Firenzuola) che ha trascinato a valle un tratto di viabilità comunale.

- Frane complesse. Caratterizzate da successione di meccanismi diversi, riconducibili ognuno ad alcune delle tipologie precedenti, causati dalla disomogeneità delle condizioni litologiche e morfologiche. La frana mantiene comunque un assetto planimetrico definito con elementi riferibili a nicchie di stacco, alveo e accumulo al piede plurimi.

- Franosità per erosione di scarpata torrentizia originata da dinamica di sponda torrentizia e fluviale soggetta a crolli e scoscendimenti lungo le scarpate di erosione, estesi alla pendice soprastante al corso d'acqua con dissesti attivi (scivolamenti e soliflussioni) e con tendenza alla regressione in ambienti diversificati:

— in corrispondenza di litologie competenti (meandri nella Marnoso-arenacea del Santerno, Diaterna e Rovigo per esempio), il fenomeno dà origine a pareti subverticali con rischio di crolli che

trasferiscono l'instabilità nel versante soprastante; in qualche caso assumono i caratteri di piccoli canyon (esemplare la *Valle del Diavolo* a Moscheta);

- nei sedimenti neogenici del bacino lacustre, l'erosione torrentizia dà origine a scarpate con elevata pendenza in corrispondenza del bordo dei pianalti terrazzati. L'azione di scalzamento delle acque torrentizie provoca dissesti per scivolamento nelle argille basali cui seguono distacchi di sponda per crollo dei conglomerati soprastanti, generando scarpate di erosione in continua evoluzione con regressione a spese del bordo del terrazzamento (vedasi Ronta e frana di Panicaglia nel comune di Borgo San Lorenzo).

FRANOSITA' ATTIVA DI VERSANTE

L'adozione di questa categoria si è resa necessaria per una compiuta descrizione di fenomeni a scala di microbacino estesamente diffusi nel territorio appenninico ma anche collinare.

- Franosità diffusa. Coinvolge la dinamica complessiva di vaste aree di versante ed è riferibile a deformazioni, colamenti e soliflussioni irreversibili, fenomeni gravitativi localizzati poco profondi con caratteristiche plastiche, lacerazioni e scarpate. È tipica dei depositi argillosi neogenici e delle aree di affioramento dei depositi argillitici di alterazione di substrati argillitico-lapidei e argilloso-marnosi. . E' rappresentata quindi da un perimetro che comprende tipologie diverse, non necessariamente interagenti singolarmente ma attive a scala complessiva e irreversibili e di difficile contrasto.

SCARPATE

- *scarpate torrentizie attive* di fondovalle: al bordo di terrazzamento fluviale presentano una pericolosa evoluzione con crolli improvvisi e per il notevole sviluppo verticale (per esempio a Marradi sul torrente Lamone), determinando fascia di inedificabilità a monte di m 10 per altezza di scarpata fino a m 5,0 e di m 20 per altezza di scarpata superiore a m 5,0.

- *scarpate morfologiche attive* di versante non riferibili alle precedenti tipologie, rappresentate da un fronte netto con scarsa articolazione orizzontale che dà luogo a instabilità per erosione regressiva, determinando un'area di influenza a monte e a valle variabile per estensione in relazione alle condizioni locali.

- *dissesti non cartografabili*: rilevati in corrispondenza della viabilità principale o di manufatti lesionati e corrispondenti a piccole scarpate o stacchi.

FRANOSITA' QUIESCENTE o POTENZIALE: con presenza di indicatori diretti ma discontinui, come corona di monte attenuata e accumulo al piede spesso con caratteri di inattività apparente. Soggetta a potenziale riattivazione a seguito di modifiche dello stato attuale di precario equilibrio.

Vi corrisponde la classe di pericolosità geomorfologica G3 elevata

Sono rappresentate in carta le medesime tipologie descritte per i fenomeni attivi con esclusione di Soliflussioni e Franosità diffusa. Si segnala in dettaglio:

- Deformazione gravitativa profonda di versante: coinvolge la dinamica complessiva di vaste aree di versante ed è riferibile a gruppi di frane quiescenti con caratteristiche plastiche talora obliterate dalle lavorazioni agricole, le cui fenomenologie franose rilevabili in superficie sono accomunabili ad una instabilità profonda di natura probabilmente. Presenta una evoluzione lenta ed è diffusa nelle aree con costituzione morfolitologica argillitico-lapidea. La corrispondenza alla classe G3 di pericolosità è soggetta a conferme locali in quanto nella tipologia che comprende ampi perimetri sono compresi anche indicatori di movimento in atto difficilmente differenziabili alla scala dello studio.

Nella classe G3 è stata compresa inoltre la *erosione di versante* con dilavamento diffuso e denudamento della copertura vegetale, con possibile instabilità gravitativa come scivolamenti e limitati crolli (Ofioliti).

- Aree potenzialmente soggette a fenomeni di deformazione superficiale: comprende le aree potenzialmente instabili per deformazioni superficiali con caratteristiche plastiche (soliflussi, soilcreep) ed una possibile evoluzione estremamente lenta.

- Fascia di dinamica fluviale: comprende aree limitrofe ai corsi d'acqua principali (Fiume Sieve e tratti finali dei suoi affluenti) soggette a possibile evoluzione per processi erosivi spondali.

- Depositi detritici non riferibili a processi gravitativi attuali, probabilmente residuali di frane inattive; su versanti con pendenza superiore al 25%; sono potenzialmente rimobilitabili anche per effetti cosismici.

- Aree ad elevata propensione al dissesto: definite secondo i criteri PAI 2019 (classe di pericolosità PAI P3b) come aree interessate da possibili instabilità di tipo gravitativo, erosivo e/o dovuti all'azione delle acque incanalate negli alvei naturali/artificiali o lungo le pendici, per effetto di condizioni geomorfologiche e fisiche sfavorevoli.

PREDISPOSIZIONE ALL'INSTABILITA'

Implementa l'analisi e viene assegnata alle aree, estese a tutto il territorio collinare, aventi caratteri di instabilità potenziale. Accomuna areali anche molto diversi fra loro aventi parametri morfolitologici eterogenei. Non sono cartografabili in maniera certa forme e processi di instabilità in atto o quiescenti, tuttavia questi territori presentano una fragilità strutturale che li rende sensibili alle alterazioni ambientali: queste possono facilmente evolvere in dissesti locali per modifica dei fattori di equilibrio come la pendenza topografica, la mancata manutenzione del microreticolo idraulico e aumento delle superfici impermeabili dovuti ad un errato uso del territorio.

Vi corrisponde la classe di pericolosità geomorfologica G2pl medio-alta.

I fattori prevalenti alla base della predisposizione al dissesto sono:

- Litologia - connaturata alla specifica costituzione argillitico-lapidea delle formazioni antiche e argillosa dei depositi neogenici del bacino lacustre, caratterizzati da valori di pendenze non elevati ma prossimi al limite di equilibrio naturale e da scadenti caratteristiche meccaniche. Le condizioni di equilibrio sono

mantenute fondamentalmente dalle lavorazioni agricole che controllano i caratteristici e diffusi fenomeni di soliflussioni superficiali e garantiscono la regimazione idraulica.

- Pendenza - su versanti rocciosi con valori medi anche superiori a 40°, soggetti a erosione superficiale e distacchi di materiali, nonché vulnerabili alla deforestazione: talora delimitati da creste acute rappresentano un limite oggettivo alla lavorazione con mezzi meccanici.

- Erosione precalanchiva - diffusa con diversi gradi di evoluzione nelle formazioni della serie Umbro Marchigiana, dal Mugello settentrionale ai rilievi di Vicchio e Dicomano; con costituzione litologica marnoso-argillosa, senza assumere caratteri di veri calanchi, si presenta con una successione di creste acute di degradazione e versanti ripidi in erosione superficiale. La presenza di orizzonti di arenarie compatte conferisce una generale stabilità d'insieme ma anche potenziale rischio di crolli per distacchi di massi, mentre in corrispondenza dei numerosi livelli argilloso-marnosi si rilevano condizioni di franosità attiva e potenziale per scivolamento e soliflusione puntualmente rilevate.

Alle aree con predisposizione al dissesto sono state assimilate anche le pendici di montagna con copertura boschiva e gli affioramenti rocciosi con pendenze medie e medio-alte con assetto idrogeologico apparentemente stabile. Tuttavia in corrispondenza di versanti deforestati si osservano condizioni analoghe alle precedenti classi.

DEPOSITI DETRITICI eluvio-colluviali con pendenze inferiori al 25%.

Sono state indicate con questa tipologia le aree a bassa pendenze interne ai centri abitati che sono risultate anche in base agli studi di microzonazione con pericolosità media.

Vi corrisponde la classe di pericolosità geomorfologica G2 media.

DEPOSITI DI TERRAZZAMENTO E ALLUVIONALI

- Terreni fluvio-lacustri con pendenze medio-basse, apparentemente stabili, di terrazzamenti fluviali e di pianalto lacustre. *Vi corrisponde la classe di pericolosità geomorfologica G2 media* ad esclusione della fascia di rispetto dal bordo di scarpata (laddove individuato) compresa da m 10 e m 20 a seconda dell'altezza della scarpata, che ricade in classe di pericolosità G4.

- Terreni pianeggianti alluvionali e terrazzati stabili e non interessati dalle dinamiche morfoevolutive fluviali. *Vi corrisponde la classe di pericolosità geomorfologica G1 bassa.*

FORME DI ORIGINE ANTROPICA

- Aree estrattive. Sono individuati i perimetri di escavazione in atto e delle aree abbandonate o risistemate corrispondenti alle evidenze morfologiche, non collegabili con le autorizzazioni amministrative. I principali materiali di coltivazione sono la "pietra serena" di Firenzuola, soprattutto nel

distretto di Brento Sanico nel Bacino del Santerno dove si sfrutta il litotipo delle arenarie silico-clastiche risedimentate in banconi della formazione della Marnosa Arenacea.

Altri siti estrattivi lapidei per l'edilizia, ormai abbandonati sono ubicati a Giugnola, frazione di Firenzuola al confine con l'Emilia, e soprattutto negli affioramento calcarei e ofiolitici in vicinanza della SP della Futa in località Monte Beni e Monte Grossi.

- Aree di coltivazione mineraria in sotterraneo presenti nel territorio comunale di Barberino di Mugello e legate alle pratiche storiche di estrazione di lignite dal sottosuolo. Ad esse è dedicato un approfondimento nel capitolo 7 e nell'appendice 1.
- Riporti di spessore significativo.

Figura 3.1

Esempio di frana per colata nei pressi di Peglio (Firenzuola) che per retrogressione ha asportato la viabilità comunale (a nord del paese)



4 DATI DI BASE GEOLOGICI E GEOFISICI

La tavola QC.B03 "Carta litologico-tecnica e dei dati di base" realizzata a scala 1:10.000 , anche organizzata per la consultazione di dettaglio sotto forma di atlante , raccoglie complessivamente più di 1500 indagini geognostiche, geotecniche e sismiche realizzate sull'intero territorio, in modo particolare nelle zone urbanizzate.

La raccolta e l'archiviazione di tale banca dati rende rapida e agevole - a privati, professionisti e enti pubblici – l'individuazione dei dati a disposizione in un determinato areale e facilita di conseguenza la definizione del modello geologico e sismo-stratigrafico del terreno necessari per la corretta progettazione di interventi diretti e piani urbanistici.

Le indagini sono state raccolte e catalogate attingendo alle seguenti fonti:

- Studi di microzonazione sismica di livello 1 dei comuni dell'Unione: tali studi prevedono sempre una carta delle indagini e un archivio digitalizzato dei documenti, talvolta collegato a un sistema informativo territoriale provvisto di struttura a hyperlink per la consultazione diretta del dato.
- Archivio regionale PORTOS, comprendente gli studi geologici depositati al Genio Civile per gli interventi diretti a partire dall'anno 2017.
- Archivio regionale degli strumenti urbanistici approvati, sia generali che particolari, dove sono stati selezionate le indagini geologiche a partire dall'anno 2008.
- Banca dati regionale dei sondaggi e delle indagini geologiche, consultabile online tramite il portale "Geoscopio" .
- Archivi delle strutture edilizia e urbanistica dei singoli comuni.

Per tutte le indagini archiviate, suddivise tra puntuali e lineari e classificate per singolo comune con un numero progressivo preceduto dalla lettera "P" o "L", viene fornita la relativa documentazione digitalizzata in formato pdf individuabile ricorrendo alle tabelle riportate in allegato all'atlante.

Nella tavola sono riportate anche le unità litotecniche presenti sul territorio, suddividendo le unità della Carta geologica in terreni di copertura e litotipi lapidei con livello di dettaglio coerente con la scala adottata.

5 ASPETTI IDROGEOLOGICI

Non è superfluo ricordare che l'ampiezza del territorio, circa 1200 kmq, richiede necessariamente di affrontare la materia per tematismi settoriali. Per quanto riguarda gli aspetti di approvvigionamento idropotabile e di qualità delle acque di falda e superficiali si rimanda agli specifici studi di Valutazione di Impatto Ambientale.

Per gli aspetti più propriamente geologici è stata predisposta una cartografia compilativa di permeabilità partendo dalla tabella delle Unità geologiche, di cui sono state valutate le composizioni litologiche, e l'archivio delle risorse idriche. Sono state differenziate in tal modo le seguenti classi di permeabilità:

Classe 1 – Permeabilità da assente a scarsa

Classe 2p – Permeabilità primaria da ridotta a media

Classe 2s – Permeabilità secondaria da ridotta a media

Classe 3p – Permeabilità primaria da media a elevata

Classe 3s – Permeabilità secondaria da media a elevata

Classe 4p – Permeabilità primaria molto elevata

Classe 4s – Permeabilità secondaria molto elevata

Il territorio, soprattutto nel versante romagnolo, offre una grande ricchezza di acque superficiali e di manifestazioni sorgentifere in un ambiente di elevata naturalità, sufficienti ad approvvigionare gli acquedotti, con l'eccezione dei maggiori centri del fondovalle della Sieve dove si fa ricorso al prelievo strategico della falda alluvionale mediante pozzi.

Nella "Carta della tutela della risorsa idrogeologica" sono graficizzati inoltre i perimetri di salvaguardia delle captazioni di acqua utilizzata per l'alimentazione di acquedotti pubblici.

Specie in quest'ultimo caso le attività sul territorio possono dar luogo a interferenze qualitative sulle risorse idriche. L'impiego di fertilizzanti, specie nei tempi passati nell'agricoltura, può provocare la compromissione qualitativa della falde superficiali per presenza di nitrati. Tali aree, definite aree vulnerabili da nitrati di origine agricola ai sensi dell'art. 6 comma 2 del D.Lgs 152/2006, possono individuarsi nelle aree di fondovalle e della conca lacustre e sono oggetto di programma di tutela e risanamento delle acque.

Realizzazione di progetti e programmi di gestione sono compito degli Enti preposti: qui si mettono a disposizione contributi e proposte che discendono dalle conoscenze idrogeologiche del territorio e che riguardano gli aspetti quantitativi e qualitativi degli acquiferi utilizzati.

Aspetti quantitativi

- definizione delle portate di emungimento di esercizio dei pozzi, a garanzia dell'equilibrio della falda e per evitare irreversibili depauperamenti specie in corrispondenza dei picchi di richiesta estivi;
- regolamentazione dei prelievi privati privilegiando gli usi pregiati;

- introduzione di norme e controllo sulla esecuzione dei pozzi secondo regole di buona costruzione.

Aspetti qualitativi

In assenza di un auspicabile ed esaustivo studio che determini il bilancio idrogeologico degli acquiferi di pianura, occorre introdurre norme generali di natura conservativa. E' presumibile infatti che i risultati configurino caratteristiche di una risorsa non illimitata ma soggetta a protezione, soprattutto in prospettiva di lungo periodo.

- adozione di pratiche di Buona Gestione nell'uso dei fertilizzanti;
- impiego di sistemi di depurazione degli scarichi nelle aree non servite da fognature;
- adeguamento dei prelievi e derivazioni dalle acque dei corsi d'acqua al mantenimento della portata minima vitale;
- verifica obbligatoria della potabilità delle acque prelevate da pozzi per uso alimentare.

6 LE ATTIVITA' ESTRATTIVE

Rilevante la presenza di vasti bacini estrattivi (Comune di Firenzuola e località del Monte Coloreta, Brento Sanico, Monte Frena, bacino del torrente Rovigo) e delle cave di Sasso di Castro e Monte Beni, interne o in adiacenza all'ANPIL. Nel contempo risorsa e criticità sono i giacimenti della Arenaria di Firenzuola (formazione Marnosa Arenacea), da cui si estraggono materiali classificati come "pietre ornamentali" impiegati largamente nel contesto dei centri storici del fiorentino per il restauro urbanistico in luogo della "pietra serena" di Fiesole ormai non più presente nel mercato dell'edilizia.

7 LE MINIERE

La ricerca e lo sfruttamento della lignite, iniziata sul finire del XIX secolo e orientata dapprima dalla presenza di depositi superficiali esposti dall'erosione torrentizia, è localizzata in corrispondenza della foce degli affluenti a nord del bacino lacustre villafranchiano, nel territorio comunale di Barberino di Mugello in prossimità dei torrenti Stura, Lora e Tavaiano; in tali aree a periodi discontinui si realizzavano condizioni favorevoli allo sviluppo e deposito locale di vegetazione palustre, intervallate alle fasi francamente lacustri nel corso delle quali si sedimentavano i fanghi che hanno dato origine ai sedimenti argilloso-limosi.

Non sono mai state rinvenute tracce di vegetazione arborea, tanto frequenti nei depositi delle miniere di Santa Barbara nel Valdarno superiore.

Il modesto sfruttamento iniziale ebbe notevole impulso nel primo periodo bellico, con produzioni nel quinquennio 1916-1920 variabili da 30 a 70 mila tonnellate/anno, per essere pressoché sospeso a causa delle mutate condizioni politiche, con la riapertura dei mercati di combustibili di migliore qualità, e delle particolari condizioni sociali (svalutazione monetaria, scioperi).

I decreti di permesso riguardavano a partire dal 1917 dodici miniere con complessivi 262 ettari di banco coltivabile.

Nel 1926, quando risultavano in essere solo le concessioni delle miniere "Cavallina - Croci di Strada" e "Colombaia" con minima produzione, iniziava una sistematica campagna di ricerca con trivellazioni e di stima delle risorse disponibili al fine di valutare la fattibilità di una centrale termo-elettrica (concessione con Regio Decreto del 28/8/1924) con potenza installata di 20 mila KWh.

Le conclusioni non furono favorevoli: il processo di utilizzazione del combustibile per gassificazione e recupero dei sottoprodotti (solfato ammonico e catrame), tenuto conto del modesto potere calorifico della lignite e del rapporto 8 Kg di lignite per KWh, doveva contare su una produzione annua di 30 mila tonnellate non compatibile con la esiguità degli strati del giacimento residuo. Inoltre la potenzialità del giacimento coltivabile non garantiva un periodo sufficientemente lungo per l'ammortamento dei costi dell'impianto.

I programmi di potenziamento e ammodernamento della coltivazione rimasero dunque inattuati fino al riaffermarsi delle condizioni autarchiche che li rendevano economicamente comunque accettabili nel successivo periodo bellico (1940-1944).

Nei giorni della ritirata delle truppe di occupazione dal Mugello, le compagnie di guastatori della retroguardia intorno al 2 agosto 1944 fecero saltare con esplosivo tutte le strutture esterne delle miniere; ma già alla fine dello stesso anno, con la formazione di cooperative di minatori, gli impianti furono rimessi in condizione di funzionare. Le attività ripresero per qualche anno, anche talora con organizzazione precaria, fino alla definitiva sospensione avvenuta agli inizi degli anni cinquanta. Il combustibile era utilizzato per alimentare fornaci di mattoni con raggio di trasporto abbastanza ampio che incideva da solo per il 50% sul costo del prodotto: i ricavi coprivano appena i costi di produzione.

Allo stato attuale non si intravede alcuna prospettiva di utilizzo della risorsa mineraria del Mugello, il cui passato sfruttamento ha lasciato tuttavia profonde conseguenze sul territorio di Barberino.

Il minerale, di mediocre qualità energetica, veniva estratto, dopo il tracciamento del giacimento mediante cunicoli, con gallerie suborizzontali con accesso dalla superficie mediante discenderie di carreggio e, negli ultimi tempi, con pozzi verticali di varia profondità. In corrispondenza dello strato principale si procedeva con lo svuotamento e successivo abbattimento della camera previo recupero delle armature lignee; l'eduzione delle acque provenienti dalle falde attraversate era continua mediante pompaggio, al cui cessare seguiva il riempimento delle cavità.

Nel corso della campagna penetrometrica del 1982 in località "Miniera" (sud del Capoluogo), attraverso i perfori vi furono eruzioni di acqua e gas in pressione, probabilmente CO₂ e CH₄, a conferma del contenuto delle istruzioni per la sicurezza sul lavoro esistenti nei documenti d'archivio.

La ricerca, finalizzata a delimitare i perimetri di concessione mineraria, ha interessato spessori di 40-50 metri, individuando a seconda delle zone 2 o 3 livelli lignitiferi di consistenza sfruttabile da 1.8 a 3.5 metri; in generale le condizioni di profondità dal p.c. sono comunque molto variabili e conosciute limitatamente allo spessore raggiungibile operativamente ossia fino alle profondità massime di 20-25 metri dal piano campagna.

In generale la lignite è stratigraficamente intercalata in orizzonti continui nelle argille limose lacustri; il complesso è coperto da un modesto deposito alluvionale recente di pochi metri.

Le aree minerarie note sono descritte nel dettaglio, suddivise per area di collocazione (comune di Barberino di M.Ilo), nell'appendice 1.

7.1 Caratteristiche generali del giacimento

La sovrapposizione delle indicazioni tecniche nei verbali del Corpo delle Miniere e da testimonianze di ex-operai della miniera di lignite con i diagrammi relativi alle prove eseguite, ha consentito di ricostruire la storia e le caratteristiche del giacimento.

Prima e durante la seconda guerra mondiale l'ingresso alla miniera avveniva tramite il pozzo prospiciente il fabbricato degli uffici (via della Miniera) della profondità di 11,50 metri dal p.c.; si trattava di un pozzo verticale con diametro pari a 3,75 metri che attraversando le argille lacustri raggiungeva il livello lignitifero.

Procedendo in galleria si perveniva alle discenderie principali, la cui inclinazione seguiva quella della lignite con andamento circa NE-SO; non risulta che su di una stessa verticale siano state realizzate più gallerie.

Le gallerie avevano una larghezza ed una altezza di circa 2,5 metri; le armature ed i rivestimenti erano in legno con interasse funzione delle caratteristiche del materiale da sostenere (talora venivano poste anche a 0,50 metri l'una dall'altra).

Le coltivazioni interessavano un banco di lignite praticamente omogeneo su tutta l'area, con spessore compreso tra 2,50 e 3,00 metri; le CPT eseguite nel 1980 hanno evidenziato come nell'area indagata la sua profondità ad ovest è inferiore a 16 metri, mentre spostandosi verso est aumenta rapidamente fino a

superare i 24 metri e la quota delle gallerie ricalca fedelmente quella del livello lignifero con un loro progressivo approfondimento procedendo verso est.

Lo scavo avveniva tutto a mano: in alcune zone, definite come zone di abbattimento, una volta estratta la lignite, veniva recuperato il legname utilizzato per i rivestimenti facendo franare le relative cavità.

Nella fascia sud della zona indagata esistevano due pozzi, non più riconoscibili, per l'eliminazione delle acque presenti in galleria; pare che tali acque provenissero essenzialmente dalla parte della miniera posta ad ovest della strada provinciale di Barberino, ove il giacimento era molto più superficiale e interessato da copiose infiltrazioni.

Durante la seconda guerra mondiale fu minato il castello in prossimità del pozzo di ingresso impedendo l'accesso da quella parte; solo in seguito fu riaperta una galleria che passando sotto alla statale, consentiva di raggiungere nuovamente la zona mineraria.

Allo stato attuale la morfologia della superficie relativa alla zona indagata è completamente piatta.

Gli unici dissesti visibili in superficie si manifestarono negli anni '60 dove il livello di lignite era più vicino alla superficie (≤ 15 metri).

I dissesti si manifestarono come delle depressioni ovali, profonde 2,50/3,00 metri e larghe altrettanto, in seguito colmate da materiale di riporto; da allora non si sono avute altre manifestazioni visibili.

7.2 Caratteristiche delle gallerie e della cavità incontrate nel tempo

Le indagini hanno evidenziato cavità e gallerie sia libere che parzialmente o completamente franate.

L'osservazione più preoccupante è stata che, oltre alle gallerie con altezza dell'ordine dei 2 metri, sono presenti cavità imponenti (fino a 10 metri di altezza) a varia profondità (e comunque compresa fra un minimo di 7,30 metri e un massimo di 15,00 metri dal p.c.), imputabili ad originaria escavazione diretta e poi evolute come camere di abbattimento.

Si ritiene che tali cavità si siano manifestate anche nei punti di incrocio fra le gallerie principali (intesi come punti di maggior debolezza) con sfornellamenti progressivamente spingentesi verso l'alto.

Utilizzando alcune delle CPT è stata ipotizzata la evoluzione tipo di una cavità di grosse dimensioni:

- nella condizione naturale A il terreno è privo di cavità e la R_p aumenta progressivamente con la profondità
- nella fase B viene realizzata una galleria
- nella fase C si manifestano distacchi in calotta ed il materiale si accumula al piede
- nella fase D il fenomeno continua a propagarsi verso la superficie mentre il materiale al piede perde notevolmente di consistenza per la presenza di acqua nella cavità
- nella fase E tutto il materiale è franato e si riscontra una esigua resistenza alla punta dal p.c. fino al piede della originaria galleria.

7.2.1 Fasi gassose associate alla cavità

Durante la coltivazione della miniera non si verificarono incidenti a causa di manifestazioni gassose; tuttavia la eventuale presenza di fasi gassose era tenuta di conto in quanto era comunque prescritto l'uso delle lampade di sicurezza.

Le perforazioni che hanno incontrato cavità hanno dato luogo a manifestazioni di gas ed acqua a volte anche violente, con durata non inferiore ad almeno 30 minuti.

Le fasi gassose non presentavano odori particolari e non prendevano fuoco, segno di assenza o scarsa presenza di idrogeno solforato nel primo caso e di metano nel secondo; si ritiene plausibile che le cavità siano riempite di anidride carbonica, con parziale presenza di acqua e che pertanto non sia ancora avvenuta una rilevante ossidazione della sostanza organica con produzione di metano.

IL QUADRO CONOSCITIVO STUDI SISMICI

8 PREMESSA

Nel quadro della redazione del nuovo strumento urbanistico intercomunale del Mugello, particolare rilevanza assume l'aggiornamento degli studi sismici su un territorio di cui sono note le caratteristiche di elevato rischio in caso di terremoto. Anche a causa della marcata sensibilità delle popolazioni e delle amministrazioni locali, nell'ultimo decennio sono stati attuati programmi di prevenzione e di mitigazione degli effetti mediante indagini volte a individuare in via preliminare e con criteri speditivi le zone a più elevato rischio sismico da sottoporre a studi particolareggiati. Nel dettaglio, nell'ambito delle attività previste per l'Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n. 77 e finanziate a partire dall'OPCM 3907/2010, in collaborazione con il Settore Coordinamento Regionale Prevenzione Sismica tutti i comuni dell'Unione dei Comuni del Mugello si sono dotati di specifici studi di Microzonazione Sismica (di seguito MS) nel rispetto degli "Indirizzi e Criteri di Microzonazione Sismica Nazionale" (di seguito ICMS) e delle specifiche tecniche regionali per la microzonazione sismica approvate con Deliberazione di G.R.T. n. 261/2011.

Al contempo anche la Regione Toscana, in seguito all'approvazione della L.R. n. 58 del 16/11/2009, "Norme in materia di prevenzione e riduzione del rischio sismico", ha richiesto l'esecuzione di studi sismici per la redazione e l'approvazione dei piani urbanistici comunali; il D.P.G.R n.53R/2011 ("Regolamento di attuazione dell'art.62 della L.R. n.51/2005 in materia di indagini geologiche") prevede inoltre, come supporto agli strumenti urbanistici, la redazione obbligatoria di uno studio di microzonazione di livello 1 dove ai contenuti dello studio di primo livello degli ICMS si aggiungano rilievi sul terreno consistenti in misure di microtremore (HVSr).

Il nuovo D.P.G.R. n.5R/2020, che recentemente ha sostituito il 53R, introduce l'aggiornamento obbligatorio degli studi di MS al livello 2 o 3 contestualmente alla revisione del quadro conoscitivo degli strumenti urbanistici.

Nei capitoli seguenti verrà dunque descritta l'attività di implementazione del quadro conoscitivo esistente in materia di studi sismici, propedeutici alla definizione della pericolosità sismica necessaria per una corretta pianificazione e gestione del territorio.

9 STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA E PERICOLOSITÀ SISMICA

La realizzazione di uno studio di MS, secondo quanto esplicitato nei suddetti ICMS, è uno strumento conoscitivo dalle diverse potenzialità, finalizzato a definire su un determinato territorio quali modificazioni vengono apportate allo scuotimento del suolo dalle condizioni geologico-tecniche e dalle condizioni topografiche locali. In funzione dei diversi contesti e dei diversi obiettivi gli studi di MS possono essere effettuati a vari livelli di approfondimento, con complessità ed impegno crescenti, passando dal livello 1 fino al livello 3.

Il **livello 1** è 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/o acquisite appositamente al fine di suddividere il territorio in microzone qualitativamente omogenee dal punto di vista del comportamento sismico. Tale approfondimento è finalizzato alla realizzazione della carta delle “Microzone Omogenee in prospettiva sismica (MOPS)”;

Il **livello 2** è un livello successivo in cui si introduce l'elemento quantitativo associato alle zone omogenee mediante metodologie di analisi numerica di tipo semplificato dall'utilizzo di specifici abachi regionali e con l'eventuale esecuzione di ulteriori e più mirate indagini. Tale approfondimento è finalizzato alla realizzazione della “Carta di Microzonazione Sismica”;

Il **livello 3** rappresenta il livello più approfondito che permette di giungere ad una microzonazione approfondita del territorio basata su metodologie analitiche di analisi di tipo quantitativo relative a specifiche situazioni di criticità. Tale approfondimento è finalizzato alla realizzazione della “Carta di Microzonazione Sismica con approfondimenti”.

Va sottolineato che i livelli 1 e 2 di MS servono solo per la pianificazione territoriale, mentre il livello 3 di MS può fornire indicazioni per la progettazione delle opere ordinarie (vedi cap.6 “Pericolosità sismica”).

Nello specifico la MS individua e caratterizza:

- Le **Zone Stabili**, nelle quali non si ipotizzano effetti locali di alcuna natura (litotipi assimilabili al substrato sismico in affioramento con morfologia pianeggiante o poco inclinata) e pertanto gli scuotimenti attesi sono equivalenti a quelli forniti dagli studi di pericolosità di base;
- le **Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica**, zone in cui il moto sismico viene modificato a causa delle caratteristiche litostratigrafiche e/o geomorfologiche del territorio;
- le **Zone suscettibili di instabilità**, sono le zone suscettibili di attivazione dei fenomeni di deformazione permanente del territorio indotti o innescati dal sisma (instabilità di versante, liquefazioni, fagliazioni superficiali).

In pratica, il concetto di microzona sismica consente una lettura ragionata del territorio in termini di prevenzione del rischio da terremoto che si basa sulla valutazione delle condizioni locali di sito e degli effetti indotti su di esso dal sisma.

Si definiscono *“condizioni locali di sito”*:

- la geologia e la geomorfologia locale;
- le condizioni geotecniche e stratigrafiche locali;
- l'eventuale prossimità ad una faglia sismicamente attiva.

Le condizioni locali di sito sono responsabili degli *effetti locali di sito* che possono schematicamente essere così riassunti:

- modifica delle caratteristiche dello scuotimento rispetto a quanto definito in termini di pericolosità locale di base;
- fenomeni di instabilità del terreno.

Per ciò che riguarda il primo punto, si tratta di un fenomeno di amplificazione del moto sismico, la cui causa è riconducibile a motivi stratigrafici (presenza di depositi soffici poggianti su substrato roccioso), topografici (amplificazione del moto sismico lungo pendii o alla sommità di scarpate o pendii) oppure riferibile alla presenza di particolari geometrie sepolte, in grado di modificare le caratteristiche del moto sismico sia in termini di intensità sia per quanto concerne il contenuto spettrale.

Per ciò che attiene ai fenomeni di instabilità dei terreni e delle rocce gli aspetti rilevanti sono quelli che riguardano:

- liquefazione e/o densificazione dei depositi sabbiosi;
- eccessivi cedimenti e deformazioni permanenti del suolo;
- instabilità di pendio in terreni e roccia;
- attività di faglia.

Gli studi di microzonazione sismica diventano quindi strumento fondamentale per la valutazione della pericolosità sismica locale, tramite la stima qualitativa o quantitativa degli effetti locali di amplificazione del moto sismico legati come detto a caratteri geologico-tecnici quali la morfologia di superficie, la morfologia sepolta, le litologie, le caratteristiche fisico meccaniche e le condizioni idrogeologiche dei terreni; fattori che oltre ad essere causa di possibile amplificazione degli effetti sismici possono provocare anche ben più gravi fenomeni indotti quali attivazione e rimobilizzazione di fenomeni gravitativi, liquefazione in terreni granulari saturi, deformazioni permanenti in terreni di fondazione.

La pericolosità sismica locale, organizzata dal citato DPGR n.53R/2011 per il supporto alla pianificazione urbanistica in 4 classi, viene di norma valutata in sede di studi di MS attraverso analisi di risposta sismica locale dei depositi di terreno o, laddove assenti (studi di MS di livello 1), mediante considerazioni qualitative cautelative basate sull'esperienza e sulla conoscenza del territorio. A riguardo la normativa di riferimento (D.M. 17.01.2018) consente di valutare gli effetti locali di amplificazione del moto sismico sia in modo semplificato, sia con modalità analitiche più rigorose.

10 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE DEL MUGELLO E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

La pericolosità di base è di norma definita mediante approccio di tipo probabilistico. In generale, per la determinazione della pericolosità di base è necessario individuare:

- la sismicità storica;
- le zone sismogenetiche;
- le relazioni di attenuazione;
- le leggi di ricorrenza.

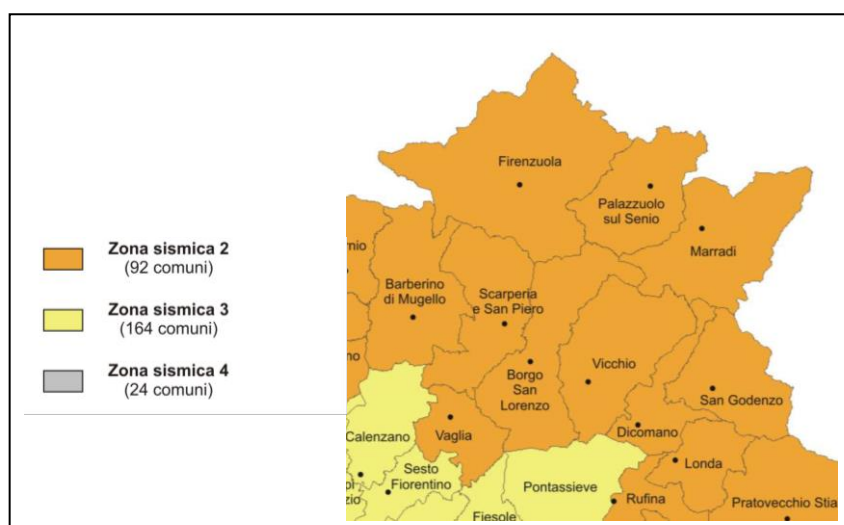
A tal fine è necessario raccogliere e interpretare dati e informazioni riguardanti la sismicità regionale, la sismo-tettonica, dati e registrazioni ottenuti da reti sismiche nazionali e locali.

L'area del Mugello è caratterizzata da una sismicità medio-elevata, storicamente nota in virtù anche degli enormi danni rilevati a seguito del forte terremoto del 29 giugno 1919, il cui epicentro fu ubicato nel territorio comunale di Vicchio; tutti gli otto comuni afferenti all'Unione del Mugello (figura 10.1) sono classificati in zona sismica 2 (Del. GRT n.421/2014).

L'attività sismica di questa zona è imputabile alle deformazioni che si sviluppano all'interno e all'esterno del sistema oroclinale sollecitato dal regime compressivo parallelo alla catena che ha agito nella parte settentrionale del cuneo Romagna-Marche-Umbria (Mantovani et al. - *Potenzialità sismica della Toscana e definizione di criteri di priorità per interventi di prevenzione*. Centro stampa Giunta Regione Toscana, 2012).

Figura 10.1

Stralcio della carta di classificazione sismica della Regione Toscana



In tabella 10.1 viene riportata la lista dei terremoti con $I_{max} \geq 7$ avvenuti dopo il 1000 nella zona contornata in figura 10.2, dove i cerchi rossi indicano i terremoti avvenuti dopo il 1000; ad essi vanno aggiunti gli eventi sismici che hanno interessato storicamente l'area appenninica emiliano-romagnola, prossima al comune di

Firenzuola. Si può notare che le scosse storiche principali di queste zone hanno interessato segmenti diversi delle faglie presenti nell'area, riconducibili a un sistema tettonico noto come *Etrurian Fault System* (EFS) che si sviluppa dall'Umbria sino alla Toscana, comprendendo le aree del Mugello e della Garfagnana e terminando a nord in corrispondenza della Lunigiana (Figura 2.3). L'EFS rappresenta il limite occidentale dell'area in estensione dell'Appennino centro-settentrionale ed è caratterizzato da un allineamento di faglie normali a basso angolo ($\sim 30^\circ$), immergenti verso est, con direzione NW-SE che bordano da nord a sud i bacini della Lunigiana-Garfagnana, del Mugello-Casentino e dell'Alta Valle del Tevere. L'espressione superficiale dell'EFS delimita due zone con differenti gradi di sismicità: il settore a ovest (Toscana e area peritirrenica) è caratterizzato da bassa sismicità, con terremoti superficiali (profondità ≤ 7 km) di bassa magnitudo ($M < 5$). Al contrario, il settore ad est (Appennino umbro-marchigiano) comprende un'area ad alta sismicità, con eventi anche localizzati nella crosta inferiore (profondità 15-20 km) e magnitudo che in alcuni casi raggiunge $M=6.8$.

Tabella 10.1

Serie sismica storica nel Mugello.

In grassetto i terremoti con $I_{max} \geq 8/9$ o $M \geq 5.5$. Mw = Magnitudo momento riportata nel catalogo CPTI11. Io e Imax sono rispettivamente l'intensità epicentrale e quella massima osservata (riportate entrambe quando non coincidenti). T indica l'intervallo di tempo trascorso rispetto al terremoto precedente (da Mantovani et al., 2012)

Anno	Mese	Giorno	Zona epicentrale	Latitudine (°N)	Longitudine (°E)	Magnitudo Mw)	Intensità Io (Imax)	T (anni)
1542	6	13	Mugello	44.01	11.39	5.9	9	
1597	8	3	Mugello	43.99	11.43	5.2	7.5	55
1611	9	8	Scarperia	44.01	11.36	5.1	7 (7.5)	14
1762	4	15	Mugello	44	11.51	5.1	7	151
1843	10	25	Mugello	44.01	11.26	5.1	6.5 (7)	82
1864	12	11	Mugello	44.04	11.28	5.1	7	21
1919	6	29	Mugello	43.96	11.48	6.3	10	55
1929	7	18	Mugello	43.99	11.51	5.0	6.5 (7)	10
1931	9	5	Mugello	44.06	11.37	4.8	6 (7)	2
1939	2	11	Marradi	44	11.43	5.0	7	7
1960	10	29	Mugello	44	11.39	5.0	7	22

Figura 10.2

Sismicità storica dell'area del Mugello.

I principali elementi tettonici disegnati in nero. Ga=Galliano, Sc=Scarperia, Sg=Sagginale, Sv=Sieve, Vi= Vicchio (da Mantovani et al., 2012)

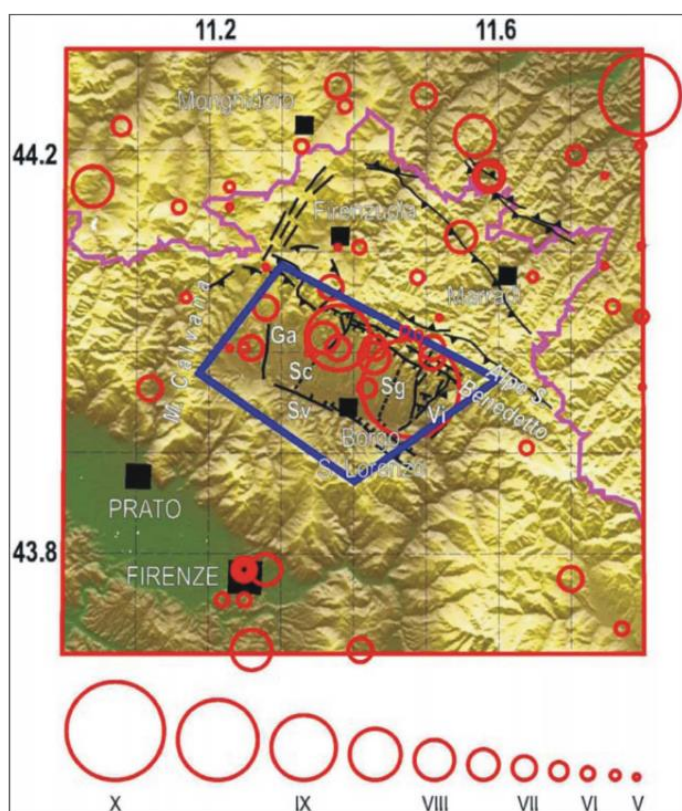
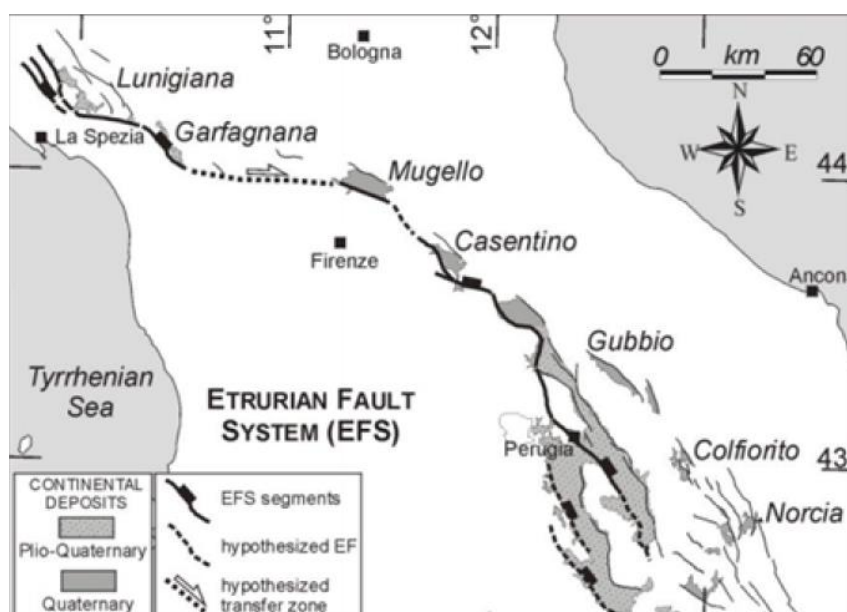


Figura 10.3

Schema strutturale dell'Etrurian Fault System



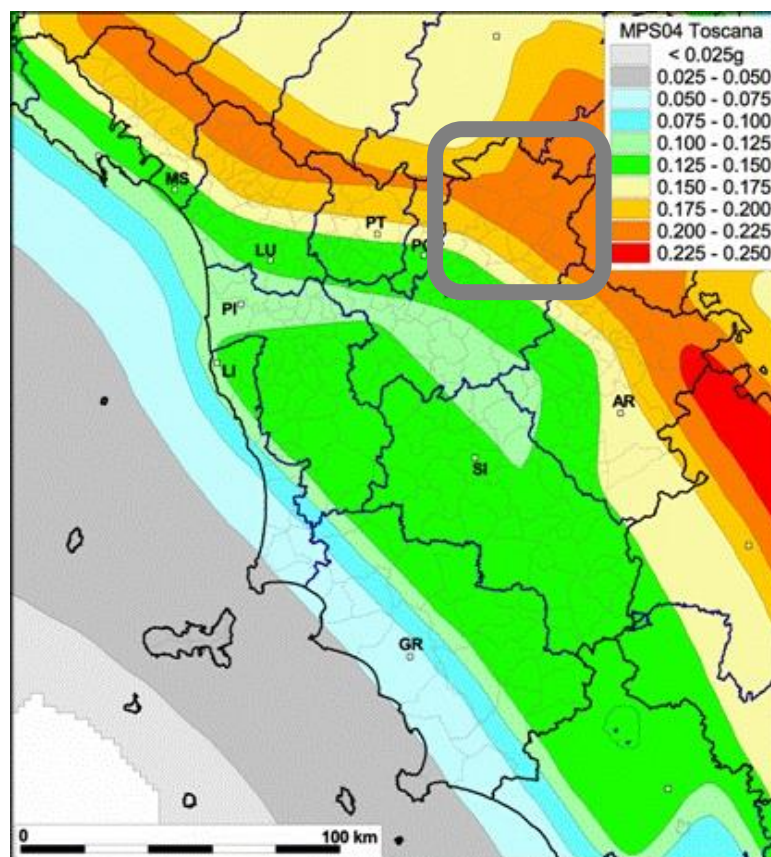
In figura 10.4 è rappresentata la Mappa di Pericolosità Sismica (O.P.C.M. 3519/2006) relativa al territorio della Toscana. La Mappa è inerente la distribuzione dei valori stimati di accelerazione (a_g) su bedrock sismico in

condizioni di topografia pianeggiante per un periodo di ritorno di 475 anni e relativi al valore mediano (50mo percentile). La mappa indica, per il territorio del Mugello, valori di accelerazione sismica (normalizzata rispetto all'accelerazione di gravità g) pressoché costanti e relativi ad un range compreso tra 0,175g e 0,225g.

Inoltre, nell'area del Mugello sono presenti reti di monitoraggio dello scuotimento sismico (sismometrico ed accelerometrico) e dei parametri ad esso connessi per le quali la Regione Toscana ha provveduto nel corso degli ultimi decenni alla realizzazione e/o al cofinanziamento mediante la stipula di convenzioni ed Accordi di collaborazione scientifica.

Figura 10.4

Mappa di Pericolosità sismica realizzata da INGV relativa alla Toscana (OPCM 3519/2006)



AGGIORNAMENTO 2020 - Un terremoto di magnitudo $M_w=4.5$ con epicentro in località Gabbiano (Comune di Scarperia e San Piero), si è verificato in data 9-12-2019 alle ore 03:37:03, di profondità ipocentrale 7 km.

11 STUDI DI MS ESISTENTI E DI NUOVA REALIZZAZIONE

Il lavoro di aggiornamento e implementazione degli studi sismici del territorio dell'Unione prende avvio dalla ricognizione del quadro conoscitivo esistente, facente parte degli strumenti urbanistici comunali approvati nei comuni mugellani (in tutto nove, considerando gli studi di MS distinti tra San Piero e Scarperia).

Nella tabella 11.1 seguente viene riportato schematicamente lo stato dell'arte degli studi sismici esistenti al momento della redazione del nuovo Piano Strutturale Intercomunale.

Tabella 11.1
Studi sismici esistenti

Comune	MS livello 1		MS livello 2	MS livello 3	
	Copertura territoriale	Anno e soggetto realizzatore		Copertura territoriale	Anno e soggetto realizzatore
BARBERINO DI MUGELLO	Capoluogo, Buttoli, Cornocchio, Galliano, Mangona, Montecarelli, Santa Lucia	2013-2015 (RT, Geotecno)	assente	Capoluogo, Galliano	2013 (RT)
BORG SAN LORENZO	Capoluogo, Luco, Panicaglia, Polcanto, Ronta, Sagginale	2012 (Geotecno)	assente	assente	
DICOMANO	Capoluogo, Sandetole	2012 (Geotecno)	assente	assente	
FIRENZUOLA	Capoluogo, Bruscoli, Cornacchiaia, Covigliaio, Piancaldoli, Pietramala, San Pellegrino, Traversa	2013 (RT)	assente	Capoluogo	2013 (RT)
MARRADI	Capoluogo (S.Adriano, Popolano), Crespino sul Lamone	2012 (Tellus snc)	assente	assente	
PALAZZUOLO SUL SENIO	Capoluogo	2012 (RT)	assente	Capoluogo	2012 (RT)
SCARPERIA	Capoluogo, Marcoiano, Ponzalla, Sant'Agata	2012 (RT)	assente	Capoluogo	2012 (RT)
SAN PIERO A SIEVE	Capoluogo, Campomigliaio	2015 (Capacci, Migliorini, Pileggi)	assente	assente	
VICCHIODI MUGELLO	Capoluogo, Case Caldeta, Villore	In fase di approvazione (Tomei)	assente	Capoluogo, Case Caldeta	In fase di approvazione (RT, DICEA)

Tutti i comuni dell'Unione presentano dunque almeno studi di livello 1, spesso estesi alle principali frazioni, svolti con finanziamento regionale e in accordo con quanto richiesto dagli ICMS. In cinque casi sono già

disponibili studi di livello 3 sui capoluoghi (uno di essi in fase di approvazione), sempre svolti dai tecnici del Servizio Protezione Sismica della Regione Toscana in collaborazione con l'Università di Firenze, Dipartimento Ingegneria Civile e Ambientale.

La revisione degli studi esistenti si è pertanto articolata nelle seguenti fasi:

- La difformità negli standard di archiviazione informatica e di rappresentazione grafica degli studi di MS presenti sul territorio dell'Unione ha reso necessario procedere a un'importante opera di adeguamento di tutta la documentazione agli Standard ICMS vigenti al momento dell'avvio del procedimento (versione 4.0b); tale adeguamento ha riguardato per lo più le banche dati delle indagini geologiche e sismiche e l'architettura degli shapefile delle Carte MOPS e MS, oltre alla loro rappresentazione grafica.
- La banca dati delle indagini puntuali e lineari presenti sul territorio dell'Unione è stata integrata attingendo alle seguenti fonti:
 - o Archivio regionale PORTOS, comprendente gli studi geologici depositati al Genio Civile per gli interventi diretti a partire dall'anno 2017.
 - o Archivio regionale degli strumenti urbanistici approvati, sia generali che particolari, dove sono stati selezionate le indagini geologiche a partire dall'anno 2008.
 - o Archivi delle strutture edilizia e urbanistica dei singoli comuni.

Come risultato di questo aggiornamento di archivio, tutti gli studi di microzonazione sismica di livello 1 dei comuni dell'Unione presentano una carta delle indagini e un archivio digitalizzato dei documenti, collegato a un sistema informativo territoriale provvisto di struttura a hyperlink per la consultazione diretta del dato, per un totale di più di 1500 tra indagini puntuali e lineari tutte visionabili, oltre che nelle rispettive "Carte delle indagini", attraverso la "Carta litologico-tecnica e dei dati di base" del nuovo PSI e l'atlante di dettaglio ad essa allegato (Tavola QC.B03).

- In alcune aree, definite di concerto agli uffici regionali e dell'Unione (Comune di Firenzuola, Comune di Borgo San Lorenzo e Comune di Scarperia-S.Piero), sono state svolte indagini sismiche integrative tramite misure di rumore ambientale a stazione singola (HVSR) con l'obiettivo di estendere la microzonazione in contesti limitrofi geologicamente e strutturalmente omogenei ed in aree di particolare interesse per la pianificazione (centri urbani minori). Tali casi verranno discussi nel dettaglio nel capitolo relativo al singolo comune.

La fase di implementazione del quadro conoscitivo in materia sismica ha invece previsto la realizzazione di studi di livello 3 per i capoluoghi di Dicomano, Marradi e San Piero, fino ad oggi sprovvisti, e di livello 2 per il capoluogo di Borgo San Lorenzo. Nella frazione di Ronta (Borgo San Lorenzo) sono stati svolti studi di livello 3 di concerto con il CNR.

A tal fine è stata condotta una nuova campagna di indagini geofisiche volte ad incrementare l'accuratezza dei modelli sismo-stratigrafici presenti negli studi esistenti (livello 1) sia per quanto concerne la risposta sismica del terreno sia, nel caso particolare dell'area di Sagginale, per la valutazione della suscettibilità alla liquefazione dinamica.

La nuova modellazione sismo-stratigrafica così ottenuta ha permesso, grazie al contributo della struttura regionale, la realizzazione delle analisi di risposta sismica locale e quindi la predisposizione delle **nuove Carte di microzonazione sismica di livello 2 e 3**.

Al tal fine, la perimetrazione delle aree instabili è stata rivista e aggiornata sulla base dei rilievi geomorfologici di dettaglio eseguiti per la redazione del PSI, descritti al cap.3.

Nei paragrafi seguenti vengono quindi descritti gli studi esistenti, di cui alla tabella 11.1, e quelli di nuova realizzazione, con particolare attenzione agli elaborati di maggior interesse per la pianificazione territoriale.

Le specifiche sui modelli di RSL, sulla parametrizzazione geofisica del sottosuolo e sulle metodologie utilizzati negli studi di livello 2 e 3 condotti per il presente lavoro - in coerenza con le indicazioni del Servizio Sismico regionale e del Dipartimento di Protezione Civile – sono riportati in Appendice 2 alla presente relazione.

11.1 Barberino di Mugello

Gli studi di MS di livello 1 e 3 sono stati svolti da RT, parzialmente in collaborazione con Geotecno, tra gli anni 2013 e 2015. La struttura regionale si è a sua volta avvalsa della collaborazione dell'Università di Firenze (DICEA) per le analisi di risposta sismica locale bidimensionali sulle aree del Capoluogo e di Galliano.

11.1.1 Dati geotecnici e geofisici di base

Il comune di Barberino è stato indagato, nell'ambito degli studi specifici del programma VEL+DOCUP, dal Servizio Sismico Regionale mediante indagini geologiche e sismiche riportate nella tabella seguente, la cui ubicazione è mostrata nella Carta delle Indagini.

Tabella 11.1.1.1
Indagini del programma VEL/DOCUP

AREA DI INDAGINE	Sondaggi geognostici	Prove downhole	Sismica a rifrazione	Prove penetrometriche
area urbana "Capoluogo"	9	9	9	0
frazione "Cavallina"	5	5	1	0
frazione "Galliano"	3	3	3	1

Inoltre, su incarico del Coordinamento Regionale di Prevenzione Sismica, il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Firenze ha eseguito una campagna di misurazioni strumentali di rumore sismico avvalendosi di n.10 stazioni sismiche triassiali installate nell'area del Capoluogo.

Successivamente (2015) Geotecno, su incarico di RT, ha esteso l'areale di microzonazione – fino a quel momento limitato al Capoluogo, Cavallina e Galliano – a una serie di altre frazioni integrando le indagini mediante le prove riportate nella tabella seguente.

Tabella 11.1.1.2
Indagini integrative Geotecno (2015)

AREA DI INDAGINE	Stendimenti di sismica a rifrazione	Misure di rumore sismico
area urbana "Capoluogo"		6
frazione "Cavallina"		4
frazione "Galliano"		11
frazione "Montecarelli"	1	5
frazione "Santa Lucia"	1	5
frazione "Mangona"		4
frazione "Buttoli"	1	5
frazione "Cornocchio"	1	5

Inoltre sono state realizzate n.10 prove penetrometriche statiche spinte fino alla profondità massima di 15 metri dal p.c., o comunque fino al raggiungimento delle condizioni di rifiuto strumentale, finalizzate alla

verifica di suscettibilità alla liquefazione di quelle aree del territorio comunale già individuate come potenzialmente a rischio.

Infine, l'archivio "dati di base" allegato agli studi di MS contiene un'ingente quantità di indagini provenienti principalmente dai DB di Regione Toscana e della Provincia di Firenze, dall'archivio "Indagini del sottosuolo" di ISPRA, per un totale di 637 indagini distribuite su 257 siti, rappresentati nella Carta delle Indagini e nel geodatabase correlato.

11.1.2 Gli elaborati di MS

Per ogni area esaminata, lo studio di microzonazione sismica è costituito dai seguenti elaborati:

- Carta delle indagini con allegato database geografico in formato digitale
- Carta geologica
- Carta geologico-tecnica
- Carta delle frequenze fondamentali dei depositi
- Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica

Per le aree oggetto di studi di livello 3 (Capoluogo, Galliano, Cavallina) si aggiunge la:

- Carta della Microzonazione Sismica

corredata dalla Relazione illustrativa sugli studi di RSL a cura del Dip. di Ingegneria Civile e Ambientale dell'Università di Firenze.

11.1.3 La carta delle MOPS (Livello 1)

Essa individua qualitativamente e grossolanamente la geometria delle aree potenzialmente caratterizzate da specifici effetti sismici locali.

Nelle aree esaminate il bedrock sismico viene sempre identificato con le formazioni litoidi del substrato roccioso: laddove pertanto esse si rinverano in affioramento, o subaffioranti sotto coperture superficiali di alterazione inferiori ai 3 metri, con pendenze fino ai 15°, vanno a costituire le **zone stabili** (*originariamente definite zona 1, 1a e 1b*) della carta MOPS; il substrato rigido è rappresentato nell'area dalla Formazione Acquerino (Membro Arenaceo AQR2 e Membro Pelitico AQR3) e del Torrente Cerigiola (TCG), dalla Formazione Falterona (Membro di Montalto FAL3 e Marne di Galiga GLG) e dalla Formazione della Pietraforte (PTF). Le aree di Buttoli, Cornocchio, Santa Lucia e (in misura minore) Mangona vengono assegnate per lo più a questa zona.

Le elevate pendenze medie che talvolta caratterizzano i rilievi montuosi e collinari delle aree in esame rendono frequenti porzioni di territorio in cui il bedrock affiorante viene classificato come "zona stabile suscettibile di amplificazione per effetti topografici" (**zona 1, 41, 42 ex zona 2, 2a e 2b**); la maggior parte dell'area di Mangona e alcune zone a Santa Lucia e Montecarelli appartengono a questa zona. La dettagliata ricostruzione del modello geologico del sottosuolo ha permesso poi di individuare ben 41 "zone stabili suscettibili di amplificazione sismica per contrasto di impedenza" tra substrato e coperture (**zona 2 – zona 44**), differenziate tra loro sulla base della successione sismo-stratigrafica, degli spessori presenti e dei valori

di velocità V_s dei vari orizzonti secondo la tabella 11.1.3.1. Esse caratterizzano la maggior parte del territorio di Barberino e Cavallina, Montecarelli e Galliano. Per la descrizione di dettaglio delle singole microzone si rimanda alla legenda presente nella tabella 11.1.3.2.

Tabella 11.1.3.1

Terreni di copertura presenti nel territorio di Barberino e loro risposta sismica

DEPOSITI DETRITICI DI SPESSORE > 3 m

O Riporti antropici (RI); V_s n.d.

DEPOSITI DETRITICI DI SPESSORE > 3 m

A Coperture detritiche a composizione granulometrica mista (a); $V_s < 500$ m/s

DEPOSITI ALLUVIONALI ANTICHI TERRAZZATI E RECENTI

B Ciottolami in matrice limoso-sabbiosa, ghiaie, sabbie e limi (SIV); $V_s = 150 - 300$ m/s

DEPOSITI FLUVIO-LACUSTRI DEL BACINO DEL MUGELLO

C Sabbie medio-fini di delta-conoide (MGO2_s); $V_s = 250 - 350$ m/s

D Argille sitose lacustri, tavolta lignitifere; intercalazioni di sabbie e ghiaie (MGO1_a)
 $V_s = 350 - 500$ m/s

E Depositi argillosi con intercalazioni di ciottoli e ghiaia (MGO1_v);
 $V_s = 400 - 750$ m/s

Inoltre, particolare attenzione viene dedicata alle **zone instabili**, in cui sono annoverate tutte le aree di instabilità di versante suddivise tra frane attive e frane quiescenti, oggetto di attenta revisione in sede di indagine geomorfologica per il quadro conoscitivo del nuovo PSI.

Nella tavola sono inoltre rappresentate le aree a rischio di crollo per la presenza di cavità sotterranee legate alle miniere di lignite, oltre alle principali forme morfologiche di rilevanza per i possibili effetti di amplificazione sismica: sono presenti alcune creste morfologiche, orli di terrazzo e di scarpata (in genere inferiori a 10 metri) e una conoide alluvionale, posta al piede del versante in sponda destra del Torrente Stura, in prossimità della zona industriale di Barberino (a nord-ovest del Capoluogo).

Infine, si segnala inoltre la presenza della faglia potenzialmente attiva di Galliano, ovvero l'allineamento tettonico di tipo normale che corre con direzione E-O al margine meridionale del paese.

Tabella 11.1.3.2

Legenda Carta MOPS

ZONE STABILI

"Substrato lapideo" (cod.1011)

a-S Substrato lapideo stratificato affiorante con coperture di alterazione inferiori a 3 metri

"Alternanze litologiche" (cod.1041)

a-S Substrato lapideo stratificato affiorante con spessore > 10m e coperture di alterazione di spessore < 3m
b-S

"Substrato lapideo" (cod.1012)

a-NS Substrato lapideo non stratificato affiorante con spessore > 10m e coperture di alterazione di spessore < 3m
b-S

ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA (pendenze >15°)

Zona 1 (cod.2001)

a-S Substrato lapideo stratificato affiorante con coperture di alterazione inferiori a 3 metri

Zona 41 (cod.2041)

a-S Substrato lapideo stratificato affiorante con coperture di alterazione inferiori a 3 metri
b-S

Zona 42 (cod.2042)

a-NS Substrato lapideo non stratificato affiorante con coperture di alterazione inferiori a 3 m
b-S

ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONE LOCALE PER CONTRASTO DI IMPEDENZA TRA COPERTURA E SUBSTRATO RIGIDO

Zona 44 (cod.2044)

b-S

Zona 2 (cod.2002)

b-NS

Zona 3 (cod.2003)

a-S <10 m
b-S

Zona 45 (cod.2045)

a-NS <10 m
b-S

Zona 4 (cod.2004)

B < 15 m
a-S

Zona 5 (cod.2005)

F < 15 m
b-S 0 - 20 m
a-S

Zona 6 (cod.2006)

B < 15 m
b-S 20 - 40 m
a-S

Zona 7 (cod.2007)

B < 15 m
b-S 40 - 60 m
a-S

Zona 8 (cod.2008)

B < 15 m
D 0 - 20 m
a-S

Zona 9 (cod.2009)

B < 15 m
D 20 - 40 m
a-S

Zona 10 (cod.2010)

B < 15 m
D 40 - 60 m
a-S

Zona 11 (cod.2011)

B < 15 m
D 60 - 80 m
a-S

Zona 47 (cod.2047)

B < 15 m
D > 80 m
a-S

Zona 12 (cod.2012)

B < 15 m
D 0 - 20 m
C 0 - 20 m
a-S

Zona 13 (cod.2013)

B < 15 m
D 20 - 40 m
C 0 - 20 m
a-S

Zona 14 (cod.2014)

B < 15 m
D 40 - 60 m
C 0 - 20 m
a-S

Zona 15 (cod.2015)

B < 15 m
D 20 - 40 m
C 20 - 40 m
a-S

Zona 16 (cod.2016)

B < 15 m
D 40 - 60 m
C 20 - 40 m
a-S

Zona 17 (cod.2017)

D < 20 m
a-S

Zona 18 (cod.2018)

D 20 - 40 m
a-S

Zona 19 (cod.2019)

D 40 - 60 m
a-S

Zona 20 (cod.2020)

D	60 - 80 m
a-S	

Zona 22 (cod.2022)

D	20 - 40 m
C	0 - 20 m
a-S	

Zona 25 (cod.2025)

D	40 - 60 m
C	20 - 40 m
a-S	

Zona 28 (cod.2028)

E	< 20 m
D	0 - 20 m
a-S	

Zona 31 (cod.2031)

B	< 15 m
E	0 - 20 m
D	20 - 40 m
a-S	

Zona 34 (cod.2034)

D	< 20 m
b-S	20 - 40 m
a-S	

Zona 37 (cod.2037)

B	< 15 m
D	20 - 40 m
b-S	0 - 20 m
a-S	

Zona 43 (cod.2043)

E	< 20 m
b-S	

Zona 46 (cod.2046)

D	> 80 m
a-S	

Zona 23 (cod.2023)

D	40 - 60 m
C	0 - 20 m
a-S	

Zona 26 (cod.2026)

E	< 20 m
a-S	

Zona 29 (cod.2029)

E	< 15 m
D	20 - 40 m
a-S	

Zona 32 (cod.2032)

D	< 20 m
b-S	0 - 20 m
a-S	

Zona 35 (cod.2035)

D	20 - 40 m
b-S	20 - 40 m
a-S	

Zona 38 (cod.2038)

B	< 15 m
D	0 - 20 m
b-S	20 - 40 m
a-S	

Zona 48 (cod.2048)

A	< 15 m
a-S	> 20 m
b-NS	

Zona 21 (cod.2021)

D	< 20 m
C	0 - 20 m
a-S	

Zona 24 (cod.2024)

D	< 20 m
C	20 - 40 m
a-S	

Zona 27 (cod.2027)

B	< 15 m
E	0 - 20 m
a-S	

Zona 30 (cod.2030)

B	< 15 m
E	0 - 20 m
D	0 - 20 m
a-S	

Zona 33 (cod.2033)

D	20 - 40 m
b-S	0 - 20 m
a-S	

Zona 36 (cod.2036)

B	< 15 m
D	0 - 20 m
b-S	0 - 20 m
a-S	

Zona 39 (cod.2039)

B	< 15 m
D	20 - 40 m
b-S	20 - 40 m
a-S	

Zona 40 (cod.2040)

O	3 - 10 m
B/D	

11.1.4 Analisi di RSL

Il modello geologico di sottosuolo, definito sulla base dei rilievi geologici realizzati e delle indagini geognostiche e rappresentato sulla base di n. 12 sezioni geologiche rappresentative, è stato implementato associando una parametrizzazione geofisica media suddivisa per le varie formazioni geologiche e distinta tra i parametri desunti dalle indagini geofisiche di superficie da quelli ricavati dalle indagini geofisiche in foro. Questi parametri sono stati usati per le analisi di modellazione bidimensionali svolte da DICEA che hanno permesso di ricavare, per ciascuna sezione modellata, la pericolosità sismica locale in termini di valori di fattore d'amplificazione di Housner (FH).

Per il presente PSI, nell'ottica di aggiornare gli studi agli standard vigenti, la modellazione è stata rielaborata dai tecnici del Settore Prevenzione Sismica di RT avvalendosi di nuovi spettri di input sismico e ricavando fattori di amplificazione in termini di accelerazione (FA) per più intervalli di periodo (0,1-0,5 sec; 0,4-0,8 sec; 0,7-1,1 sec).

11.1.5 La carta di Microzonazione Sismica (Livello 3)

Per quanto concerne l'elaborazione della cartografia di microzonazione sismica di livello 3, i risultati originari in termini di FH, desunti dalle analisi 2D effettuate in corrispondenza delle 12 sezioni geologico-tecniche rappresentative del modello di sottosuolo, sono stati estesi arealmente mediante l'ausilio combinato della cartografia geologica e della cartografia MOPS. Il modello logico su cui si è basata l'estrapolazione areale dei dati di amplificazione è stato il seguente:

1. rappresentazione su mappa di tutti i punti di output delle modellazioni dinamiche effettuate, con il relativo valore di FA calcolati negli intervalli di periodo richiesti da ICMS: 0,4-0,7 sec e 0,7-1,1 sec, oltre che nell'intervallo 0,1-0,5 sec considerato di particolare significatività per quanto riguarda l'interazione con le strutture in elevazione;
2. individuazione del modello geologico-tecnico alla base di ogni valore di FA desunto;
3. identificazione sulle cartografie tematiche esistenti (in particolare geologiche e MOPS) di analoghe condizioni geologico-tecniche su aree in cui non sono disponibili analisi di risposta sismica per assenza di dati di base;
4. confronto con omologhi valori di FA da analisi bidimensionale e conseguente attribuzione del fattore FH nelle predette aree;
5. raggruppamento di situazioni tipologiche ed amplificative similari mediante la discretizzazione dell'area in classi distinte da differenti intervalli di FA;
6. rappresentazione della cartografia prodotta mediante software operante in ambiente GIS.

Ne risulta una Carta di microzonazione sismica di livello 3 in cui ognuna delle microzone individuate presenta, oltre che un valore simile in termini di fattore di amplificazione, anche un valore omogeneo del "tipo_z", ovvero delle caratteristiche stratigrafiche medie della microzona. A ciascuna microzona, individuata con una lettera progressiva maiuscola (es. "microzona C"), viene quindi associato uno spettro medio e uno spettro caratteristico in termini di SLV e SLD (tempo di ritorno pari a 475 e 50 anni). Gli spettri per ciascuna microzona sono resi disponibili e consultabili nella Appendice 3 del quadro conoscitivo del PSI.

Analoga metodologia è stata quindi adottata – nel corso dei presenti studi – per la redazione di concerto con i tecnici regionali della **nuova Carta di microzonazione sismica** in termini di FA(0105). In tutti le sezioni elaborate infatti le amplificazioni a basso periodo sono risultate quelle più elevate e pertanto più cautelative. Sulla base di quanto illustrato precedentemente, la carta permette di discretizzare l'area in esame sulla base delle seguenti classi definite dagli standard ICMS:

ZONE STABILI (FA =1): include le aree di affioramento del substrato sismico caratterizzato in area dalla formazione dell'Acquerino (AQR) e dalla formazione del Falterona (FAL3).

ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI

ZONA 1 (FA=1.1-1.2): include le aree di affioramento dei depositi alluvionali quaternari che presentano generalmente uno spessore contenuto, al di sopra del bedrock sismico;

ZONA 2 (FA=1.3-1.4): individua aree di affioramento prevalentemente costituite da depositi alluvionali e/o lacustri caratterizzati da una bassa amplificazione sismica;

ZONA 3 (FA=1.5-1.6): individua aree di affioramento prevalentemente costituite da depositi alluvionali e/o lacustri caratterizzati da una media amplificazione sismica;

ZONA 4 (FA=1.7-1.8): individua aree di affioramento prevalentemente costituite da depositi alluvionali e/o lacustri caratterizzati da una medio-alta amplificazione sismica;

ZONA 5 (FA=1.9-2.0): individua aree di affioramento prevalentemente costituite da depositi alluvionali e/o lacustri caratterizzati da una elevata amplificazione sismica;

ZONA 6 (FA=2.1-2.2): individua aree di affioramento prevalentemente costituite da depositi alluvionali e/o lacustri caratterizzati da una amplificazione sismica molto elevata;

ZONA 7 (FA=2.3-2.4): individua aree di affioramento prevalentemente costituite da depositi alluvionali e/o lacustri caratterizzati da una amplificazione sismica molto elevata;

ZONA 8 (FA>3.5): riguarda essenzialmente una piccola porzione dell'area industriale di Cavallina, in cui i fattori di amplificazione sismica sono molto elevati.

Infine, la carta MS segnala alcune importanti **zone di attenzione per instabilità**, legate ad aree in dissesto attivo o quiescente, e pone attenzione particolare alle zone potenzialmente soggette a crollo di cavità sotterranee (miniere di lignite).

Per quanto concerne la suscettibilità alla liquefazione, sono state individuate due aree a rischio di liquefazione potenzialmente elevato nelle quali eseguire uno studio di dettaglio sulla base delle caratteristiche geomeccaniche e sismiche dei terreni presenti nei primi 20 metri del sottosuolo. Le due aree si collocano in adiacenza ai corsi d'acqua della Sieve e della Lora nei tratti compresi tra il tracciato autostradale e l'invaso di Bilancino, in contesti per lo più di fondovalle o collinari.

L'analisi di suscettibilità a liquefazione, basata su n.10 prove penetrometriche statiche, è stata eseguita per l'aggiornamento 2015 a cura di Geotecno partendo dai seguenti assunti e criteri:

- magnitudo massima attesa pari a $M_{wmax} = 6,60$, in accordo con le indicazioni degli ICMS;
- fattore di amplificazione al suolo come da modellazione sismica eseguita per gli studi originari di livello 3, pertanto variabile tra FA=1,3 e 2,5;

- tavola d'acqua collocata in via cautelativa a profondità di 3 metri dal p.c;

Essa ha permesso, sulla base della valutazione dell'indice di liquefazione di Sonmez (LPI), di attribuire a ciascuna verticale un livello qualitativo di suscettibilità, da "non liquefacibile" a "molto alto"; d'accordo con i tecnici degli uffici regionali, si è quindi scelto di individuare sul territorio indagato "zona a rischio moderato" e "zona a rischio alto" adottando i seguenti criteri di classificazione applicati a ciascuna verticale analizzata:

- zona di suscettibilità a liquefazione a rischio moderato:

$2 < LPI_{10max} < 5$ - $LPI_{10} > 0$ per $D_{HL} > 5$ metri (spessore di terreno liquefacibile)

- zona di suscettibilità a liquefazione a rischio alto:

$5 < LPI_{10max} < 15$

Nella carta di MS tali zone sono cartografate come "**zone di suscettibilità a liquefazione**" con valori di LPI compresi tra 2 e 9.

In seguito alla pubblicazione del progetto che Regione Toscana ha realizzato con la collaborazione delle Università di Firenze "*Analisi e studi finalizzati alla verifica della suscettibilità a liquefazione dei terreni nell'area del Mugello (Università di Firenze, DICEA – Rapporto Tecnico 2018)*", la perimetrazione di suscettibilità a liquefazione è stata aggiornata con i risultati delle elaborazioni svolte su ulteriori prove penetrometriche.

La carta viene presentata in termini di FA nell'intervallo di periodo 0,1-0,5 sec, risultato il più cautelativo tra quelli analizzati, e segnala anche la sigla di ciascuna microzona da cui è possibile risalire agli spettri corrispondenti.

11.2 Borgo San Lorenzo

Gli studi di MS di livello 1 sono stati svolti da Geotecno nell'anno 2012 per una serie di areali comprendenti, oltre al Capoluogo, le frazioni di Luco, Panicaglia, Ronta e Polcanto.

Gli approfondimenti per il quadro conoscitivo del PSI hanno previsto lo studio di livello 2 per il capoluogo e la attigua frazione di Sagginale, gli studi di MS3 per la frazione di Ronta (in collaborazione con CNR e Servizio Sismico Regionale) e lo studio di livello 1 per la frazione di Casaglia.

11.2.1 Dati geotecnici e geofisici di base

Il comune di Borgo è stato indagato, nell'ambito degli studi specifici del programma VEL+DOCUP, dal Servizio Sismico Regionale mediante indagini geologiche e sismiche riportate nella tabella seguente, la cui ubicazione è mostrata nella Carta delle Indagini.

Tabella 3.2.1.1

Indagini del programma VEL/DOCUP

AREA DI INDAGINE	Sondaggi geognostici	Prove downhole	Sismica a rifrazione	Prove penetrometriche	Coni sismici
area urbana "Capoluogo"	10	10	15	5	4
frazione "Sagginale"	0	0	2	2	0
frazione "Panicaglia"	2	2	1	5	0
frazione "Ronta"	1	1	1	0	0

Successivamente () Geotecno, nell'ambito degli studi di microzonazione livello 1 (2012) e del PSI (2018-2019), ha integrato le indagini esistenti mediante le prove riportate nella tabella seguente.

Tabella 3.2.1.2

Indagini integrative Geotecno (2012)

AREA DI INDAGINE	Stendimenti di sismica a rifrazione	Prove geofisiche MASW	Misure di rumore sismico
area urbana "Capoluogo"	3	2	30
frazione "Sagginale"			10
frazione "Panicaglia"		2	8
frazione "Ronta"	2		12
frazione "Luco di Mugello"		3	10
frazione "Polcanto"	1		5

Indagini integrative Geotecno (2018-2019)

frazione "Casaglia"			2
frazione "Ronta"	1 (ESAC)		1
frazione "Polcanto"	1		1

Infine, per la definizione del modello geologico del sottosuolo è stata svolta una accurata ricognizione nelle banche dati geognostiche presenti in rete sui principali siti istituzionali di riferimento, oltre all'archivio cartaceo a disposizione dell'amministrazione comunale.

E' stato così possibile raccogliere un'ingente quantità di dati di base proveniente principalmente dal DB di Regione Toscana e dall'archivio "Indagini del sottosuolo" di ISPRA, per un totale di oltre 300 siti di indagine rappresentati nella Carta delle Indagini e nel geodatabase correlato.

11.2.2 Gli elaborati di MS1

Per ogni area esaminata (capoluogo e 6 frazioni principali), lo studio di microzonazione sismica livello 1 è costituito dai seguenti elaborati:

- Carta delle indagini con allegato database geografico in formato digitale
- Carta geologico-tecnica
- Sezioni litotecniche
- Carta delle frequenze fondamentali dei depositi
- Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica

corredata dalla Relazione illustrativa sugli studi eseguiti.

La scala di rappresentazione è pari a 1:10.000

11.2.3 La carta delle MOPS (Livello 1)

Essa individua qualitativamente e grossolanamente la geometria delle aree potenzialmente caratterizzate da specifici effetti sismici locali.

Nelle aree esaminate il bedrock sismico viene sempre identificato con le formazioni litoidi del substrato roccioso: laddove pertanto esse si rinvergono in affioramento, o subaffioranti sotto coperture superficiali di alterazione inferiori ai 3 metri, con pendenze fino ai 15°, vanno a costituire le **zone stabili** della carta MOPS. Le elevate pendenze medie dei rilievi montuosi e collinari delle aree in esame rendono estremamente limitate le zone stabili, attribuendo di conseguenza la maggior parte della porzioni di territorio con bedrock affiorante a "zona stabile suscettibile di amplificazione per effetti topografici" (**zona 1**); tale zona è diffusamente presente sui rilievi a sud del Capoluogo, a Polcanto e nella parte settentrionale di Ronta e di Luco.

La dettagliata ricostruzione del modello geologico del sottosuolo ha permesso di individuare 16 **zone stabili suscettibili di amplificazione sismica per contrasto di impedenza** tra substrato e coperture (**zona 2 – zona 17**), differenziate tra loro sulla base della successione sismo-stratigrafica, degli spessori e dei valori di velocità Vs dei vari orizzonti in cui si distinguono essenzialmente depositi alluvionali, depositi fluvio-lacustri di conoide e depositi lacustri prevalentemente coesivi (tabella 11.2.3.1). La descrizione dettagliata delle zone sismiche è riportata nella legenda della Carta MOPS e in sintesi nella tabella 11.2.3.2; esse caratterizzano la maggior parte del territorio studiato, l'intera totalità dell'area di Panicaglia e gran parte del territorio del Capoluogo, di Sagginale e di Luco di Mugello.

Tabella 11.2.3.1

Caratterizzazione geologico-sismica dei terreni di copertura e del substrato litoide

INFORMAZIONE SUBSTRATO		INFORMAZIONE TERRENI DI COPERTURA		
<div>a</div>	Substrato lapideo S; Vs = 900 - 1300 m/s	<div>S - substrato stratificato</div>	<div>A</div>	Alluvioni fluviali e terrazze del Fiume Sieve e affluenti (at3, at2); Vs = 150 - 300 m/s
<div>b</div>	Substrato lapideo S; Vs = n.d.		<div>B</div>	Depositi alluvionali di antichi terrazzi (at1); Vs = 250 - 350 m/s
<div>c</div>	Substrato lapideo NS; Vs = 1000-1300 m/s	<div>NS - substrato non stratificato</div>	<div>C</div>	Depositi lacustri a composizione argillosa-limosa (Vag), talvolta molto consistenti (Vag*); Vs(Vag) = 350 - 500 m/s, Vs(Vag*) = 650 - 800 m/s
<div>d</div>	Substrato lapideo NS; Vs n.d.		<div>D</div>	Conglomerati fluvio-lacustri di conoide (Vcg, VcgS); Vs = 400 - 750 m/s
a - Formazioni: Arenarie del Cervarola-Falterone (AC), Formazione Marnosa-Arenacea (FMA), Arenarie di Castel Guerrino (ACG)			<div>E</div>	Sabbie fluvio-lacustri di conoide (Vs); Vs = 250 - 300 m/s
b - Arenarie di Monte Senario (AMS)			<div>F</div>	Depositi eluvio-colluviali e detritici; Vs = 100 - 300 m/s
c - Formazioni: Marne di Galiga (GAL)				
d - Formazioni: Marne varicolori (mv)				

Infine, particolare attenzione viene dedicata alle **zone instabili**, in cui sono annoverate tutte le aree di instabilità di versante suddivise tra frane attive, frane quiescenti e frane inattive, oggetto di revisione dettagliata mediante rilievi di campagna e ortofotogrammetrici in occasione dell'approvazione del nuovo RU comunale (2016).

Tra le frane attive, di particolare rilevanza e recente attivazione quella lungo la SS Faentina in località Polcanto, oltre ad alcuni piccoli movimenti a nord del centro urbano del capoluogo. Nelle restanti frazioni sono presenti aree di instabilità descritte nel dettaglio nella relazione tecnica allegata agli studi MS1.

Infine, la carta riporta anche le principali forme morfologiche di rilevanza per i possibili effetti di amplificazione sismica: sono presenti alcune creste morfologiche, orli di terrazzo e di scarpata (in genere inferiori a 10 metri) e due conoidi alluvionali, in località Sagginale e in località Lutiano Vecchio (a sud del Capoluogo).

11.2.4 Nuove indagini geofisiche

















Al fine di migliorare la ricostruzione del modello geologico-sismico locale realizzato per gli studi di MS1, estendendo le conoscenze anche a aree limitrofe, la fase di approfondimento del quadro conoscitivo per il nuovo PSI ha visto la realizzazione di due misure di rumore sismico in località Casaglia (Casaglia_hvsr1, Casaglia_hvsr2), una stesa sismica a rifrazione in onde P e S e di una misura di rumore sismico in località Polcanto (2018HVSRO5 e 2018PSHO2) e di una prova tipo ESAC accompagnata da una misura di rumore sismico a Ronta (2018HVSRO6 e 2018ESAC01), quest'ultime finalizzate all'analisi di risposta sismica locale per gli studi di livello 3 (vedi par.11.2.8).

L'ubicazione delle prove è riportata nella nuova Carta delle indagini di supporto allo studio di MS, i relativi certificati nel database ad essa collegato.



Tabella 11.2.3.2

Legenda carta MOPS


ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONE LOCALE PER CONTRASTO DI IMPEDENZA TRA COPERTURA E SUBSTRATO RIGIDO

Zona 2 (cod.2002)  Vag / Vag* >100m	Zona 3 (cod.2003)  at1 <10 m Vag, Vcg, Vs >100 m	Zona 4 (cod.2004)  Vs (spessori n.d.) Vag >100m
Zona 5 (cod.2005)  at1 <5 m Vs (spessori n.d.) Vag >100m	Zona 6 (cod.2006)  at2, at3 <10 m Vag, Vag* >100m	Zona 7 (cod.2007)  dt, cl <30 m AC, AMS >100m
Zona 8 (cod.2008)  Vcg, VcgS (spessori n.d.) AC, AMS >100m	Zona 9 (cod.2009)  at2, at3 <30 m Vcg, VcgS 10 - 30m	Zona 10 (cod.2010)  Vcg, Vs <30 m Vag, Vag* >50m
Zona 11 (cod.2011)  Vcg <10m ACG, FMA >100m	Zona 12 (cod.2012)  at1, cl <15m FMA, ACG, mv >100m	Zona 13 (cod.2013)  at1, cl <10m Vcg, Vs 10 - 20m Vag, Vag* 50 - 100m
Zona 14 (cod.2014)  dt < 30m GAL (spessore n.d.)	Zona 15 (cod.2015)  dt, cl <15m Vag, Vag* >100m	Zona 16 (cod.2016)  dt, cl <15m Vcg <30m AC, GAL >100m
Zona 17 (cod.2017)  at1 < 10m AMS >100m		






ZONE STABILI

	Substrato lapideo stratificato affiorante con coperture di alterazione inferiori a 3 metri
	Substrato lapideo non stratificato affiorante con coperture di alterazione inferiori a 3 metri





ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA (pendenze >15°)

Zona 1 (cod.2001)	 Substrato lapideo affiorante con coperture di alterazione inferiori a 3 metri
--------------------------	---

ZONE SUSCETTIBILI DI INSTABILITA'

	Instabilità di versante per <u>frana attiva</u>
	Instabilità di versante per <u>frana quiescente</u>
	Instabilità di versante per <u>frana inattiva</u>
	Faglia diretta
	Faglia inversa

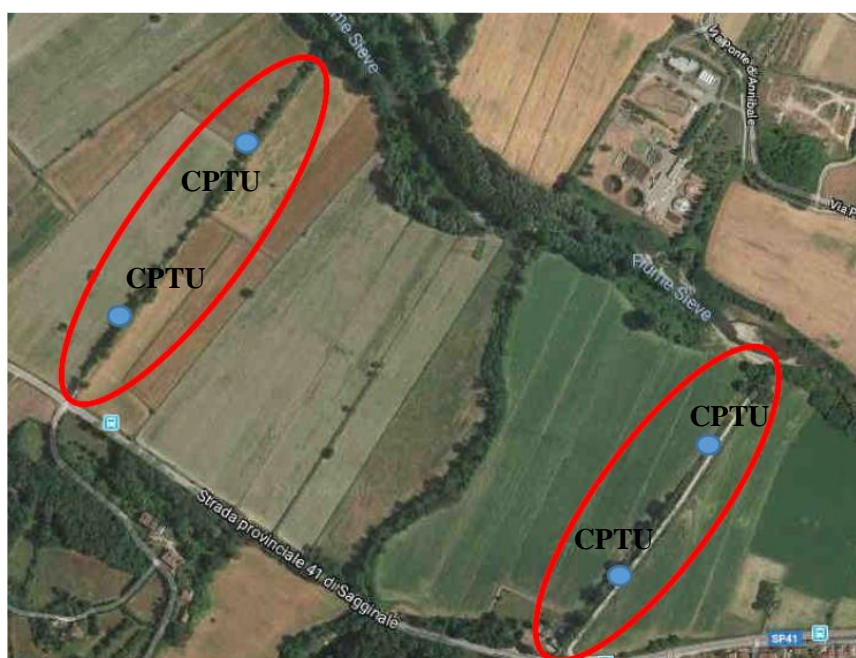
FORME MORFOLOGICHE E ARTIFICIALI

	Orlo di scarpata con rigetto <10 metri
	Orlo di terrazzo con rigetto < 20 metri
	Cresta
	Conoide alluvionale

11.2.5 Nuove indagini per la valutazione della suscettibilità alla liquefazione

Contestualmente alla predisposizione degli studi di livello 2 per il capoluogo, è stata condotta una specifica indagine geognostica finalizzata alla valutazione della suscettibilità per liquefazione dinamica, su un'area collocata in sponda destra della Sieve in località Sagginale e individuata dalla struttura regionale come a rischio potenzialmente elevato, nelle quali eseguire uno studio di dettaglio sulla base delle caratteristiche geomeccaniche e sismiche dei terreni presenti nei primi 20 metri del sottosuolo. La campagna si è svolta tramite n. 4 prove penetrometriche elettriche con piezocono (CPTU) la cui ubicazione è riportata in figura 11.2.4.1.

Figura 11.2.4.1
Ubicazione delle nuove indagini



La valutazione si è svolta mediante apposito foglio di calcolo predisposto da DICEA – Università di Firenze, partendo dai seguenti assunti e criteri:

- magnitudo massima attesa pari a $M_{wmax} = 6,60$, in accordo con le indicazioni degli ICMS;
- accelerazione di picco ricavata dalla mappa di pericolosità di base INGV, assunta pari a $a_{max} = 0,24g$;
- tavola d'acqua collocata in via cautelativa a profondità di 3 metri dal p.c;

ed ha permesso, sulla base della valutazione dell'indice di liquefazione di Sonmez (LPI), di attribuire a ciascuna verticale un livello qualitativo di suscettibilità, da "non liquefacibile" a "molto alto"; i risultati, riportati in tabella 11.2.4.1 per ciascuna verticale di indagine con riferimento ai vari metodi analitici utilizzati (cfr. Facciorusso J., Madi ai C., Vannucchi G. - *CONFRONTO TRA METODI SEMPLIFICATI DI STIMA DEL RISCHIO DI LIQUEFAZIONE DA PROVE CPT E CPTU*. Dicea Università di Firenze, 2013), individuano una situazione di moderato rischio con valori di LPI compresi tra 2,20 e 6,48 nella verticale più critica CPTU1 (potenziale tra moderato e alto), tendenti a valori sotto soglia ($LPI < 2$) per le verticali CPTU2 e CPTU4.

Nella carta di MS tali zone sono cartografate come “**zone di suscettibilità a liquefazione**”, con indice di liquefazione pari alla media dei risultati ottenuti tra i vari metodi calcolata sulla verticale più critica CPTU1 fino alla profondità di 20 metri (IL=3.9).

Tabella 11.2.4.1

Risultati della verifica alla suscettibilità per liquefazione mediante indice LPI

Metodo	1	2	3	4	5	6
	NCEER	Rob	I&B	J&AI	Moss	AGI
CPTU1						
LPI20 =	2,48	2,20	3,93	5,32	4,43	5,07
LPI10 =	2,99	2,64	4,90	6,48	5,89	6,28
<i>Rischio di liquefazione:</i>	<i>moderato</i>	<i>moderato</i>	<i>moderato</i>	<i>alto</i>	<i>moderato</i>	<i>alto</i>
CPTU2						
LPI20 =	0,62	0,60	2,71	1,72	1,64	1,29
LPI10 =	0,68	0,67	1,47	1,94	1,58	1,38
<i>Rischio di liquefazione:</i>	<i>basso</i>	<i>basso</i>	<i>moderato</i>	<i>basso</i>	<i>basso</i>	<i>basso</i>
CPTU3						
LPI20 =	2,61	2,40	3,24	4,61	3,37	4,32
LPI10 =	2,91	2,69	3,39	5,45	3,70	5,05
<i>Rischio di liquefazione:</i>	<i>moderato</i>	<i>moderato</i>	<i>moderato</i>	<i>moderato</i>	<i>moderato</i>	<i>moderato</i>
CPTU4						
LPI20 =	0,25	0,21	1,13	0,72	1,61	0,97
LPI10 =	0,35	0,28	1,59	1,05	2,28	1,38
<i>Rischio di liquefazione:</i>	<i>basso</i>	<i>basso</i>	<i>basso</i>	<i>basso</i>	<i>basso</i>	<i>basso</i>

In seguito alla pubblicazione del progetto che Regione Toscana ha realizzato con la collaborazione delle Università di Firenze “*Analisi e studi finalizzati alla verifica della suscettibilità a liquefazione dei terreni nell'area del Mugello (Università di Firenze, DICEA – Rapporto Tecnico 2018)*”, la perimetrazione di suscettibilità a liquefazione è stata aggiornata con i risultati delle elaborazioni svolte su ulteriori prove penetrometriche estendendola verso est. Inoltre è stata individuata nella carta della MS come zona di suscettibilità alla liquefazione anche una porzione rilevante del centro urbano del Capoluogo e la zona artigianale-industriale di Torri al confine con il comune di Scarperia-San Piero; in questo caso l'indice di liquefazione – scelto univocamente per tutta la zona – è pari alla media dei valori di LPI_{max} ottenuti fino alla profondità di 20 metri in tutte le verticali indagate (IL=9.9).

11.2.6 Studio di Microzonazione sismica di livello 2 (capoluogo)

Gli studi di MS di livello 2 costituiscono un approfondimento del livello 1, possibile laddove l'assetto geologico e sismico dell'area indagata renda attuabile un approccio semplificato monodimensionale, basato su abachi regionalizzati, che fornisca comunque quantificazioni numeriche degli effetti sismici.

E' questo il caso dell'area del capoluogo, dove il modello geologico del sottosuolo vede spessori ingenti di coperture fluvio-lacustri su substrato rigido, il cui tetto varia da profondità di alcune decine di metri in prossimità delle strutture tettoniche ad alto angolo e importante rigetto poste sul bordo sud del bacino, fino a oltre 200 metri nel centro del bacino stesso.

Gli abachi, prediposti da RT, si differenziano sulla base dei seguenti fattori:

- 1) area geografica (il territorio regionale è stato distinto in 5 macroaree: Toscana appenninica, area di transizione, Toscana interna, Amiata e Toscana costiera);
- 2) tipologia dell'input sismico (in riferimento a differenti classi di accelerazione di picco media);
- 3) presenza di substrato sismico a profondità maggiore o minore a 30m (ad esclusione dell'area della costa per la quale non è stata effettuata tale distinzione, in virtù di risultati simili);
- 4) tipo di fattore di amplificazione: il parametro utilizzato per la rappresentazione dei livelli amplificativi è il fattore di amplificazione di Housner (di seguito denominato FA) misurato come rapporto tra l'integrale dello spettro di accelerazione in output e l'omologo integrale dello spettro di accelerazione in input, valutato in un duplice intervallo di integrazione: il primo tra 0.1 e 0.5 secondi (denominato $FA_{0.1-0.5}$), significativo per le strutture più rigide, a basso periodo proprio, il secondo per le strutture più flessibili (denominato $FA_{0.5-1}$), ad elevato periodo proprio.

La procedura eseguita per lo studio, inquadrato nella macroarea "Toscana appenninica" con valore di accelerazione di base per un tempo di ritorno di 475anni maggiore di 0.15g, è consistita in primis nell'associare a ciascuna microzona di livello 1 un valore di VsH e il dato locale di frequenza fondamentale. Tale obiettivo viene raggiunto avvalendosi dell'ampia banca dati geologico-sismica presente sul territorio, in gran parte costituita dalle indagini VEL e dalle indagini svolte per gli studi di MS1. A ciascuna microzona così caratterizzata viene quindi attribuito un valore di profondità del substrato sismico, con soglia posta a 30 m, in alcuni casi procedendo alla suddivisione della microzona stessa. In generale, gran parte dell'area del capoluogo presenta substrato a profondità ben superiori a 30 m, con eccezioni limitate ad alcune zone di bordo valle in sponda destra della Sieve. Tramite gli abachi si perviene quindi alla determinazione dei valori di FA di cui al punto 4 precedente che costituiscono elemento fondante della Carta di microzonazione sismica di livello 2.

11.2.7 La carta di Microzonazione Sismica (Livello 2)

La carta riporta per ciascuna microzona il fattore di amplificazione FA nell'intervallo 0,1-0.5 sec come calcolato mediante gli abachi regionali; alle **zone stabili** (substrato rigido affiorante) viene assegnato $FA=1$.

La rappresentazione grafica, coerente con gli ICMS, prevede per le **microzone stabili suscettibili di amplificazioni locali** la suddivisione in 5 classi a fattore FA crescente:

ZONA A ($FA=1.1-1.2$): include le aree di affioramento dei depositi alluvionali e lacustri con spessori >30 m sopra al bedrock e frequenze fondamentali in genere estremamente basse ($f < 1$ Hz);

ZONA B ($FA=1.3-1.4$): include le aree di affioramento dei depositi alluvionali o coltri detritiche con spessori modesti (<30 m) sopra al bedrock e frequenze fondamentali intorno a $f=1,5$ Hz;

ZONA C ($FA=1.5-1.6$): include le aree di affioramento dei depositi alluvionali con spessori >30 m sopra al bedrock e frequenze fondamentali intorno a $f=1,5$ Hz;

ZONA D ($FA=1.7-1.8$): individua aree di affioramento prevalentemente costituite da depositi lacustri di modesto spessore sopra al bedrock (<30m), oltre a alcune aree in dissesto.

Alle **zone instabili** è stato scelto di attribuire la classe di amplificazione immediatamente superiore rispetto a quella della corrispondente microzona stabile.

La carta riporta infine le **zone di suscettibilità per liquefazione** come individuate attraverso specifica indagine geognostica descritta al paragrafo precedente, ubicate in sponda destra della Sieve in località Sagginale, nella zona del Capoluogo e al confine con Scarperia-San Piero.

In generale lo studio mostra, per l'intervallo di integrazione 0,1-0,5 sec, valori di amplificazione contenuti per gran parte dell'areale del capoluogo, con più di 80% del territorio caratterizzato da $FA_{0,1-0,5} < 1,5$; i valori più elevati vengono attribuiti alle aree in dissesto. Il fattore di amplificazione aumenta invece in modo importante in tutta la zona di pianura per l'intervallo di integrazione 0,5-1,0 sec, risultando nelle zone di bordo anche superiore a 2.

Per tale motivo la carta viene presentata sia in termini di FA nell'intervallo di periodo 0,1-0,5 sec che in termini di FA massimo tra quelli calcolati negli intervalli di integrazione richiesti dagli standard ICMS.

11.2.8 Analisi di RSL (Ronta)

La frazione di Ronta è stata oggetto di uno specifico approfondimento grazie alla collaborazione con la struttura regionale e con l'Istituto di Geoscienze e Georisorse (IGG) del CNR. Le sezioni geologico-tecniche allegate allo studio di livello 1 sono state reinterpretate e implementate alla luce delle nuove indagini eseguite e delle conoscenze da esse scaturite, assegnando a ciascuna unità sismo-stratigrafica presente nel sottosuolo un valore caratteristico di Vs e Vp (tabella 11.2.8.1): per la sua determinazione è stato scelto il criterio del valore medio tra i dati ricavati dalle indagini sismiche sul territorio (il coefficiente di Poisson e il peso di volume sono stati assegnati seguendo le indicazioni di letteratura). Laddove i dati numerici sono stati ritenuti insufficienti si è fatto riferimento allo studio *"Distribuzione di probabilità di amplificazione sismica locale DPA in Mugello – Alto Mugello – Val Di Sieve"* a cura di Delle Donne D., Lacanna G. & Ripepe M. (Firenze, 2010)

Inoltre IGG ha approfondito la problematica della possibile presenza di una faglia attiva e capace (FAC) nella porzione settentrionale del centro urbano mediante un'indagine di sismica a riflessione abbinata a geoelettrica, i cui risultati sono oggetto di uno specifico report che viene allegato al presente studio.

Tabella 11.2.8.1

Valori di Vp e Vs (m/sec) per le unità sismo stratigrafiche presenti nell'area di Ronta

sigla sezione	ACG			FMA			at1			dt		
sigla CARG	TCG			FMA			SIV1			a		
parametro	Vp	Vs	y	Vp	Vs	y	Vp	Vs	y	Vp	Vs	y
MEDIA	2005	920	21	2901	1364	21	914	333	18	779	283	18
sigla sezione	Vcg			Vag*			Vs					
sigla CARG	MGO1			.			MGO-a2					
parametro	Vp	Vs	y	Vp	Vs	y	Vp	V	y			
MEDIA	1743	444	19	1900	730	20	900	322	19			

Sulle quattro sezioni (figura 11.2.8.1) sono state quindi svolte dai tecnici del Servizio Sismico Regionale analisi bidimensionali di risposta sismica locale in termini di fattore di amplificazione FA negli intervalli di periodo 0,1-0,5 sec / 0,4-0,8 sec / 0,7-1,1 sec, per input sismico con $T_r=475$ anni. Le analisi sono state quindi implementate anche per input sismico con $T_r=50$ anni in ottemperanza alle indicazioni del nuovo regolamento regionale 5R/2020.

Nella figura 11.2.8.2 sono rappresentate graficamente le sezioni modellate e i risultati ottenuti. Come verificato in precedenti studi di MS3 in Toscana settentrionale, i fattori di amplificazione insistenti su medesimi periodi spettrali mostrano un andamento simile. Inoltre i fattori di amplificazione calcolati su bassi periodi tendono quasi sempre ad essere più cautelativi, ad eccezione di alcune aree di modesta estensione descritte al paragrafo successivo; pertanto si è deciso di adottare per la stesura della carta di MS3 un criterio cautelativo basato sia sulla definizione del fattore FA (0.1s-0.5s) che del F_{Amax} .

Tracce delle sezioni geologico-tecniche utilizzate per le analisi RSL e nodi di verifica del FA



Figura 11.2.8.2

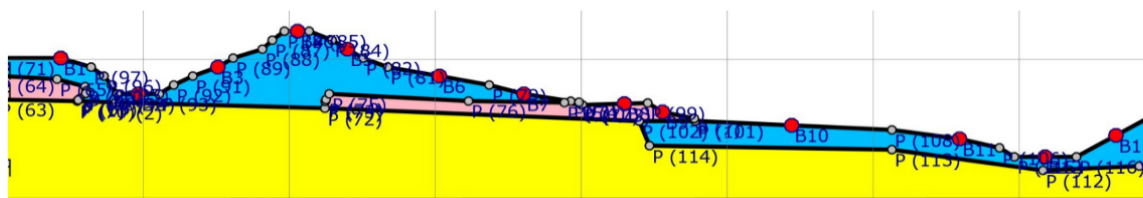
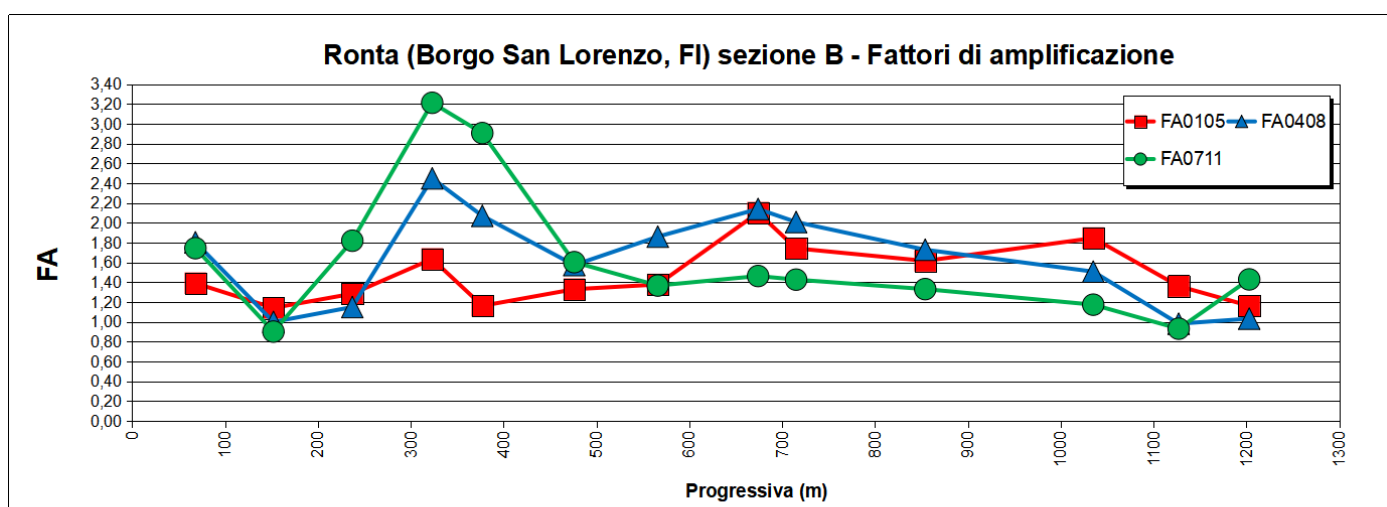
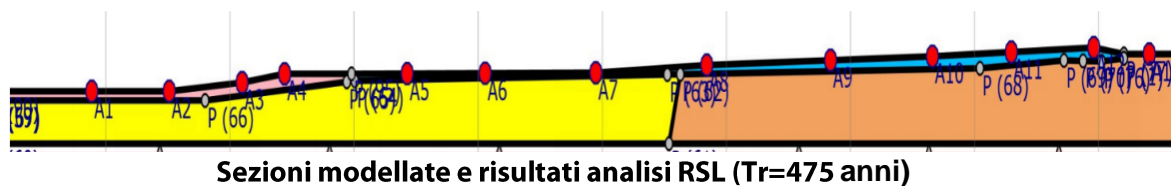
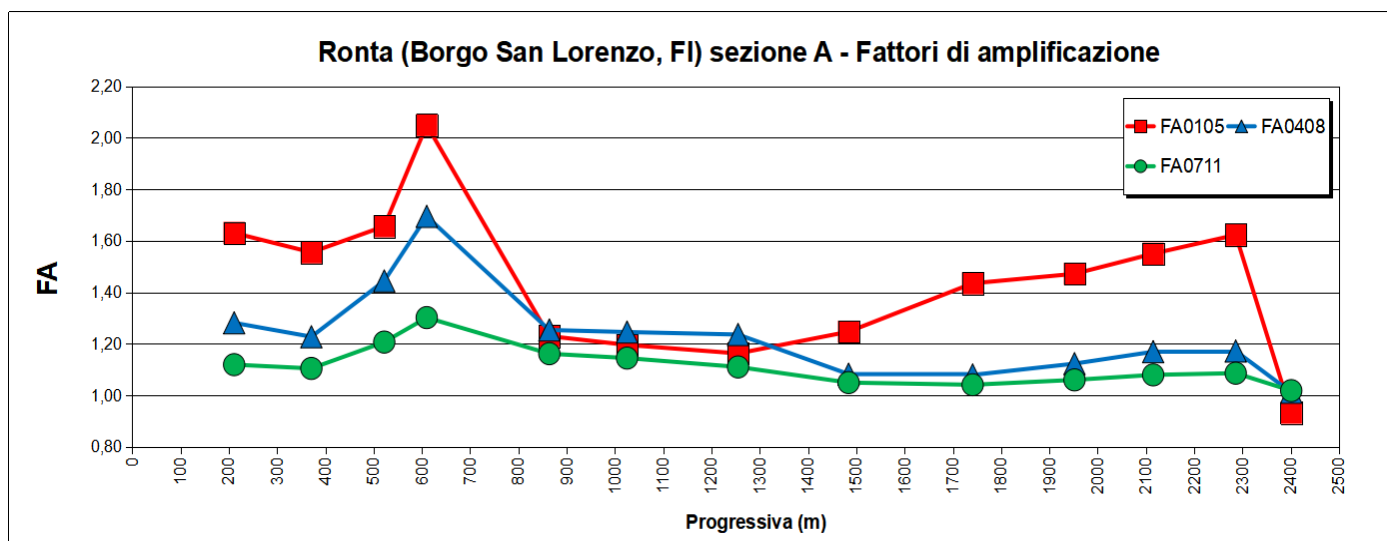
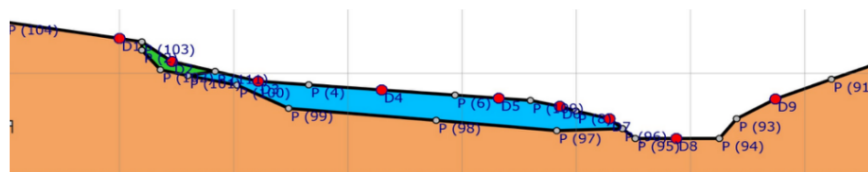
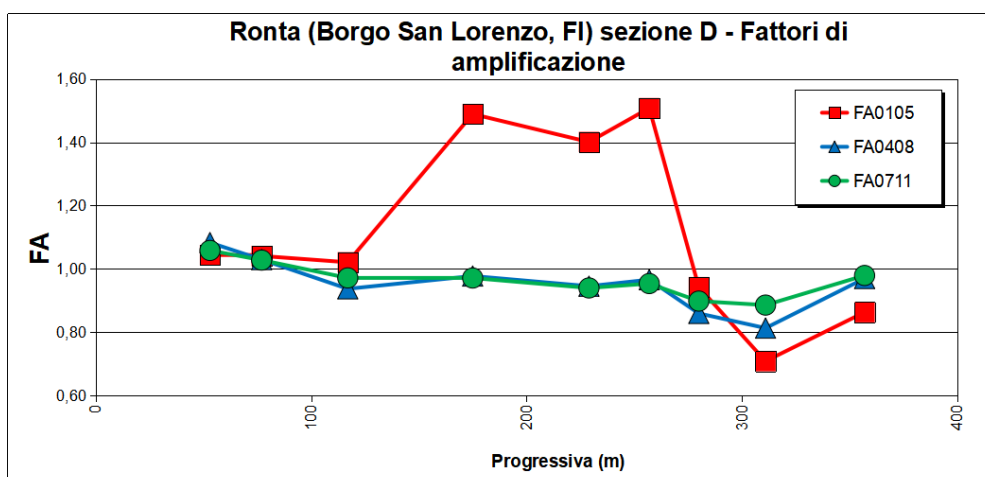
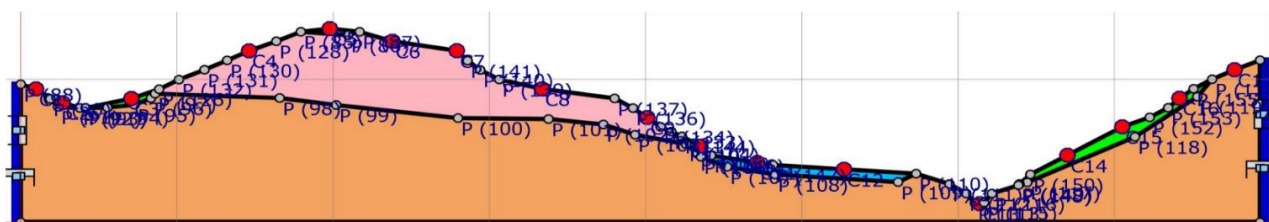
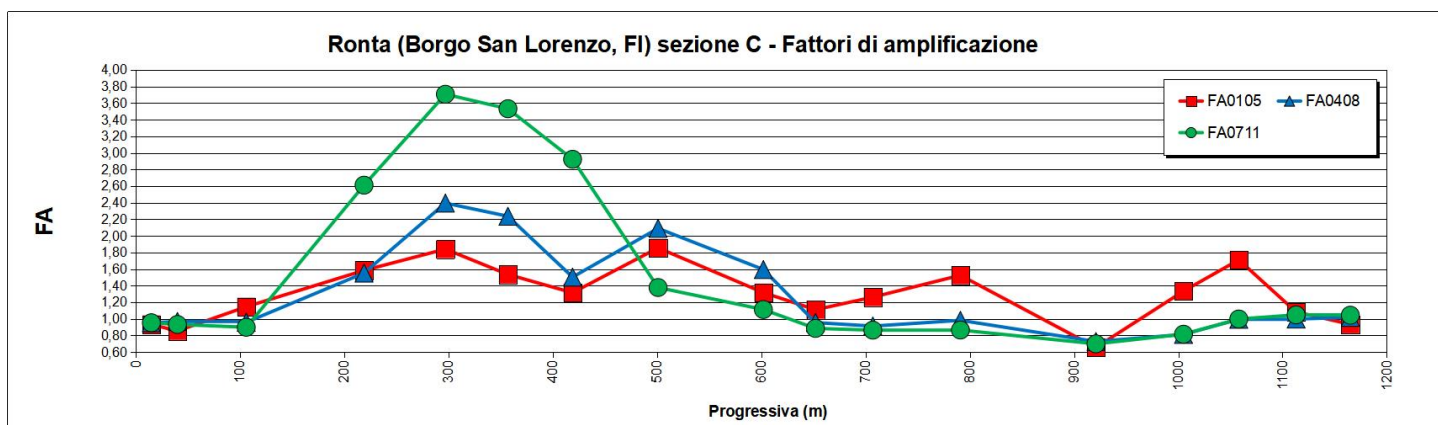


Figura 11.3.5.2

Sezioni modellate e risultati analisi RSL (Tr=475 anni)



11.2.9 La carta di Microzonazione Sismica (Livello 3)

I risultati in termini di FA, desunti dalle analisi 2D effettuate in corrispondenza delle sezioni geologico-tecniche rappresentative del modello di sottosuolo ed opportunamente confrontate con le omologhe analisi in contesto monodimensionale, sono stati estesi arealmente mediante l'ausilio combinato della cartografia geologico-tecnica e della cartografia MOPS di Ronta.

Il modello logico su cui si è basata l'estrapolazione areale dei dati di amplificazione, per l'area interessata dalla redazione di cartografia di microzonazione sismica di livello 3, è stato il seguente:

1. rappresentazione su mappa di tutti i punti di output delle modellazioni dinamiche effettuate, con il relativo valore di FA calcolati negli intervalli di periodo richiesti da ICMS: 0,4-0,7 sec e 0,7-1,1 sec, oltre che nell'intervallo 0,1-0,5 sec considerato di particolare significatività per quanto riguarda l'interazione con le strutture in elevazione;
2. individuazione del modello geologico-tecnico alla base di ogni valore di FA desunto;
3. identificazione sulle cartografie tematiche esistenti (in particolare geologico-tecniche e MOPS) di analoghe condizioni geologico-tecniche su aree in cui non sono disponibili analisi di risposta sismica per assenza di dati di base;
4. raggruppamento di situazioni tipologiche ed amplificative simili mediante la discretizzazione dell'area in classi distinte da differenti intervalli di FA;

Ne risulta una Carta di microzonazione sismica di livello 3 in cui ognuna delle microzone individuate presenta, oltre che un valore simile in termini di fattore di amplificazione, anche un valore omogeneo del "tipo_z", ovvero delle caratteristiche stratigrafiche medie della microzona. A ciascuna microzona, individuata con una lettera progressiva maiuscola (es. "microzona C"), viene quindi associato uno spettro medio e uno spettro caratteristico in termini di SLV e SLD (tempo di ritorno pari a 475 e 50 anni). Gli spettri per ciascuna microzona sono resi disponibili e consultabili nella Appendice 3 del quadro conoscitivo del PSI.

Per le aree instabili, oltre ad una omogenea condizione geologica di base, viene indicato (in coerenza con i vigenti standard nazionali) anche il parametro relativo all'amplificazione sismica.

Per ogni microzona, sia appartenente alle aree stabili, sia relativa alle aree instabili, sono stati calcolati gli spettri di risposta medi in termini di PGA e restituiti secondo le procedure indicate dagli standard nazionali. Gli spettri medi sono stati calcolati mediando gli spettri di risposta relativi ai nodi di output contenuti nella singola microzona.

Sulla base di quanto illustrato la carta permette di discretizzare l'area in esame sulla base delle seguenti classi definite dagli standard ICMS:

ZONE STABILI (FA =1): include le aree di affioramento del substrato sismico anche con pendenze >15°.

ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI

ZONA 1 (FA=1.1-1.2)

ZONA 2 (FA=1.3-1.4)

ZONA 3 (FA=1.5-1.6)

ZONA 4 (FA=1.7-1.8)

ZONA 5 (FA=1.9-2.0)

ZONA 6 (FA=2.1-2.2): rappresenta il valore di FA più elevato nell'area di Ronta per l'intervallo di periodo 0,1-0,5 sec, presente in una sola zona di modeste dimensioni a sud-est del colle di Pulicciano.

ZONA 7 (FA=3.0-3.5): rappresenta il valore di FA in assoluto più elevato nell'area di Ronta, corrispondente all'intervallo di periodo 0,7-1,1, presente in località "La Casina" a ovest del centro urbano.

In generale le aree alluvionali e di depositi fluvio-lacustri presentano valori di FA compresi tra 1,1 e 1,4, passanti a valori superiori per le zone di bordo caratterizzate da depositi detritici e di versante. Le aree instabili per frana quiescente o attiva presentano invece i valori massimi di FA per lo più compresi tra 1,3 e 1,9.

La carta viene presentata sia in termini di FA nell'intervallo di periodo 0,1-0,5 sec che in termini di FA massimo tra quelli calcolati negli intervalli di integrazione richiesti dagli standard ICMS, e segnala anche la sigla di ciascuna microzona da cui è possibile risalire agli spettri corrispondenti.

Essa riporta anche, come richiesto dagli standard, la perimetrazione della zona di suscettibilità per FAC individuata dallo studio eseguito dal CNR mediante specifiche indagini geofisiche e geoelettriche nella porzione settentrionale della frazione (zona "Madonna dei Tre Fiumi").

11.3 Dicomano

Gli studi di MS di livello 1 sono stati svolti da Geotecno nell'anno 2012 per le aree del Capoluogo e di Sandetole.

Gli approfondimenti per il quadro conoscitivo del PSI hanno previsto lo studio di livello 3 per il capoluogo e la attigua frazione di Piandrati, anche attraverso la realizzazione di nuove indagini geofisiche di superficie (sismica a rifrazione e misure passive di rumore sismico).

11.3.1 Dati geotecnici e geofisici di base

Il comune di Dicomano è stato indagato, nell'ambito degli studi specifici del programma VEL+DOCUP, dal Servizio Sismico Regionale mediante indagini geologiche e sismiche riportate nella tabella seguente, la cui ubicazione è mostrata nella Carta delle Indagini.

Tabella 11.3.1.1

Indagini del programma VEL/DOCUP

AREA DI INDAGINE	Sondaggi geognostici	Prove downhole	Sismica a rifrazione
area urbana "Capoluogo"	4	4	4

Successivamente) Geotecno, nell'ambito degli studi di microzonazione livello 1 (2012) e del PSI (2018), ha integrato le indagini esistenti mediante le prove riportate nella tabella seguente.

Tabella 11.3.1.2

Indagini integrative Geotecno (2012)

AREA DI INDAGINE	Stendimenti di sismica a rifrazione	Prove geofisiche MASW	Misure di rumore sismico
area urbana "Capoluogo"	4		24
frazione "Sandetole"	3		6

Indagini integrative Geotecno (2018)

frazione "Piandrati"	1		1
area urbana "Capoluogo"			1

Infine, per la definizione del modello geologico del sottosuolo è stata svolta una accurata ricognizione nelle banche dati geognostiche presenti in rete sui principali siti istituzionali di riferimento, oltre all'archivio cartaceo a disposizione dell'amministrazione comunale.

E' stato così possibile raccogliere un'ingente quantità di dati di base proveniente principalmente dal DB di Regione Toscana e dall'archivio "Indagini del sottosuolo" di ISPRA, per un totale di oltre 60 siti di indagine rappresentati nella Carta delle Indagini e nel geodatabase correlato.

11.3.2 Gli elaborati di MS1

Per le aree esaminate (Capoluogo e Sandetole), lo studio di microzonazione sismica livello 1 è costituito dai seguenti elaborati:

- Carta delle indagini con allegato database geografico in formato digitale
- Carta geologico-tecnica
- Sezioni litotecnica
- Carta delle frequenze fondamentali dei depositi
- Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica

corredata dalla Relazione illustrativa sugli studi eseguiti.

La scala di rappresentazione è pari a 1:10.000.

11.3.3 La carta delle MOPS (Livello 1)

Essa individua qualitativamente e grossolanamente la geometria delle aree potenzialmente caratterizzate da specifici effetti sismici locali.

Nelle aree esaminate il bedrock sismico viene sempre identificato con le formazioni litoidi del substrato roccioso: laddove pertanto esse si rinvergono in affioramento, o subaffioranti sotto coperture superficiali di alterazione inferiori ai 3 metri, con pendenze fino ai 15°, vanno a costituire le **zone stabili** della carta MOPS. Le elevate pendenze medie dei rilievi montuosi e collinari delle aree in esame rendono estremamente limitate le zone stabili, attribuendo di conseguenza la maggior parte della porzioni di territorio con bedrock affiorante a “zona stabile suscettibile di amplificazione per effetti topografici” (**zona 1**); tale zona è diffusamente presente sui rilievi che circondano il fondovalle sia a Dicomano che a Sandetole.

La dettagliata ricostruzione del modello geologico del sottosuolo ha permesso di individuare 4 “**zone stabili suscettibili di amplificazione sismica per contrasto di impedenza**” tra substrato e coperture (**zona 2 – zona 5**), differenziate tra loro sulla base della successione sismo-stratigrafica, degli spessori e dei valori di velocità Vs dei vari orizzonti in cui si distinguono essenzialmente depositi alluvionali, depositi fluvio-lacustri di conoide e depositi detritici prevalentemente granulari. La descrizione dettagliata delle zone sismiche è riportata nella legenda della Carta MOPS e in sintesi nella tabella 11.3.3.1; esse caratterizzano la maggior parte del territorio studiato.

Inoltre, particolare attenzione viene dedicata alle **zone instabili**, oggetto di attenta revisione in sede di indagine geomorfologica per il quadro conoscitivo del nuovo PSI, in cui sono annoverate tutte le aree di instabilità di versante suddivise tra frane attive, frane quiescenti e frane inattive. Tra le frane attive, di particolare rilevanza e recente attivazione quella sul versante a monte dell'area cimiteriale del capoluogo.

Infine, la carta riporta anche le principali forme morfologiche di rilevanza per i possibili effetti di amplificazione sismica: sono presenti alcune creste morfologiche, orli di terrazzo e di scarpata (in genere inferiori a 10 metri) e quattro conoidi alluvionali: le due principali interessano il centro storico di Dicomano (a nord del Torrente San Godenzo) e la zona di recente urbanizzazione posta a sud della Sieve).

Tabella 11.3.3.1

Legenda carta MOPS

ZONE STABILI

Zona 0	
S	Substrato lapideo stratificato affiorante con coperture di alterazione inferiori a 3 metri
NS	Substrato lapideo non stratificato affiorante con coperture di alterazione inferiori a 3 metri

ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA (pendenze >15°)

Zona 1 (cod.2001)	
S NS	Substrato lapideo affiorante con coperture di alterazione inferiori a 3 metri

ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONE LOCALE PER CONTRASTO DI IMPEDENZA TRA COPERTURA E SUBSTRATO RIGIDO

Zona 2 (cod.2002)		Zona 3 (cod.2003)	
A	a, al, at <15 m	C	dt-cl 3-10 m
S	FAL3, FAL5 >100 m	S	FAL3, FAL5 >100m
Zona 4 (cod.2004)		Zona 5 (cod.2005)	
D	R <5 m	B	c <15 m
A	al <15 m	S	FAL3, FAL5 >100m
S	FAL3, FAL5 >100 m		

INFORMAZIONE TERRENI DI COPERTURA

A	Alluvioni fluviali e terrazze del Fiume Sieve e affluenti (a, al, at); Vs = 200 - 550 m/s
B	Conoidi fluviali (c); Vs = 350 - 400 m/s
C	Depositi detritici e colluviali (dt-cl), Vs = 100 - 300 m/s; antichi terrazzamenti (qt), Vs = n.d.
D	Riporti (R); Vs = n.d.

11.3.4 Nuove indagini geofisiche

Al fine di migliorare la ricostruzione del modello geologico-sismico locale realizzato per gli studi di MS1, estendendo anche le conoscenze a aree limitrofe, la fase di approfondimento del quadro conoscitivo per il nuovo PSI ha visto la realizzazione di una stesa sismica a rifrazione in onde P e S in località Piandratì e di due misure di microtremore a stazione singola, rispettivamente in località Piandratì e nell'area urbana del capoluogo in corrispondenza dell'area di conoide fluviale.

L'ubicazione delle prove è riportata nella nuova Carta delle indagini di supporto allo studio di MS, i relativi certificati nel database ad essa collegato (2018PSH01, 2018HVSR01, 2018HVSR02).

11.3.5 Analisi di RSL (capoluogo)

Le sezioni geologico-tecniche allegate allo studio di livello 1 sono state reinterpretate e implementate alla luce delle nuove conoscenze, assegnando a ciascuna unità sismo-stratigrafica presente nel sottosuolo un valore caratteristico di Vs, Vp (tabella 11.3.5.1): per la sua determinazione è stato scelto il criterio del valore medio tra i dati ricavati dalle indagini sismiche sul territorio (il coefficiente di Poisson e il peso di volume sono stati assegnati seguendo le indicazioni di letteratura).

Tabella 11.3.5.1

Valori di Vp e Vs (m/sec) per le unità sismo stratigrafiche presenti nell'area del capoluogo

sigla sezione	FAL3			FAL5			VIC		
sigla CARG	FAL3			FAL5			VIC		
parametro	Vp	Vs	γ	Vp	Vs	γ	Vp	Vs	γ
MEDIA	3097	1396	20	2919	1034	20	3583	1451	21
sigla sezione	dt			al			c		
sigla CARG	a			SIV1/SIV3			m		
parametro	Vp	Vs	γ	Vp	Vs	γ	Vp	Vs	γ
MEDIA	780	276	18	1246	388	18	1800	380	19

Sulle cinque sezioni (figura 11.3.5.1) sono state quindi svolte dai tecnici del Servizio Sismico Regionale analisi bidimensionali di risposta sismica locale in termini di fattore di amplificazione FA negli intervalli di periodo 0,1-0,5 sec / 0,4-0,8 sec / 0,7-1,1 sec per input sismico con $T_r=475$ anni. Le analisi sono state quindi implementate anche per input sismico con $T_r=50$ anni in ottemperanza alle indicazioni del nuovo regolamento regionale 5R/2020.

Nella figura 11.3.5.2 sono rappresentate graficamente le sezioni modellate e i risultati ottenuti. Come verificato in precedenti studi di MS3 in Toscana settentrionale, i fattori di amplificazione insistenti su medesimi periodi spettrali mostrano un andamento simile. Inoltre i fattori di amplificazione calcolati su bassi periodi tendono ad essere più cautelativi; pertanto si è deciso di adottare per la stesura della carta di MS3 un criterio cautelativo basato sulla definizione del fattore FA (0.1s-0.5s).

Tracce delle sezioni geologico-tecniche utilizzate per le analisi RSL e nodi di verifica del FA



Figura 11.3.5.2
Sezioni modellate e risultati analisi RSL (Tr=475 anni)

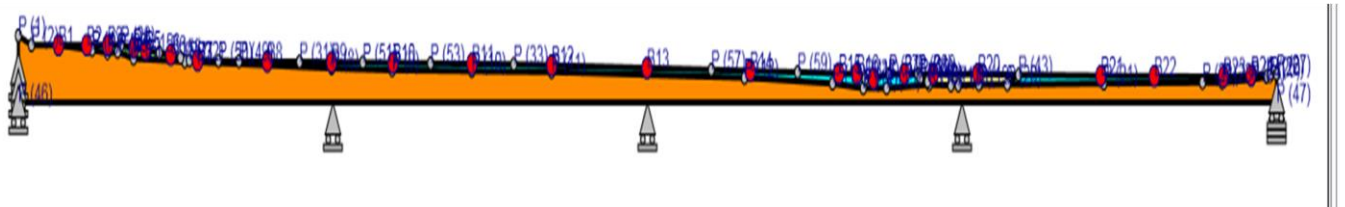
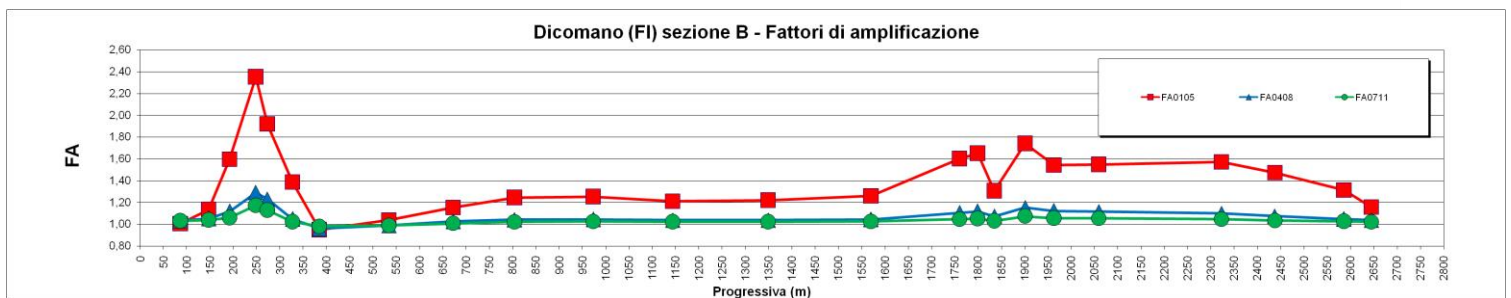
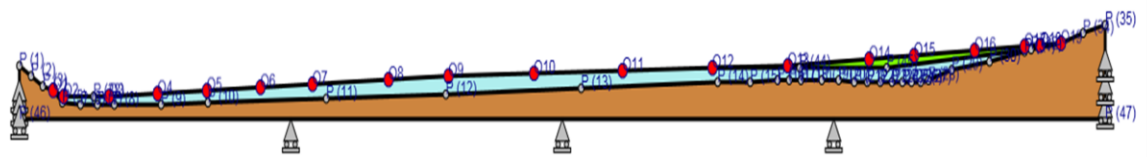
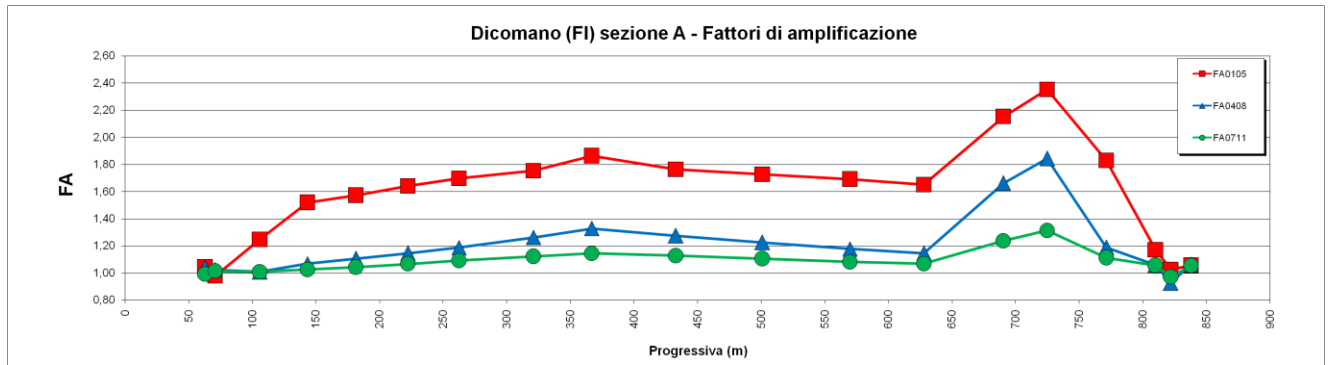
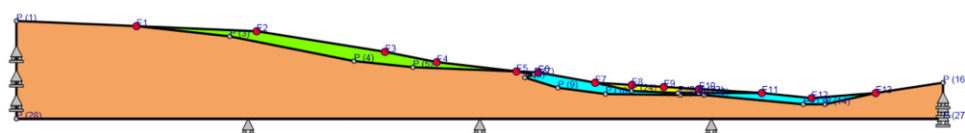
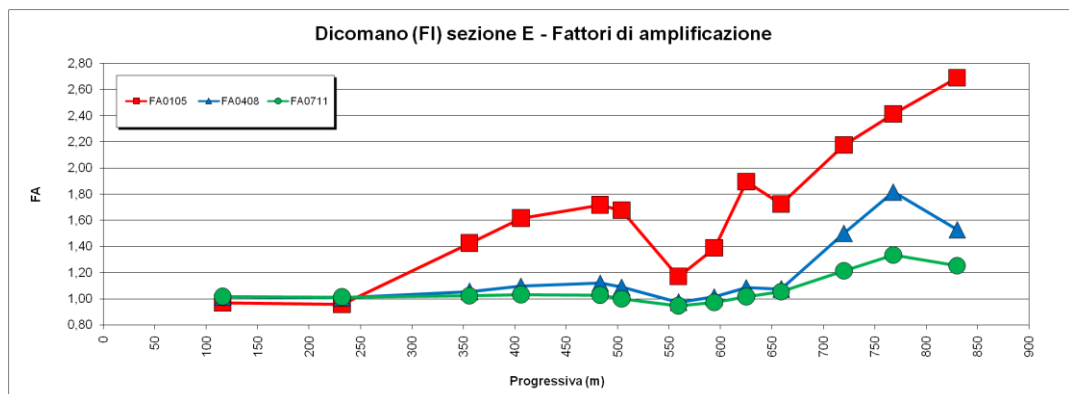
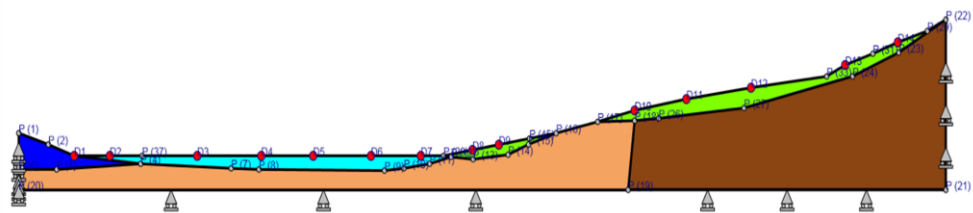
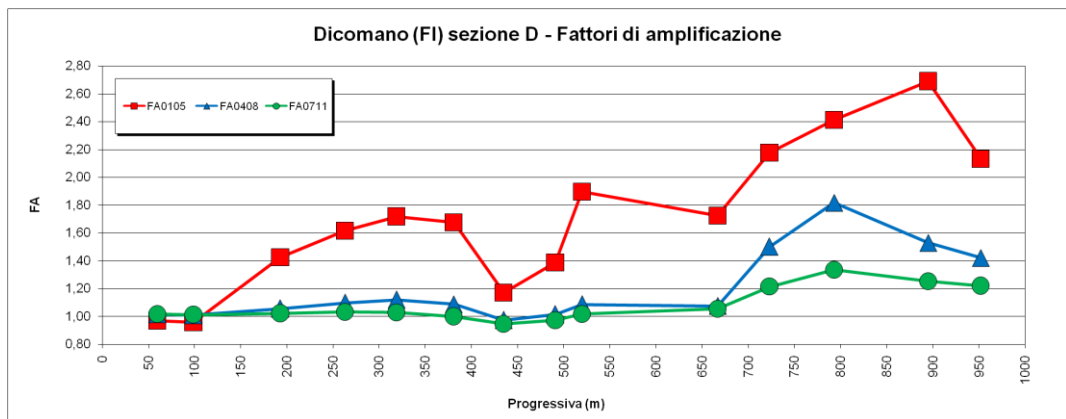
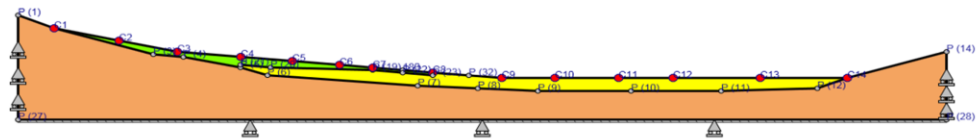
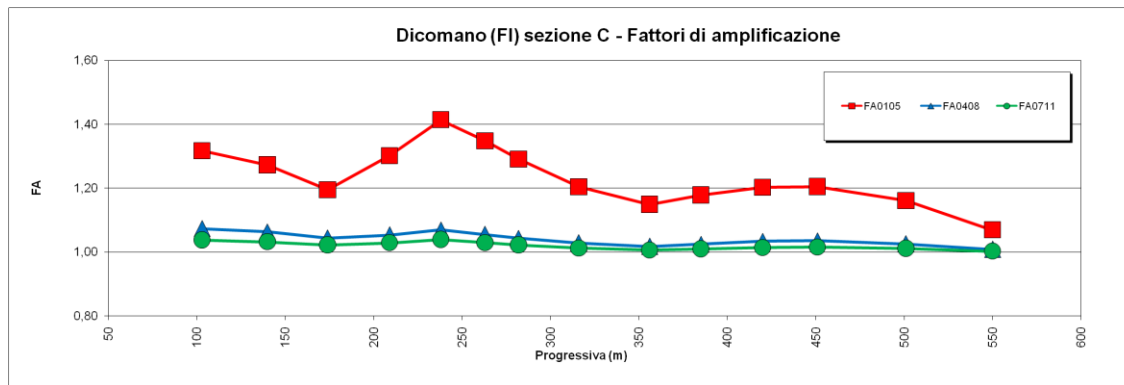


Figura 11.3.5.2

Sezioni modellate e risultati analisi RSL (Tr=475 anni)



11.3.6 La carta di Microzonazione Sismica (Livello 3)

I risultati in termini di FA, desunti dalle analisi 2D effettuate in corrispondenza delle sezioni geologico-tecniche rappresentative del modello di sottosuolo ed opportunamente confrontate con le omologhe analisi in contesto monodimensionale, sono stati estesi arealmente mediante l'ausilio combinato della cartografia geologico-tecnica e della cartografia MOPS del capoluogo.

Il modello logico su cui si è basata l'estrapolazione areale dei dati di amplificazione, per l'area interessata dalla redazione di cartografia di microzonazione sismica di livello 3, è stato il seguente:

1. rappresentazione su mappa di tutti i punti di output delle modellazioni dinamiche effettuate, con il relativo valore di FA calcolati negli intervalli di periodo richiesti da ICMS: 0,4-0,7 sec e 0,7-1,1 sec, oltre che nell'intervallo 0,1-0,5 sec considerato di particolare significatività per quanto riguarda l'interazione con le strutture in elevazione;
2. individuazione del modello geologico-tecnico alla base di ogni valore di FA desunto;
3. identificazione sulle cartografie tematiche esistenti (in particolare geologico-tecnico e MOPS) di analoghe condizioni geologico-tecniche su aree in cui non sono disponibili analisi di risposta sismica per assenza di dati di base;
4. raggruppamento di situazioni tipologiche ed amplificative similari mediante la discretizzazione dell'area in classi distinte da differenti intervalli di FA.

Ne risulta una Carta di microzonazione sismica di livello 3 in cui ognuna delle microzone individuate presenta, oltre che un valore simile in termini di fattore di amplificazione, anche un valore omogeneo del "tipo_z", ovvero delle caratteristiche stratigrafiche medie della microzona. A ciascuna microzona, individuata con una lettera progressiva maiuscola (es. "microzona C"), viene quindi associato uno spettro medio e uno spettro caratteristico in termini di SLV e SLD (tempo di ritorno pari a 475 e 50 anni). Gli spettri per ciascuna microzona sono resi disponibili e consultabili nella Appendice 3 del quadro conoscitivo del PSI.

Per le aree instabili, oltre ad una omogenea condizione geologica di base, viene indicato (in coerenza con i vigenti standard nazionali) anche il parametro relativo all'amplificazione sismica.

Per ogni microzona, sia appartenente alle aree stabili, sia relativa alle aree instabili, sono stati calcolati gli spettri di risposta medi in termini di PGA e restituiti secondo le procedure indicate dagli standard nazionali. Gli spettri medi sono stati calcolati mediando gli spettri di risposta relativi ai nodi di output contenuti nella singola microzona.

Sulla base di quanto illustrato la carta permette di discretizzare l'area in esame sulla base delle seguenti classi definite dagli standard ICMS:

ZONE STABILI (FA =1): include le aree di affioramento del substrato sismico anche con pendenze >15°.

ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI

ZONA 1 (FA=1.1-1.2)

ZONA 2 (FA=1.3-1.4)

ZONA 3 (FA=1.5-1.6)

ZONA 4 (FA=1.7-1.8)

ZONA 5 (FA=1.9-2.0)

ZONA 6 (FA=2.1-2.2)

ZONA 7 (FA=2.3-2.4)

ZONA 8 (FA=2.5-3.0).

In generale le aree alluvionali di fondovalle presentano valori di FA compresi tra 1.5 e 2.0, passanti a valori superiori a 2 per le zone di bordo caratterizzate da depositi detritici e di versante. Le aree instabili per frana quiescente o attiva presentano invece i valori massimi di FA, compresi tra 2.4 e 2.7.

La carta viene presentata in termini di FA nell'intervallo di periodo 0,1-0,5 sec, risultato il più cautelativo tra quelli calcolati, e segnala anche la sigla di ciascuna microzona da cui è possibile risalire agli spettri corrispondenti.

11.4 Firenzuola

Gli studi di MS di livello 1 e 3 sono stati svolti da RT nell'anno 2013. La struttura regionale si è a sua volta avvalsa della collaborazione dell'Università di Firenze per le analisi di risposta sismica locale bidimensionali sull'area del Capoluogo, unica area con approfondimenti di livello 3. Le frazioni originariamente studiate con MS livello 1 sono: Bruscoli, Cornacchiaia, Covigliaio, Piancaldoli, Pietramala, San Pellegrino e Traversa.

Nell'ambito della redazione del nuovo quadro conoscitivo in materia sismica per il PSI, gli studi esistenti sono stati validati e aggiornati per quanto concerne la conformità agli standard ICMS vigenti (v4.0b), con particolare riferimento alla codifica e alla perimetrazione delle zone instabili - oggetto di attenta revisione in sede di indagine geomorfologica per il quadro conoscitivo del nuovo PSI - e alla compilazione del database delle indagini.

Quest'ultimo è stato inoltre aggiornato secondo i criteri e le modalità descritte al cap.4. Le analisi di RSL eseguite per la MS di livello 3 sono state anch'esse adeguate ed implementate per input sismico con $T_r=475$ e 50 anni, in ottemperanza alle indicazioni del nuovo regolamento regionale 5R/2020, e per FA negli intervalli di periodo previsti dagli standard attuali ICMS (0,1-0,5 sec, 0,4-0,8 sec, 0,7-1,1 sec).

Inoltre, al fine di estendere l'area di studio di MS livello 1 alla zona artigianale/industriale presente nel fondovalle del Santerno tra Firenzuola e Cornacchiaia e pervenire a una carta MOPS senza soluzioni di continuità, sono state eseguite n.4 nuove misure di microtremore sismico a stazione singola, la cui ubicazione è riportata nella nuova Carta delle indagini e i relativi certificati (elaborazioni HVSR) nel database associato (2018HVSR09, 2018HVSR10, 2018HVSR11, 2018HVSR12).

Successivamente, richiesta del Genio Civile gli studi di MS livello 1 sono stati estesi ad altre 5 frazioni, indagate mediante misure di microtremore a stazione sismica:

- Rifredo: n.2 misure HVSR (Rifredo_hvsr1, Rifredo_hvsr2);
- Casanuova n.2 misure HVSR (Casanuova_hvsr1, Casanuova_hvsr2);
- Caselle n.2 misure HVSR (Caselle_hvsr1, Caselle_hvsr2);
- Le Valli n.2 misure HVSR (le valli_hvsr1, le valli_hvsr2);
- Pagnana n.2 misure HVSR (Pagnana_hvsr1, Pagnana_hvsr2);

la cui ubicazione è riportata nella nuova Carta delle indagini e i relativi certificati (elaborazioni HVSR) nel database associato.

Dal lavoro di adeguamento e implementazione derivano quindi nuove carte MOPS e MS3, oltre a un aggiornamento della Carta delle Indagini e della Carta geologico-tecnica.

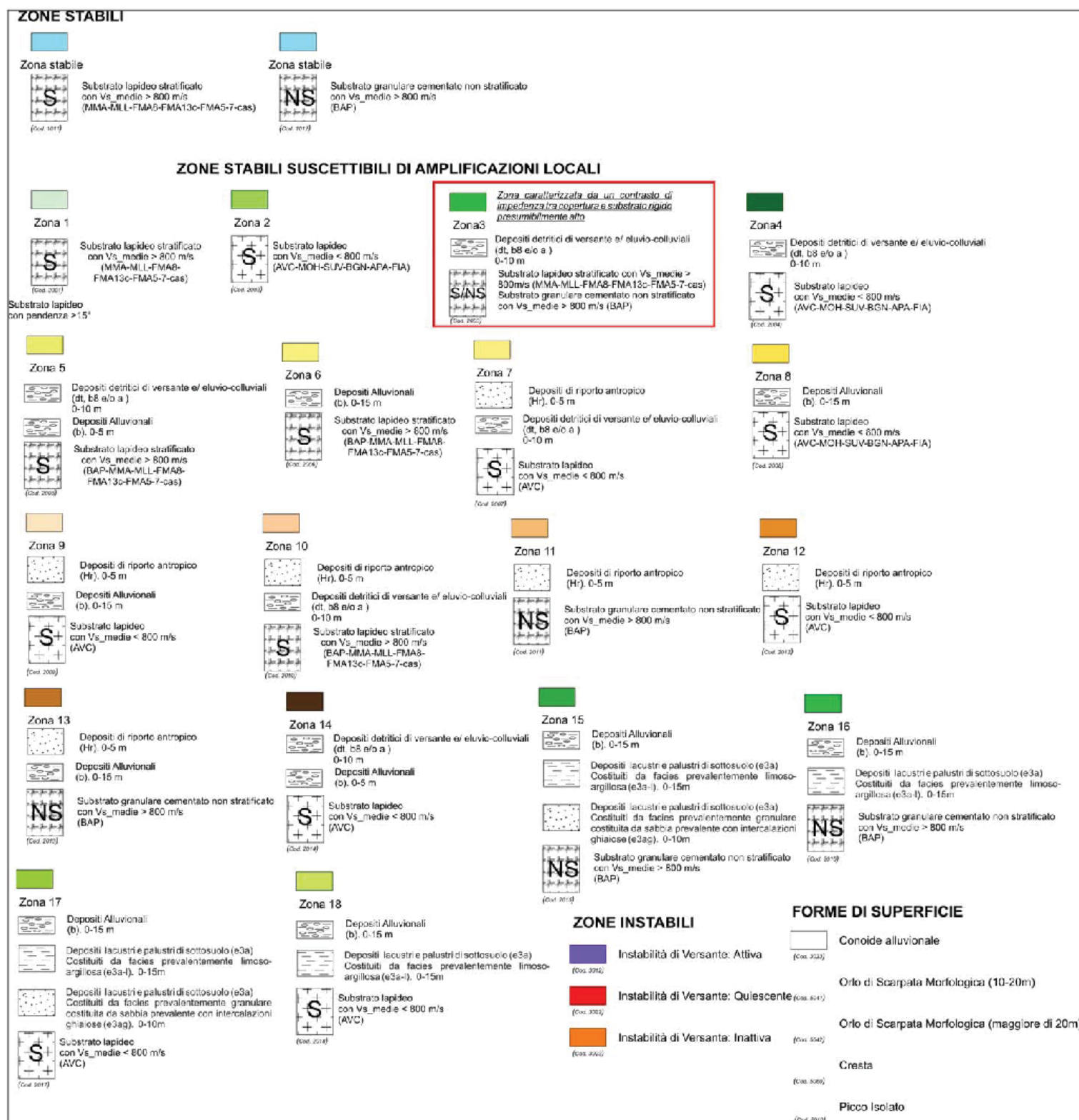
Per i dettagli si rimanda alla relazione illustrativa degli studi MS1/MS3 esistenti, già parte dei vigenti SU comunali e inseriti nel quadro conoscitivo del PSI come allegato, da cui si estrae la legenda della Carta MOPS riportata nella figura seguente che non risulta modificata alla luce delle integrazioni descritte.

Per ogni microzona, sia appartenente alle aree stabili, sia relativa alle aree instabili, sono stati calcolati gli spettri di risposta medi in termini di PGA e restituiti secondo le procedure indicate dagli standard nazionali.

Gli spettri medi sono stati calcolati mediando gli spettri di risposta relativi ai nodi di output contenuti nella singola microzona.

La carta di MS viene presentata sia in termini di FA nell'intervallo di periodo 0,1-0,5 sec che in termini di FA massimo tra quelli calcolati negli intervalli di integrazione richiesti dagli standard ICMS, e segnala anche la sigla di ciascuna microzona da cui è possibile risalire agli spettri corrispondenti.

Figura 11.4.1
Legenda Carta MOPS



11.5 Marradi

Gli studi di MS di livello 1 sono stati svolti da TellUs nell'anno 2012 per le aree del Capoluogo, comprese le frazioni di S.Adriano e di Popolano, e di Crespino del Lamone.

Gli approfondimenti per il quadro conoscitivo del PSI hanno previsto lo studio di livello 3 per il Capoluogo, senza realizzazione di nuove indagini geofisiche di superficie perché il modello geologico-sismico di riferimento è stato giudicato sufficientemente approfondito per l'intero areale.

11.5.1 Dati geotecnici e geofisici di base

Le indagini di tipo geologico, geotecnico e geofisico esistenti per il Comune di Marradi sono state estrapolate dai seguenti archivi:

- dati geologici, geotecnici e geofisici acquisiti con il Programma VEL;
- dati desunti dal quadro conoscitivo del Piano Strutturale Comunale;
- dati forniti da professionisti operanti sul territorio;
- dati derivanti dalla campagna di indagine geofisica direttamente condotta dal Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli studi di Firenze;

La società TellUs ha provveduto ad integrare i dati esistenti con le seguenti indagini:

- n° 35 misure di microtremore a stazione singola
- n° 7 profili sismici a rifrazione onde P e S

L'insieme dei dati raccolti, ha permesso di disporre di un totale di oltre 140 dati riassunti nella tabella 3.5.1.1 seguente e riportati nella Carta delle Indagini oltre che nel database ad essa collegato.

Tabella 11.5.1.1

Bancadati delle indagini geologiche e geofisiche dello studio MS1

Descrizione prove	quantità
Prove penetrometriche dinamiche leggere	12
Prove penetrometriche dinamiche pesanti	3
Prove penetrometriche statiche con punta meccanica	11
Trincee geognostiche	8
Sondaggio a rotazione	8
Down Hole	4
Prospezione sismica MASW	2
Profilo sismico a rifrazione onde p e s	21
HVSR Microtremore a stazione singola	37
HVSR Microtremore da stazione sismometrica	36

11.5.2 Gli elaborati di MS1

Per ogni area esaminata (capoluogo e Crespino), lo studio di microzonazione sismica livello 1 è costituito dai seguenti elaborati:

- Carta delle indagini con allegato database geografico in formato digitale

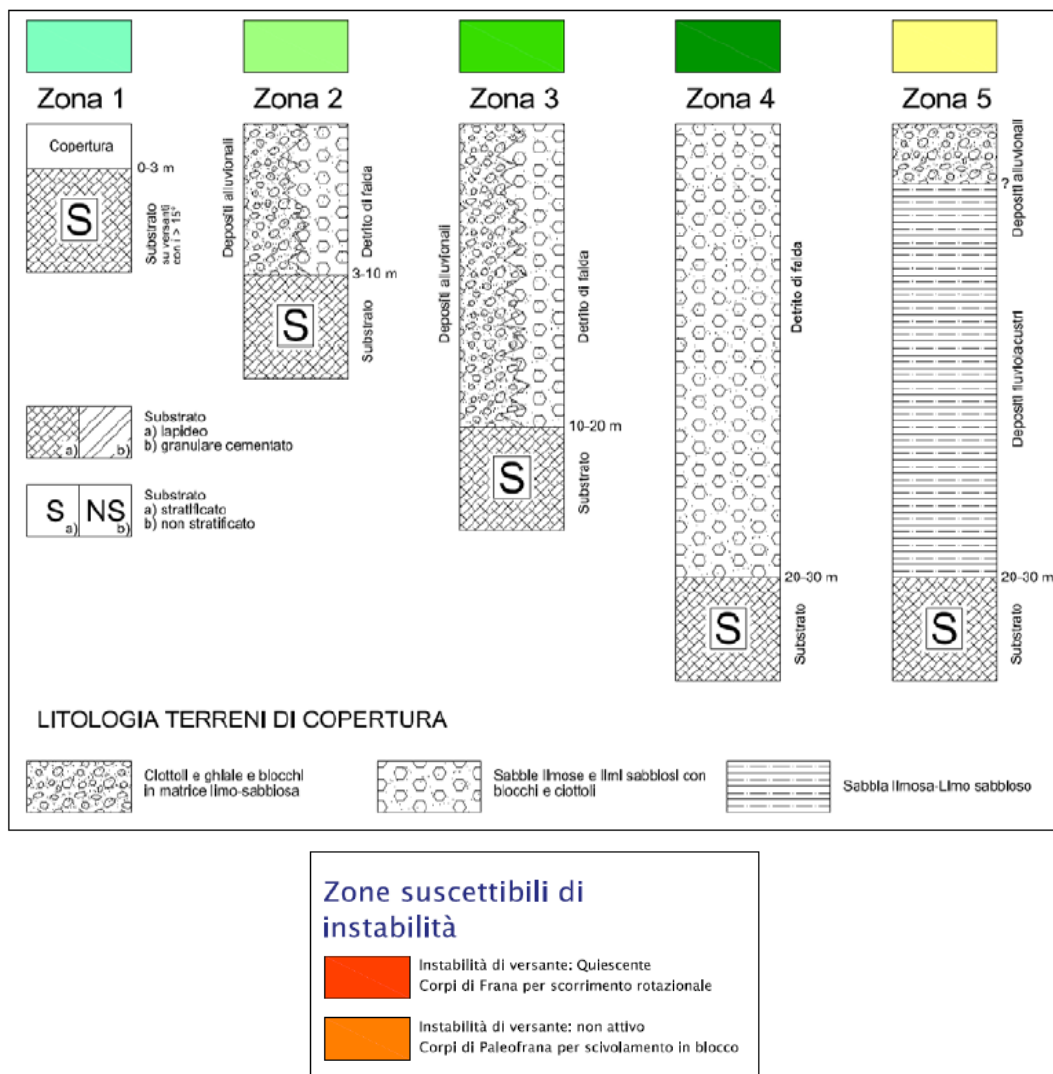
- Carta geologica
 - Carta geomorfologica
 - Sezioni geologiche
 - Carta delle frequenze fondamentali dei depositi
 - Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica
- corredata dalla Relazione illustrativa sugli studi eseguiti.
- La scala di rappresentazione è pari a 1:10.000.

11.5.3 La carta delle MOPS (Livello 1)

Essa individua qualitativamente e grossolanamente la geometria delle aree potenzialmente caratterizzate da specifici effetti sismici locali. Le analisi effettuate hanno consentito di individuare nel territorio esaminato le **zone stabili suscettibili di amplificazioni locali** riportate in figura 11.5.3.1 e nella legenda della Carta delle MOPS.

Figura 11.5.3.1

Legenda Carta MOPS



La **zona 1** ricomprende prevalentemente settori del territorio caratterizzati da scarsa copertura del substrato lapideo stratificato (compresa tra 0 e 3 metri), in cui sono attese amplificazioni del moto sismico come effetto della situazione morfologica locale caratterizzata da versanti con inclinazione maggiore di 15°.

Le zone 2, 3 e 4 rappresentano invece settori nei quali l'amplificazione del moto sismico è legato alle condizioni litostratigrafiche, ed in particolare alla presenza di una copertura detritica al substrato rigido, con alto contrasto di impedenza sismica con velocità delle onde di taglio mediamente di circa 400 m/s e valori minimi di 200 m/s, mentre il substrato sismico ha mediamente velocità V_s pari a circa 1200-1300 m/s.

La **zona 2** in particolare è caratterizzata da spessori di copertura al substrato compresi tra 3 e 10 metri, litologicamente rappresentati da depositi alluvionali prevalentemente ghiaiosi e depositi detritici di falda. La **zona 3** si differenzia dalla zona 2 esclusivamente per lo spessore dei depositi di copertura che sono compresi tra 10 e 20 metri, e costituiscono prevalentemente delle fasce parallele al corso del fiume Lamone, particolarmente estese nella zona meridionale del territorio tra Sant'Adriano e Marradi.

La **zona 4** è localizzata esclusivamente su un corpo detritico di falda ubicato immediatamente a sud-Ovest di Sant'Adriano, e presenta coperture con spessori compresi tra 20 e 20 metri.

La **zona 5** individua un settore particolare del fondovalle nella frazione di Crespino del Lamone, dove le analisi geologiche e geofisiche hanno evidenziato la presenza di elevati spessori di copertura del substrato (compresi tra 20 e 30 metri), e costituiti da depositi alluvionali superficiali grossolani di spessore indefinito, collocati al disopra di depositi fluviolacustri a bassa velocità delle onde di taglio. Tale situazione stratigrafica è anche confermata dai risultati delle indagini HVSR e evidenzia possibili alti contrasti di impedenza sismica.

Nella cartografia sono inoltre individuate **le zone suscettibili di instabilità**, nelle quali gli effetti sismici attesi e predominanti sono riconducibili a deformazioni permanenti del territorio a cui si devono sommare fenomeni di amplificazione come effetto della situazione litostratigrafica. Tali zone, oggetto di attenta revisione in sede di indagine geomorfologica per il quadro conoscitivo del nuovo PSI, ricomprendono le aree di frana per scorrimenti traslativi e rotazionali quiescenti individuate nel settore di indagine, di cui 4 sono state oggetto di indagini di sismica a rifrazione in onde P e SH, e che hanno evidenziato spessori dei depositi massimi variabili tra 15 e 20 metri, con velocità delle onde di taglio compresi tra 350 e 550 m/s. Tra le zone suscettibili di instabilità è stato inserito il corpo di paleofrana individuato immediatamente a nord di Crespino del Lamone.

11.5.4 Analisi di RSL (capoluogo)

Le sezioni 7 geologico-tecniche allegate allo studio di livello 1 per l'area del capoluogo, tutte ad andamento NO-SE, sono state reinterpretate e integrate con due sezioni longitudinali all'asse della valle; a ciascuna unità sismo-stratigrafica presente nel sottosuolo è stato quindi un valore caratteristico di V_s , V_p (tabella 11.5.4.1): per la sua determinazione è stato scelto il criterio del valore medio tra i dati ricavati dalle indagini sismiche sul territorio (il coefficiente di Poisson e il peso di volume sono stati assegnati seguendo le indicazioni di letteratura).

Tabella 11.5.4.1**Valori di Vp e Vs (m/sec) per le unità sismo stratigrafiche presenti nell'area del capoluogo**

<i>sigla sezione</i>	<i>FMA</i>			<i>dt</i>			<i>al</i>			<i>c</i>		
<i>sigla CARG</i>	<i>FMA</i>			<i>a</i>			<i>b</i>			<i>m</i>		
<i>parametro</i>	<i>Vp</i>	<i>Vs</i>	<i>y</i>	<i>Vp</i>	<i>Vs</i>	<i>y</i>	<i>Vp</i>	<i>Vs</i>	<i>y</i>	<i>Vp</i>	<i>Vs</i>	<i>y</i>
MEDIA	2901	1364	20	896	446	18	996	531	18	1270	548	19

Sulle sezioni (figura 11.5.4.1) sono state quindi svolte dai tecnici del Servizio Sismico Regionale analisi bidimensionali di risposta sismica locale in termini di fattore di amplificazione FA negli intervalli di periodo 0,1-0,5 sec / 0,4-0,8 sec / 0,7-1,1 sec per input sismico con $T_r=475$ anni. Le analisi sono state quindi implementate anche per input sismico con $T_r=50$ anni in ottemperanza alle indicazioni del nuovo regolamento regionale 5R/2020.

Nella figura 11.5.4.2 sono rappresentate graficamente le sezioni modellate e i risultati ottenuti. Ne risulta che, come verificato in precedenti studi di MS3 in Toscana settentrionale, i fattori di amplificazione insistenti su medesimi periodi spettrali mostrano un andamento simile. Inoltre i fattori di amplificazione calcolati su bassi periodi tendono ad essere più cautelativi; pertanto si è deciso di adottare per la stesura della carta di MS3 un criterio cautelativo basato sulla definizione del fattore FA (0.1s-0.5s).

Figura 11.5.4.1

Tracce delle sezioni geologico-tecniche utilizzate per le analisi RSL e nodi di verifica del FA

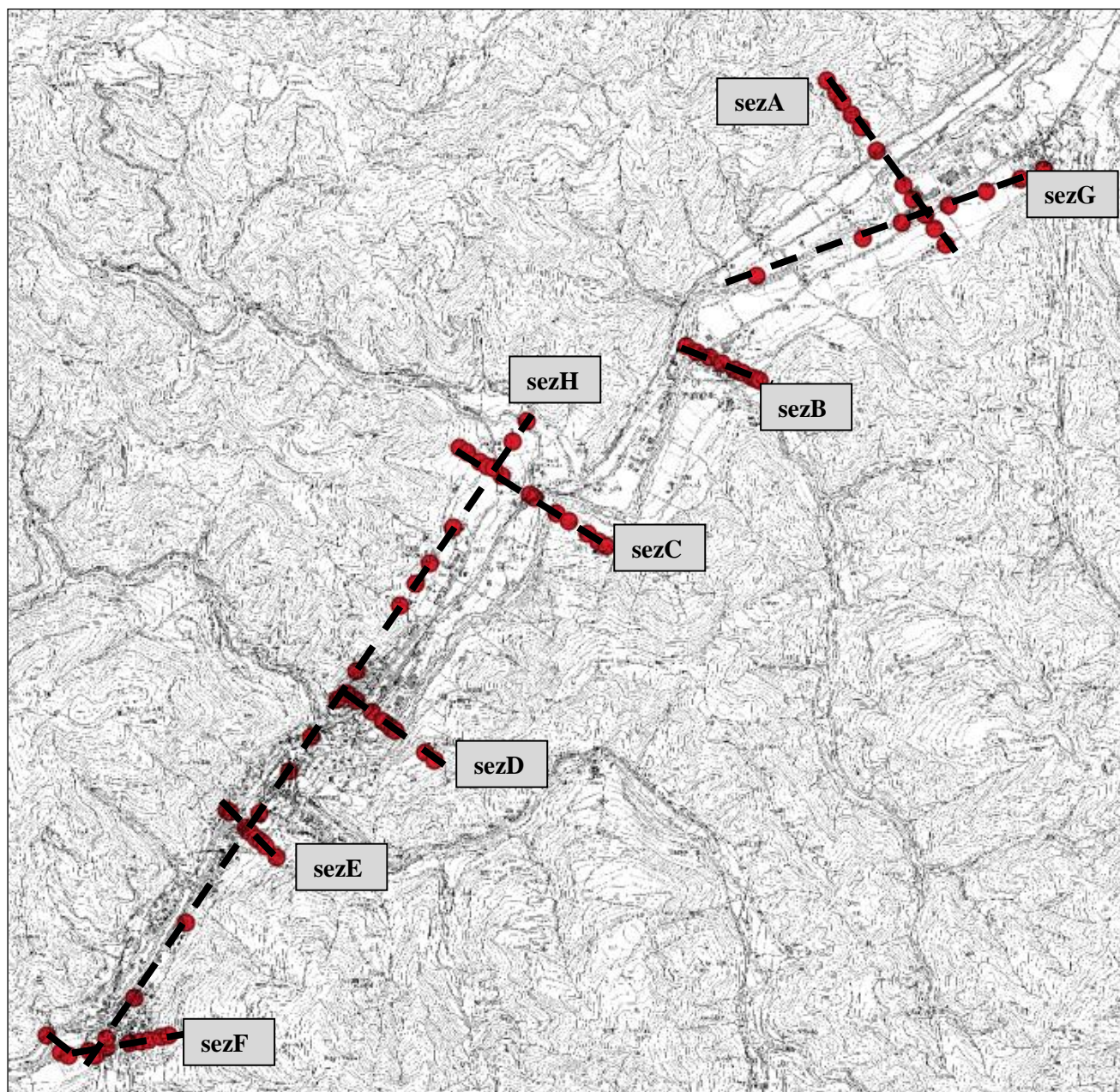


Figura 11.5.4.2
Sezioni modellate e risultati analisi RSL (Tr=475 anni)

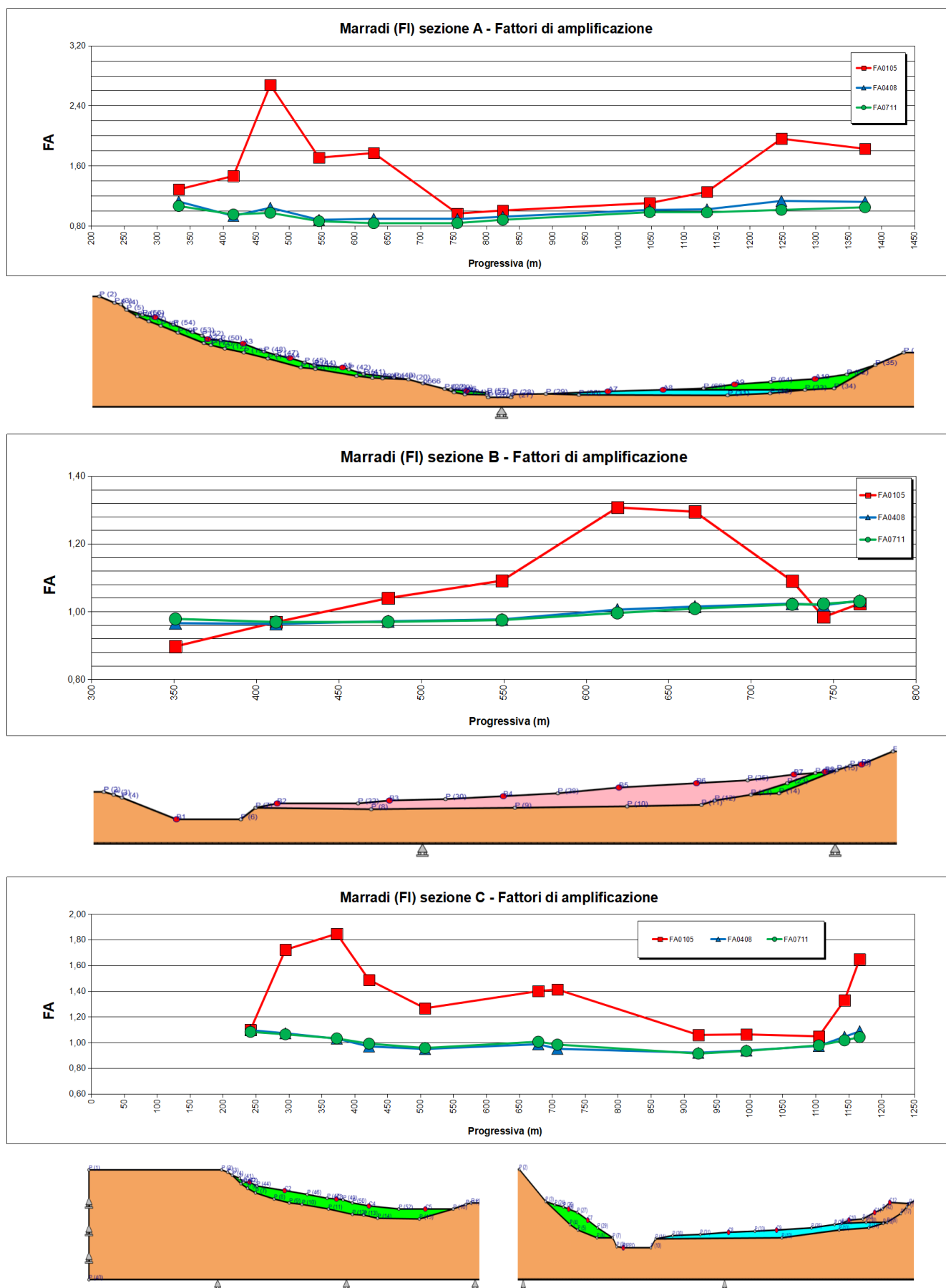


Figura 11.5.4.2

Sezioni modellate e risultati analisi RSL (Tr=475 anni)

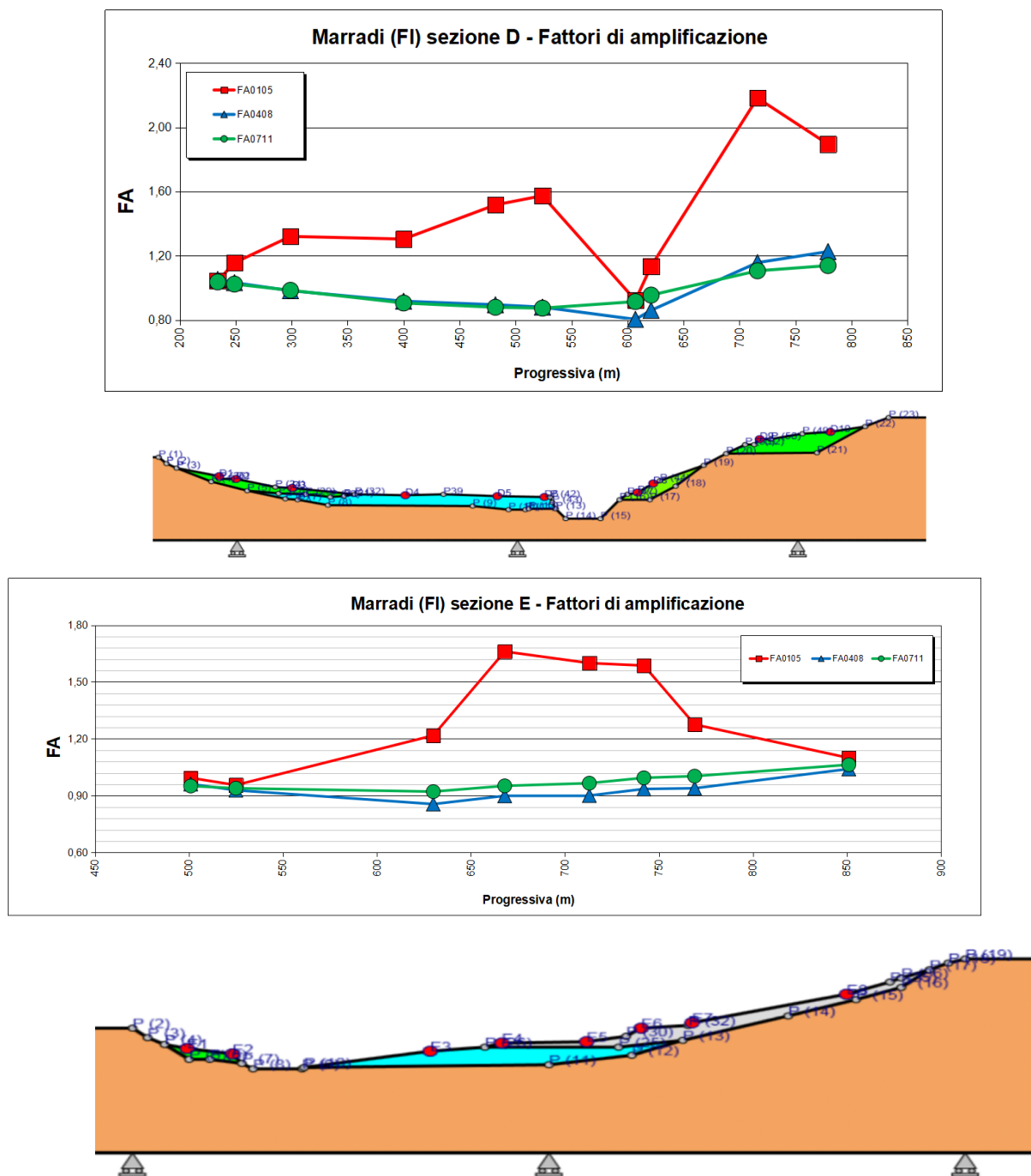
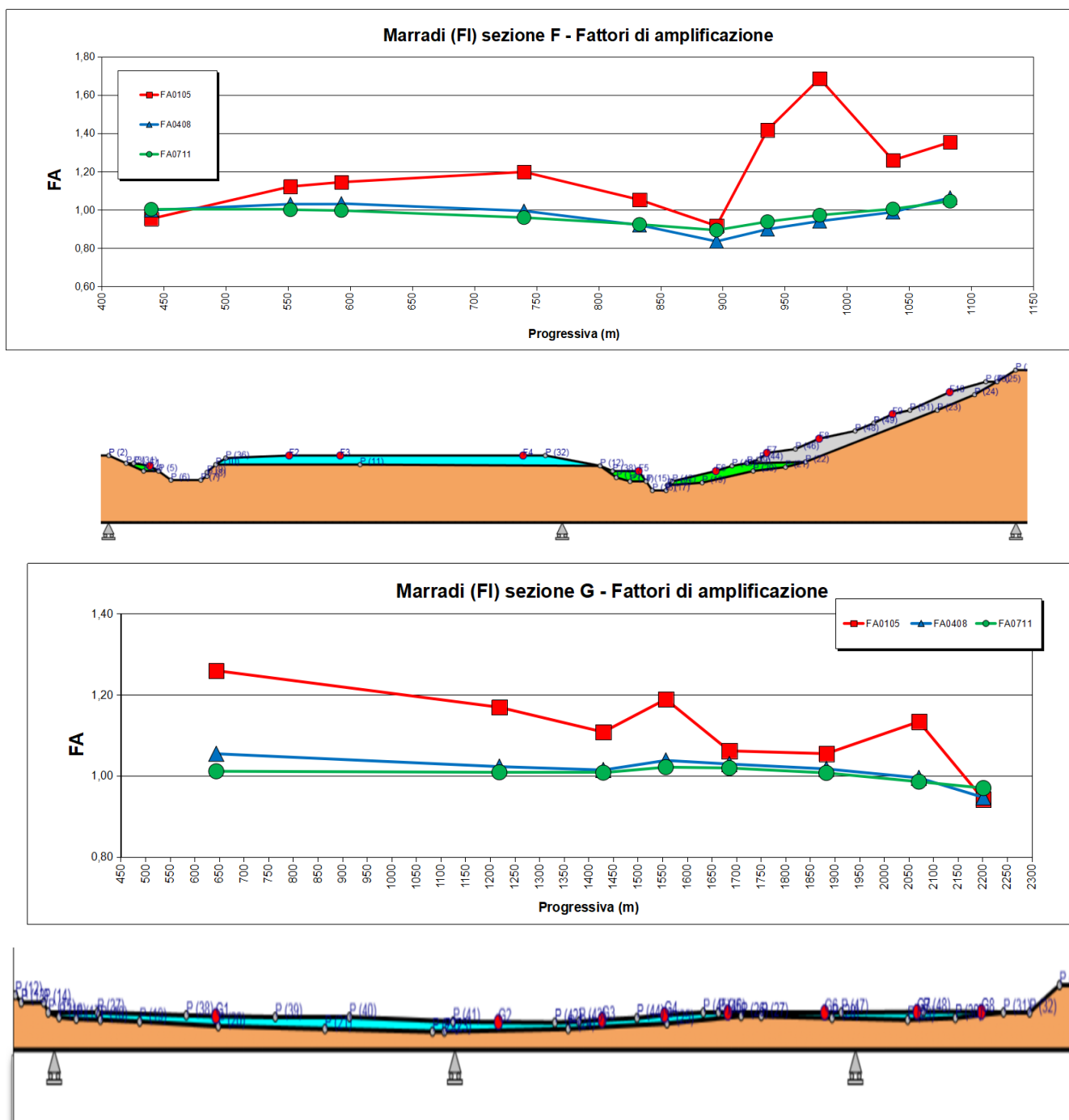


Figura 11.5.4.2

Sezioni modellate e risultati analisi RSL (Tr=475 anni)



11.5.5 La carta di Microzonazione Sismica (Livello 3)

I risultati in termini di FA, desunti dalle analisi 2D effettuate in corrispondenza delle sezioni geologico-tecniche rappresentative del modello di sottosuolo ed opportunamente confrontate con le omologhe analisi in contesto monodimensionale, sono stati estesi arealmente mediante l'ausilio combinato della cartografia geologico-tecnica e della cartografia MOPS del capoluogo.

Il modello logico su cui si è basata l'estrapolazione areale dei dati di amplificazione, per entrambe le aree interessate dalla redazione di cartografie di microzonazione sismica di livello 3, è stato il seguente:

1. rappresentazione su mappa di tutti i punti di output delle modellazioni dinamiche effettuate, con il relativo valore di FA calcolati negli intervalli di periodo richiesti da ICMS: 0,4-0,7 sec e 0,7-1,1 sec, oltre che nell'intervallo 0,1-0,5 sec considerato di particolare significatività per quanto riguarda l'interazione con le strutture in elevazione;
2. individuazione del modello geologico-tecnico alla base di ogni valore di FHa desunto;
3. identificazione sulle cartografie tematiche esistenti (in particolare geologico-tecniche e MOPS) di analoghe condizioni geologico-tecniche su aree in cui non sono disponibili analisi di risposta sismica per assenza di dati di base;
4. raggruppamento di situazioni tipologiche ed amplificative simili mediante la discretizzazione dell'area in classi distinte da differenti intervalli di FA.

Ne risulta una Carta di microzonazione sismica di livello 3 in cui ognuna delle microzone individuate presenta, oltre che un valore simile in termini di fattore di amplificazione, anche un valore omogeneo del "tipo_z", ovvero delle caratteristiche stratigrafiche medie della microzona. A ciascuna microzona, individuata con una lettera progressiva maiuscola (es. "microzona C"), viene quindi associato uno spettro medio e uno spettro caratteristico in termini di SLV e SLD (tempo di ritorno pari a 475 e 50 anni). Gli spettri per ciascuna microzona sono resi disponibili e consultabili nella Appendice 3 del quadro conoscitivo del PSI.

Per le aree instabili, oltre ad una omogenea condizione geologica di base, viene indicato (in coerenza con i vigenti standard nazionali) anche il parametro relativo all'amplificazione sismica.

Per ogni microzona, sia appartenente alle aree stabili, sia relativa alle aree instabili, sono stati calcolati gli spettri di risposta medi in termini di PGA e restituiti secondo le procedure indicate dagli standard nazionali. Gli spettri medi sono stati calcolati mediando gli spettri di risposta relativi ai nodi di output contenuti dalla microzona in esame.

Sulla base di quanto illustrato la carta permette di discretizzare l'area in esame sulla base delle seguenti classi definite dagli standard ICMS:

ZONE STABILI (FA=1): include le aree di affioramento del substrato sismico anche con pendenze >15°.

ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI

ZONA 1 (FA=1.1-1.2)

ZONA 2 (FA=1.3-1.4)

ZONA 3 (FA=1.5-1.6)
ZONA 4 (FA=1.7-1.8)
ZONA 5 (FA=1.9-2.0)
ZONA 6 (FA=2.1-2.2)
ZONA 7 (FA=2.3-2.4)
ZONA 8 (FA=2.5-3.0).

In generale le aree alluvionali di fondovalle presentano valori di $FA < 1,4$ nella zona di Marradi, mentre amplificazioni leggermente più elevate sono attese nella porzione valliva di S.Adriano, dove alcune zone di modesta estensione areale superano valori di 2, in virtù di effetti di bordo valle uniti a particolari assetti stratigrafici locali. Infine le aree instabili per frana quiescente o attiva presentano FA in genere inferiore a 1,7, con rare eccezioni di $FA > 2$.

La carta viene presentata in termini di FA nell'intervallo di periodo 0,1-0,5 sec, risultato il più cautelativo tra quelli analizzati, e segnala anche la sigla di ciascuna microzona da cui è possibile risalire agli spettri corrispondenti.

11.6 Palazzuolo sul Senio

Gli studi di MS di livello 1 e 3 sono stati svolti da RT nell'anno 2012. La struttura regionale si è a sua volta avvalsa della collaborazione dell'Università di Firenze per le analisi di risposta sismica locale bidimensionali sull'area del Capoluogo, unica area con approfondimenti di livello 1 e 3.

Nell'ambito della redazione del nuovo quadro conoscitivo in materia sismica per il PSI, gli studi esistenti sono stati validati e aggiornati per quanto concerne la conformità agli standard ICMS vigenti (v4.0b), con particolare riferimento alla codifica e alla perimetrazione delle zone instabili - oggetto di attenta revisione in sede di indagine geomorfologica per il quadro conoscitivo del nuovo PSI - e alla compilazione del database delle indagini. Quest'ultimo è stato inoltre aggiornato secondo i criteri e le modalità descritte al cap.4. Le analisi di RSL eseguite per la MS di livello 3 sono state anch'esse adeguate ed implementate per input sismico con $T_r=475$ e 50 anni, in ottemperanza alle indicazioni del nuovo regolamento regionale 5R/2020, e per FA negli intervalli di periodo previsti dagli standard attuali ICMS (0,1-0,5 sec, 0,4-0,8 sec, 0,7-1,1 sec).

Dal lavoro di aggiornamento derivano quindi nuove carte MOPS e MS3, oltre a un aggiornamento della Carta delle Indagini e della Carta geologico-tecnica.

Per i dettagli si rimanda alla relazione illustrativa degli studi MS1/MS3 esistenti, già parte dei vigenti SU comunali e inseriti nel quadro conoscitivo del PSI come allegato, da cui si estrae la legenda della Carta MOPS riportata nella figura seguente.

Per ogni microzona, sia appartenente alle aree stabili, sia relativa alle aree instabili, sono stati calcolati gli spettri di risposta medi in termini di PGA e restituiti secondo le procedure indicate dagli standard nazionali. Gli spettri medi sono stati calcolati mediando gli spettri di risposta relativi ai nodi di output contenuti nella singola microzona.

La carta di MS viene presentata in termini di FA nell'intervallo di periodo 0,1-0,5 sec, risultato il più cautelativo tra quelli analizzati, e segnala anche la sigla di ciascuna microzona da cui è possibile risalire agli spettri corrispondenti.

Figura 11.6.1

Legenda Carta MOPS

INFORMAZIONI SUL SUBSTRATO

 	SUBSTRATO (comprese eventuali coperture di alterazione con spessore < 3 m): a) lapideo con $V_{s_medie} > 800$ m/s b) lapideo con $V_{s_medie} < 800$ m/s
 	FORMAZIONI DI RIFERIMENTO a) Formazione Marnoso-Arenacea (FMA 1-2-3-5-8-8a) (alternanza arenarie, peliti e marne in rapporti variabili) b) Slump di Quadalto (qa) (corpo scompaginato intraformazionale alle FMA2)
	SUBSTRATO: a) stratificato b) non stratificato

INFORMAZIONI SUI TERRENI DI COPERTURA

DEPOSITI DETRITICI DI VERSANTE

$a = dt$



Detrito di versante costituito da elementi eterometrici prevalentemente grossolani, dispersi in matrice sabbiosa. ($a=dt$).

DEPOSITI ALLUVIONALI ANTICHI TERRAZZATI E RECENTI

b_1-b_{II}



Ciottolami in matrice limoso-sabbiosa, ghiaie, sabbie e limi (b_1-b_{II}).

ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI

 Zona 1 Substrato lapideo con $V_{s_medie} > 800$ m/s (FMA1-2-3-5-8-8a) (Cod. 2001) Substrato lapideo con pendenza >15°	 Zona 2 Substrato lapideo con $V_{s_medie} < 800$ m/s (Qa) 0-30m Substrato lapideo con $V_{s_medie} > 800$ m/s (FMA3) (Cod. 2002)
 Zona 3 Depositi Alluvionali (b_1-b_{II}) 0-10 m Substrato lapideo con $V_{s_medie} > 800$ m/s (FMA1-2-3-5-8-8a) (Cod. 2003)	 Zona 4 Depositi detritici di versante ($a=dt$) 0-10 m Substrato lapideo con $V_{s_medie} > 800$ m/s (FMA 1-2-3-5-8-8a) (Cod. 2004)
 Zona 5 Depositi Alluvionali (b_1-b_{II}) 0-10 m Substrato lapideo con $V_{s_medie} > 800$ m/s (FMA1-2-3-5-8-8a) (Cod. 2005)	 Zona 5 Depositi detritici di versante ($a=dt$) 0-10 m Substrato lapideo con $V_{s_medie} > 800$ m/s (FMA 1-2-3-5-8-8a) (Cod. 2004)

11.7 Scarperia e San Piero (ex comune di Scarperia e comune di San Piero a Sieve)

Gli studi sismici precedenti sono stati svolti distintamente per i due territori comunali oggi riuniti.

Per il comune di San Piero a Sieve gli studi di MS di livello 1 sono stati svolti dai geol. Capacci, Migliorini e Pileggi nell'anno 2015 per le aree del Capoluogo e di Campomigliaio.

Per il comune di Scarperia gli studi di MS di livello 1 e 3 sono stati svolti da RT nell'anno 2012. La struttura regionale si è a sua volta avvalsa della collaborazione dell'Università di Firenze per le analisi di risposta sismica locale bidimensionali sull'area di Scarperia, dotata di approfondimenti di livello 3. Le frazioni studiate con MS livello 1 sono: Sant'Agata, Marcoiano e Ponzalla.

Gli approfondimenti per il quadro conoscitivo del PSI hanno previsto lo studio di livello 3 per San Piero e l'estensione del livello 1 all'area artigianale ubicata al confine con il territorio di Borgo San Lorenzo, in sinistra idrografica del Fiume Sieve; a tal fine sono state realizzate nuove indagini geofisiche di superficie (sismica a rifrazione e misure passive di rumore sismico).

Inoltre, le analisi di RSL per l'area di Scarperia sono state oggetto di adeguamento agli standard vigenti per quanto concerne gli intervalli di calcolo del fattore di amplificazione FA per la parte del capoluogo oggetto di MS livello 3.

Gli studi esistenti, aggiornati ed integrati come descritto, sono stati infine riuniti in un unico studio di microzonazione uniformando modelli, banche dati e legende.

11.7.1 Dati geotecnici e geofisici di base

Le indagini associate agli strumenti urbanistici del Comune di Scarperia e San Piero, oltre a quelle realizzate per il programma VEL, hanno permesso di delineare un quadro conoscitivo preliminare del territorio finalizzato alla successiva realizzazione del modello geologico di riferimento (come previsto dagli approfondimenti di I livello della MS). In dettaglio, è stato possibile consultare n.103 prove di tipo geotecnico e n. 5 prove di tipo geofisico, che sono state successivamente integrate con 61 ulteriori prove sismiche raggiungendo un totale di n.169 indagini disponibili, rappresentate nella Carta delle Indagini e nel geodatabase correlato.

11.7.2 Nuove indagini geofisiche

Al fine di migliorare la ricostruzione del modello geologico-sismico locale realizzato per gli studi di MS1, estendendo anche le conoscenze a aree limitrofe, la fase di approfondimento del quadro conoscitivo per il nuovo PSI ha visto la realizzazione di n.2 stendimenti in sismica passiva con antenna 2d (2018ESAC01, 2018ESAC02) ubicati a nord-est del centro abitato di San Piero, e di n.4 misure di microtremore a stazione singola delle quali due nelle vicinanze delle prove ESAC (2018HVSR03, 2018HVSR04) e due nella zona artigianale al confine con Borgo S. Lorenzo (2018HVSR07, 2018HVSR08).

L'ubicazione delle prove è riportata nella nuova Carta delle indagini di supporto allo studio di MS, i relativi certificati nel database ad essa collegato.

11.7.3 Gli elaborati di MS1

Per ogni area esaminata Scarperia, San Piero e 4 frazioni lo studio di microzonazione sismica livello 1 è costituito dai seguenti elaborati:

- Carta delle indagini con allegato database geografico in formato digitale
- Carta geologica-geomorfologica
- Carta geologico-tecnica
- Sezioni litotecniche
- Carta delle frequenze fondamentali dei depositi
- Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica

Per quanto riguarda le Relazioni illustrative originarie sugli studi eseguiti, si è scelto di mantenerle separate.

La scala di rappresentazione è pari a 1:10.000.

11.7.4 La carta delle MOPS (Livello 1)

Essa individua qualitativamente e grossolanamente la geometria delle aree potenzialmente caratterizzate da specifici effetti sismici locali.

Partendo dalla suddivisione in microzone operate per i due comuni negli esistenti studi di MS liv.1, è stata creata una nuova legenda che tenesse conto di un nuovo modello geologico del sottosuolo unitario per il territorio comunale, apportando quindi alcune modifiche alle colonne sismo-stratigrafiche proposte per gli studi precedenti.

In particolare si segnala che, con eccezione della zona di Ponzalla e marginalmente Marcoiano, all'interno del territorio in studio non sono state riscontrate microzone che è possibile definire stabili. Questo è dovuto sia alle elevate pendenze ($>15^\circ$) delle aree pre-appenniniche sia in particolare al fatto che anche in situazioni di substrato geologico affiorante le registrazioni a stazione singola individuano, comunque, possibili risonanze.

Sono state quindi individuate 21 zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, descritte brevemente di seguito (tabella 11.7.4.1). L'area artigianale di nuovo studio si inserisce nella zona 10.

Come già sottolineato, le elevate pendenze medie dei rilievi montuosi e collinari delle aree in esame rendono estremamente limitate le zone stabili, attribuendo di conseguenza la maggior parte della porzioni di territorio con bedrock affiorante a "zona stabile suscettibile di amplificazione per effetti topografici" (**zona 1**); tale zona è diffusamente presente sui rilievi che bordano Campomigliaio e nella parte settentrionale del comune (Marcoiano e Ponzalla).

Altrove (**zona 2**), la presenza di contrasti di impedenza tra orizzonti litoidi a diversa velocità sismica rende ugualmente possibili fenomeni di amplificazione.

Le restanti porzioni di territorio oggetto di MS risultano caratterizzate da spessori più o meno elevati di coperture sciolte; la dettagliata ricostruzione del modello del sottosuolo ha permesso di individuare altre 19 zone stabili suscettibili di amplificazione sismica per contrasto di impedenza tra substrato e coperture (**zona**

3 – zona 21), differenziate tra loro sulla base della successione sismo-stratigrafica, degli spessori e dei valori di velocità V_s dei vari orizzonti in cui si distinguono essenzialmente depositi alluvionali, depositi fluvio-lacustri di conoide e depositi lacustri prevalentemente coesivi.

Inoltre, particolare attenzione viene dedicata alle **zone instabili**, in cui sono annoverate tutte le aree di instabilità di versante suddivise tra frane attive e frane quiescenti, oggetto di attenta revisione in sede di indagine geomorfologica per il quadro conoscitivo del nuovo PSI. La tipologia predominante di movimento è lo scorrimento rotazionale.

Tra le zone instabili, da segnalare la presenza in carta di una ampia **zona di attenzione per liquefazione** dinamica ubicata nel fondovalle della Sieve, su entrambe le sponde, a nord di San Piero.

La descrizione dettagliata delle zone sismiche è riportata nella legenda della Carta MOPS e in sintesi nella tabella 11.7.4.1.

Tabella 11.7.4.1

Legenda Carta MOPS

ZONE STABILI



Zona stabile



(Cod. 1011)

Substrato lapideo
con $V_{s_medie} > 800$ m/s
(AQR - MLL)



SUBSTRATO:
a) stratificato
b) non stratificato

ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI



Zona 1



(Cod. 2001)

Substrato lapideo
con $V_{s_medie} > 800$ m/s
(AQR - MLL)

Substrato lapideo
con pendenza $> 15^\circ$



Zona 2



(Cod. 2002)

Substrato lapideo
con $V_{s_medie} < 800$ m/s
(MVV - SILL)
0-30m

Substrato lapideo
con $V_{s_medie} > 800$ m/s
(AQR - MLL)



ZONA 3

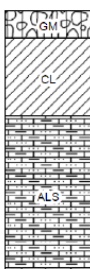


Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo
0-10 m

Substrato geologico alternanza di litotipi stratificato



ZONA 4



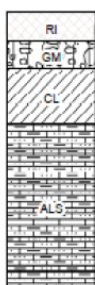
Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo 0-5m

Argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille
ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre 0-20m

Substrato geologico alternanza di litotipi stratificato



ZONA 5



Terreni contenenti resti di attività antropica 0-5m

Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo 2-5m

Argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille
ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre 5-20m

Substrato geologico alternanza di litotipi stratificato



ZONA 6



Argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille
ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre 0-15m

Substrato geologico alternanza di litotipi stratificato



ZONA 7



Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo 0-20 m

Lapideo stratificato



ZONA 8



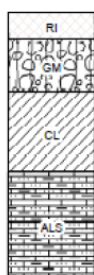
Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo 0-15m

Argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre 15-30m

Substrato geologico alternanza di litotipi stratificato



ZONA 9



Terreni contenenti resti di attività antropica 0-5m

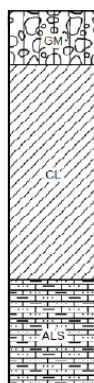
Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo 2-15m

Argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre 15-30m

Substrato geologico alternanza di litotipi stratificato



ZONA 10



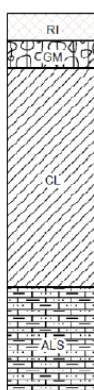
Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo 0-10m

Argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre da 30 m a > 50 m

Substrato geologico alternanza di litotipi stratificato



ZONA 11



Terreni contenenti resti di attività antropica 0-5m

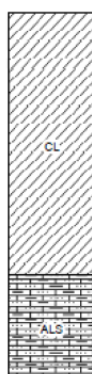
Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo 2-10m

Argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre da 30 m a > 50 m

Substrato geologico alternanza di litotipi stratificato



ZONA 12



Argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre >50m

Substrato geologico alternanza di litotipi stratificato



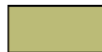
ZONA 13



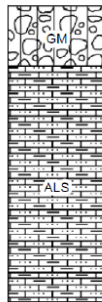
Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo
0-10 m

Alterazione Lapideo stratificato
8-10 m

Lapideo stratificato



ZONA 14

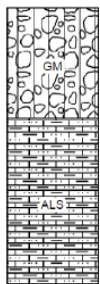


Ghiaie e ciottoli, miscela di ciottoli, ghiaie,
limo di conoide alluvionale 0 - 10 m

Substrato geologico alternanza di litotipi
stratificato



ZONA 15



Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo
10-20 m

Substrato geologico alternanza di litotipi stratificato



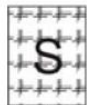
ZONA 16



Depositi Alluvionali
(SIV). 0-15 m



Argille, lacustri, siltose talora marnose e
lignitifere. Locali intercalazioni di sabbie e ghiaie.
(MGO1-a1 e MGO2-a2). 0-250m



Substrato lapideo
con $Vs_medie > 800$ m/s
(FAL)



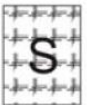
ZONA 17



Depositi detritici e/o eluvio-colluviali di versante
(a=dt; b_s). 0-15 m



Argille, lacustri, siltose talora marnose e
lignitifere. Locali intercalazioni di sabbie e ghiaie.
(MGO1-a1 e MGO2-a2). 0-250m



Substrato lapideo
con $Vs_medie > 800$ m/s
(FAL)



ZONA 18



Depositi Alluvionali e/o detritici di versante
(SIV e/o a)
0-15 m



Substrato lapideo
con $Vs_medie < 800$ m/s
(MVV - SILL)



ZONA 19



Ghiaie e ciottolami rossastri e limi sabbiosi
Spessore circa 20-30m. (MGO3).
0-30m



Sabbie medio-fini di delta conoide a laminazione
piano-parallela orizzontale ed inclinata piana
(MGO1-s1). 0-30m



Argille, lacustri, siltose talora marnose e
lignitifere. Locali intercalazioni di sabbie e ghiaie.
(MGO1-a1). 0-200m



Substrato lapideo
con $Vs_medie > 800$ m/s
(AQR)



ZONA 20



Ciottolami giallo-rossastri e limi sabbiosi
giallo-rossastri massivi.
(MGO1-c1 e MGO2-c2). 0-10m



Sabbie medio-fini di delta conoide a laminazione
piano-parallela orizzontale ed inclinata piana
(MGO1-s1 e MGO2-s2). 0-30m



Argille, lacustri, siltose talora marnose e
lignitifere. Locali intercalazioni di sabbie e ghiaie.
(MGO1-a1 e MGO2-a2). 0-100m



Substrato lapideo
con $Vs_medie > 800$ m/s
(AQR - FAL - MLL)



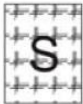
ZONA 21



Sabbie medio-fini di delta conoide a laminazione piano-parallela orizzontale ed inclinata piana (MGO1-s1 e MGO2-s2). 0-30m



Argille, lacustri, siltose talora marnose e lignitifere. Locali intercalazioni di sabbie e ghiaie. (MGO1-a1 e MGO2-a2). 0-100m



Substrato lapideo con $V_s_{medie} > 800$ m/s (AQR - FAL)

11.7.5 Analisi di RSL (

SAN PIERO

Le 3 sezioni geologico-tecniche allegate allo studio di livello 1 sono state reinterpretate e implementate alla luce delle nuove conoscenze, aggiungendone una quarta nella porzione nord-occidentale e assegnando a ciascuna unità sismo-stratigrafica presente nel sottosuolo un valore caratteristico di Vs e Vp (tabella 11.7.5.1): per la sua determinazione è stato scelto il criterio del valore medio tra i dati ricavati dalle indagini sismiche sul territorio (il coefficiente di Poisson e il peso di volume sono stati assegnati seguendo le indicazioni di letteratura).

Tabella 11.7.5.1

Valori di Vp e Vs (m/sec) per le unità sismo stratigrafiche presenti nell'area di San Piero

<i>descrizione</i>	<i>arenarie</i>			<i>lacustre</i>			<i>detrito versante</i>		
sigla CARG	PLO			al2			a		
parametro	Vp	Vs	y	Vp	Vs	y	Vp	Vs	y
MEDIA	3237	1193	21	1603	435	19	779	289	18
<i>descrizione</i>	<i>colluvioni</i>			<i>conoide</i>			<i>riporti</i>		
sigla CARG	b8			m			h		
parametro	Vp	Vs	y	Vp	Vs	y	Vp	Vs	y
MEDIA	390	190	18	1800	380	19	455	183	18

Sulle 4 sezioni (figura 11.7.5.1) sono state quindi svolte dai tecnici del Servizio Sismico Regionale analisi bidimensionali di risposta sismica locale in termini di fattore di amplificazione FA negli intervalli di periodo 0,1-0,5 sec / 0,4-0,8 sec / 0,7-1,1 sec per input sismico con $T_r=475$ anni. Le analisi sono state quindi implementate anche per input sismico con $T_r=50$ anni in ottemperanza alle indicazioni del nuovo regolamento regionale 5R/2020.

Nella figura 11.7.5.2 sono rappresentate graficamente le sezioni modellate e i risultati ottenuti. Ne risulta che, come verificato in precedenti studi di MS3 in Toscana settentrionale, i fattori di amplificazione insistenti su medesimi periodi spettrali mostrano un andamento simile. Inoltre, a differenza di quanto emerso nelle analisi di RSL svolte in altri comuni, i fattori di amplificazione calcolati su bassi periodi non sempre risultano essere i più cautelativi; pertanto si è deciso di adottare per la stesura della carta di MS3 sia il criterio standard della rappresentazione secondo il fattore FA(0105) che un criterio cautelativo basato sulla definizione del fattore F_{Amax} tra quelli elaborati.

SCARPERIA

Le analisi di RSL sono state eseguite sull'area dell'ex Capoluogo dal Servizio Sismico Regionale nel 2013, avvalendosi della collaborazione dell'Università di Firenze; la modellazione ha riguardato in tutto sei sezioni, adottando i dati sismostratigrafici riportati in tabella 11.7.5.2; i risultati ottenuti, a suo tempo espressi in termini di FH Housner nell'intervallo di periodo 0.1-0.5 sec, sono stati oggetto di adeguamento nel corso del

presente studio per esprimere l'amplificazione in termini di FA negli intervalli di periodo 0,1-0,5 sec / 0,4-0,8 sec / 0,7-1,1 sec per input sismico con $T_r=475$ anni e $T_r=50$ anni (in ottemperanza alle indicazioni degli Standard 4.0b e del nuovo regolamento regionale 5R/2020).

Anche in questo caso i fattori di amplificazione calcolati su bassi periodi non sempre risultano essere i più cautelativi; pertanto si è deciso di adottare per la stesura della carta di MS3 sia il criterio standard della rappresentazione secondo il fattore FA(0105) che un criterio cautelativo basato sulla definizione del fattore F_{Amax} tra quelli elaborati.

Tabella 11.7.5.2

Valori di V_p e V_s (m/sec) per le unità sismo stratigrafiche presenti nell'area di Scarperia

Tipologia terreno	V_p (m/s)	V_s (m/s)	Rapporto V_p/V_s	Coefficiente di Poisson	Peso di volume (kN/m ³)
Alluvioni (siv) - sondaggi S1 ed S2	1050	255	4.1	0.47	18.5
Alluvioni (siv) - sondaggio S4	790	265	3.0	0.44	18.5
Alluvioni (siv) - sondaggio S3	565	310	1.8	0.28	18.5
mgo2a2_1 (livello più superficiale)	1670	350	4.8	0.48	20.0
mgo2a2_2 (livello intermedio)	1900	450	4.2	0.47	20.0
mgo2a2_3 (livello più profondo)	2100	550	3.8	0.46	20.0
detrito di versante (a), coperture eluvio-colluviali (b8) e corpi gravitativi quiescenti (A1q)	760	110	6.9	0.49	18.5

Figura 11.7.5.1

San Piero - Tracce delle sezioni geologico-tecniche utilizzate per le analisi RSL e nodi di verifica del FA

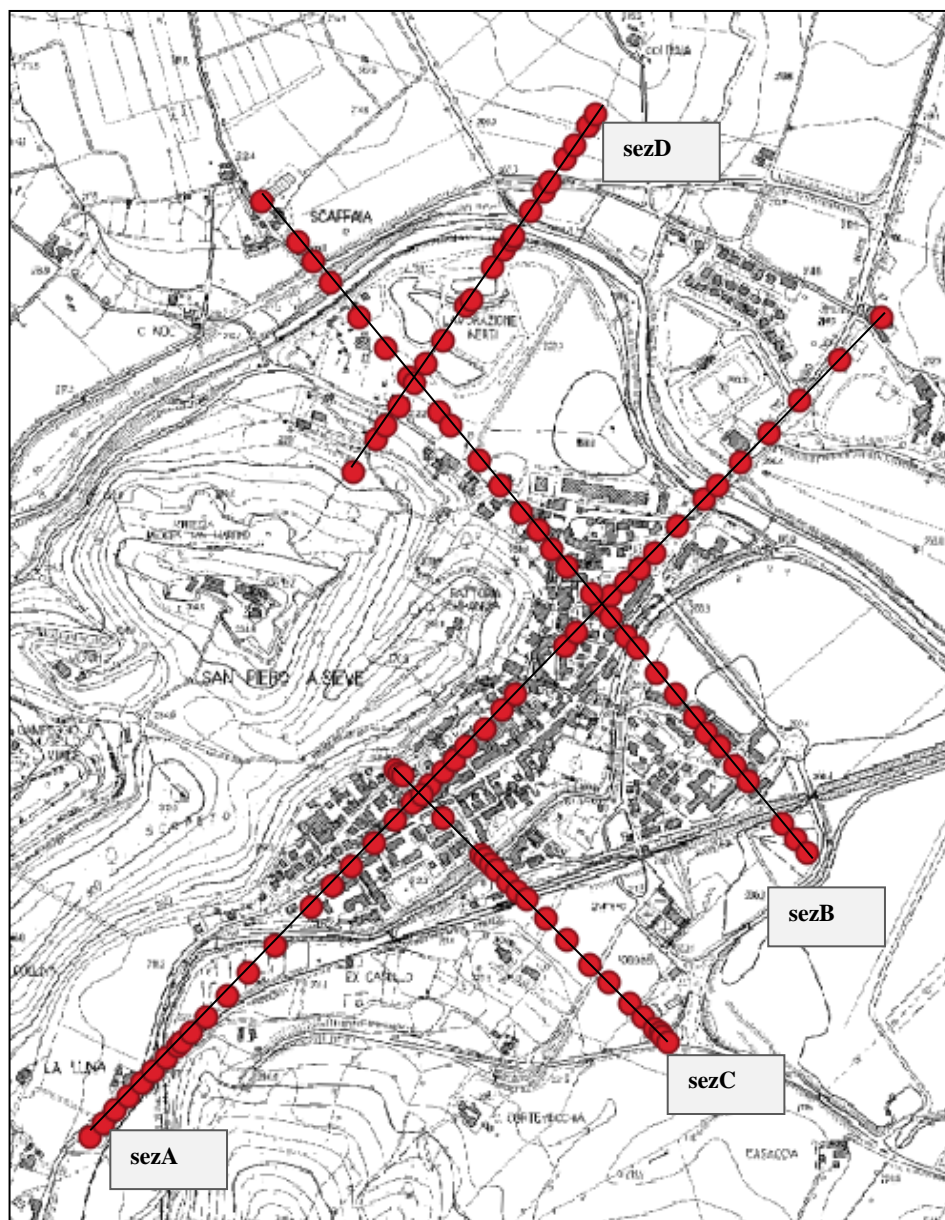


Figura 11.7.5.2

San Piero - Sezioni modellate e risultati analisi RSL (Tr=475 anni)

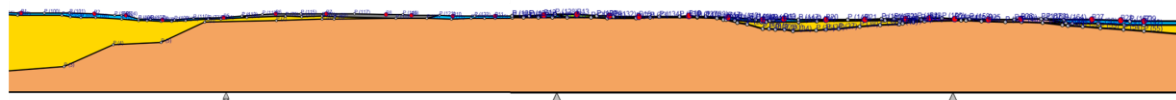
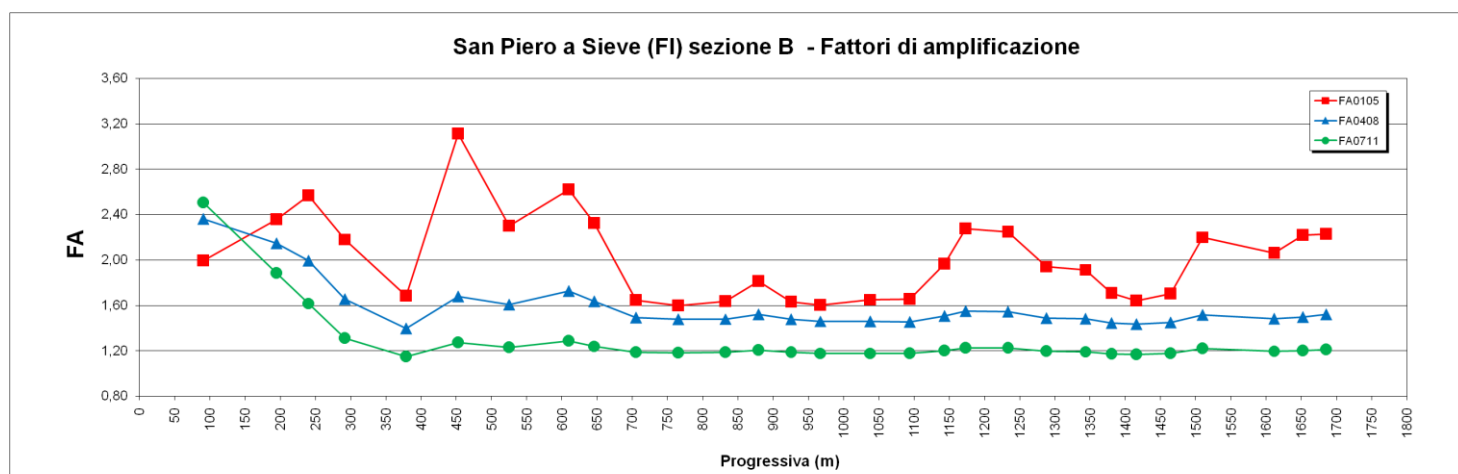
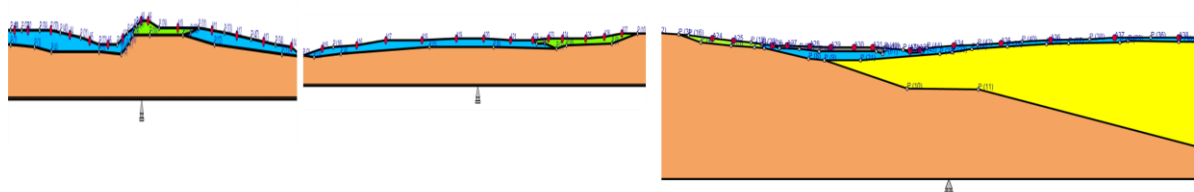
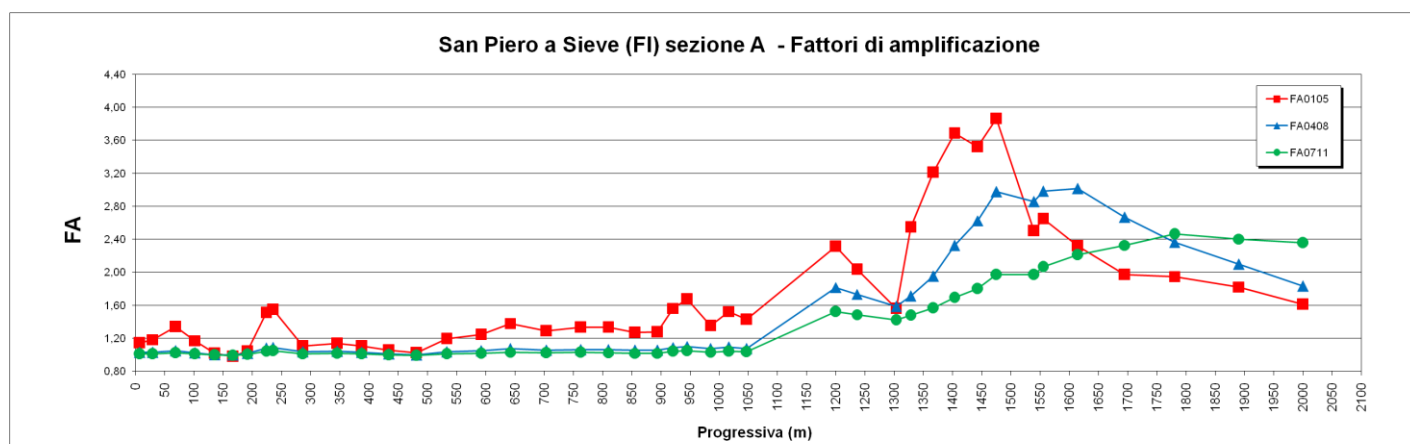
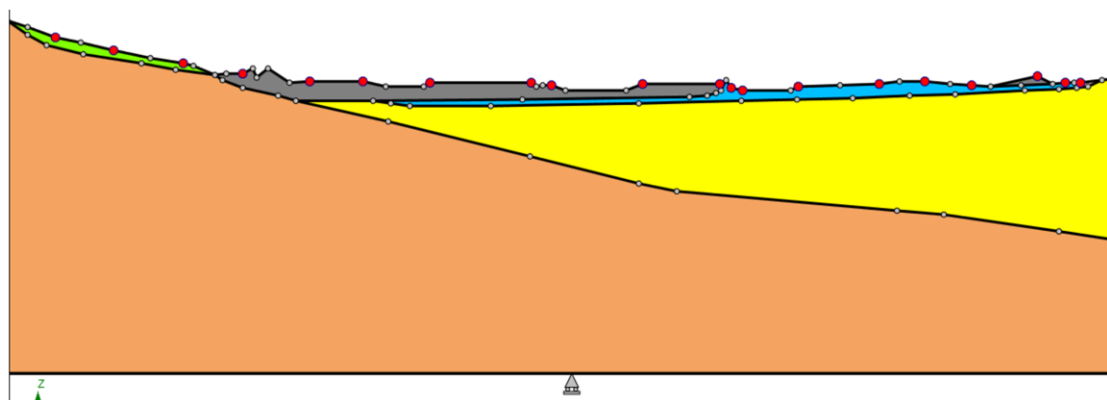
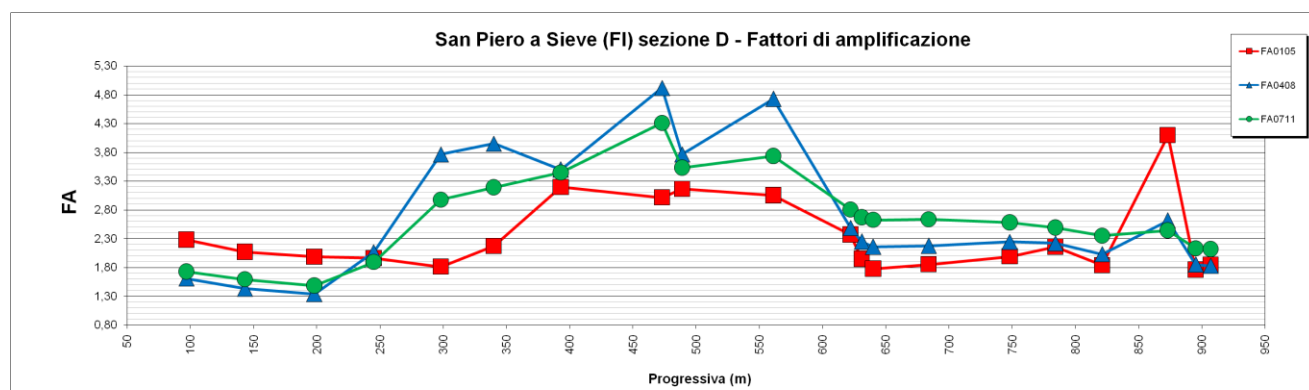
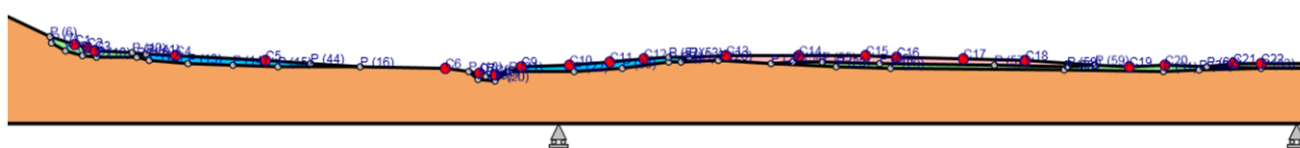
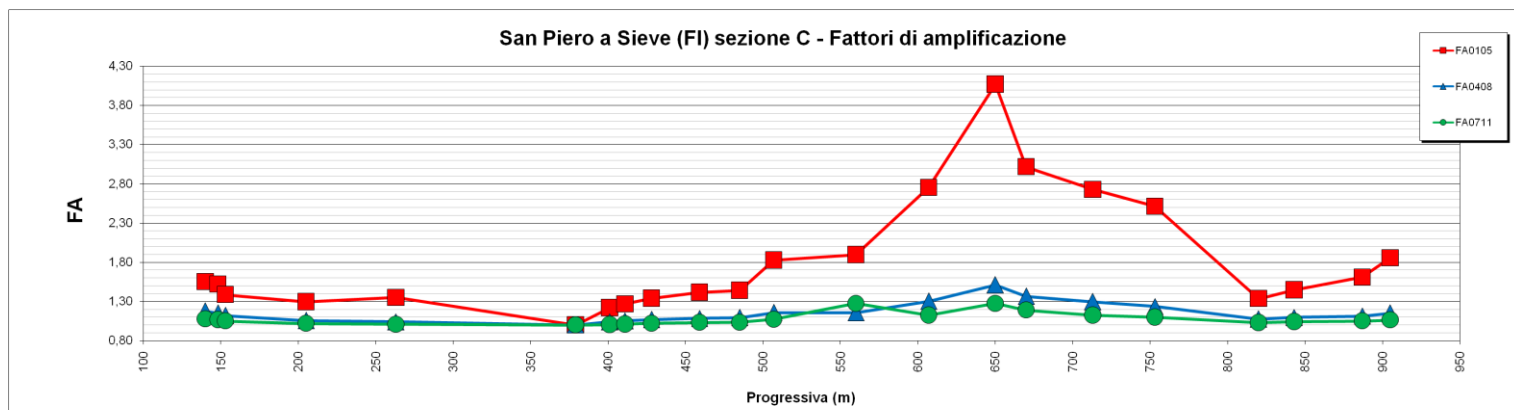


Figura 11.7.5.2

San Piero - Sezioni modellate e risultati analisi RSL (Tr=475 anni)



11.7.6 La carta di Microzonazione Sismica (Livello 3)

I risultati in termini di FA, desunti dalle analisi 2D effettuate in corrispondenza delle sezioni geologico-tecniche rappresentative del modello di sottosuolo ed opportunamente confrontate con le omologhe analisi in contesto monodimensionale, sono stati estesi arealmente mediante l'ausilio combinato della cartografia geologico-tecnica e della cartografia MOPS.

Il modello logico su cui si è basata l'estrapolazione areale dei dati di amplificazione, per entrambe le aree interessate dalla redazione di cartografie di microzonazione sismica di livello 3, è stato il seguente:

1. rappresentazione su mappa di tutti i punti di output delle modellazioni dinamiche effettuate, con il relativo valore di FA calcolati negli intervalli di periodo richiesti da ICMS: 0,4-0,7 sec e 0,7-1,1 sec, oltre che nell'intervallo 0,1-0,5 sec considerato di particolare significatività per quanto riguarda l'interazione con le strutture in elevazione;
2. individuazione del modello geologico-tecnico alla base di ogni valore di FHa desunto;
3. identificazione sulle cartografie tematiche esistenti (in particolare geologico-tecniche e MOPS) di analoghe condizioni geologico-tecniche su aree in cui non sono disponibili analisi di risposta sismica per assenza di dati di base;
4. raggruppamento di situazioni tipologiche ed amplificative simili mediante la discretizzazione dell'area in classi distinte da differenti intervalli di FA.

Ne risulta una Carta di microzonazione sismica di livello 3 in cui ognuna delle microzone individuate presenta, oltre che un valore simile in termini di fattore di amplificazione, anche un valore omogeneo del "tipo_z", ovvero delle caratteristiche stratigrafiche medie della microzona. A ciascuna microzona, individuata con una lettera progressiva maiuscola (es. "microzona C"), viene quindi associato uno spettro medio e uno spettro caratteristico in termini di SLV e SLD (tempo di ritorno pari a 475 e 50 anni). Gli spettri per ciascuna microzona sono resi disponibili e consultabili nella Appendice 3 del quadro conoscitivo del PSI.

Per le aree instabili, oltre ad una omogenea condizione geologica di base, viene indicato (in coerenza con i vigenti standard nazionali) anche il parametro relativo all'amplificazione sismica.

Per ogni microzona, sia appartenente alle aree stabili, sia relativa alle aree instabili, sono stati calcolati gli spettri di risposta medi in termini di PGA e restituiti secondo le procedure indicate dagli standard nazionali. Gli spettri medi sono stati calcolati mediando gli spettri di risposta relativi ai nodi di output contenuti dalla microzona in esame.

Sulla base di quanto illustrato la carta permette di discretizzare l'area in esame sulla base delle seguenti classi definite dagli standard ICMS:

ZONE STABILI (FA=1): include le aree di affioramento del substrato sismico anche con pendenze >15°.

ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI

ZONA 1 (FA=1.1-1.2)

ZONA 2 (FA=1.3-1.4)

ZONA 3 (FA=1.5-1.6)

ZONA 4 (FA=1.7-1.8)

ZONA 5 (FA=1.9-2.0)

ZONA 6 (FA=2.1-2.2)

ZONA 7 (FA=2.3-2.4)

ZONA 8 (FA=2.5-3.0)

ZONA 9 (FA=3.1-3.5)

ZONA 10 (FA>3.5)

La zonazione sismica che ne deriva presenta nelle **zone suscettibili di amplificazione** e nelle **zone instabili** caratteri di complessità dovuti alla notevole variabilità del territorio in termini sismo-stratigrafici: la zona del fondovalle del Torrente Carza in corrispondenza del centro urbano di San Piero presenta valori di FA moderati (FA<1.5), ma crescenti nell'area di conoide in sponda destra del corso d'acqua e ancor più nella zona di bordo valle a sud del cimitero, dove si raggiungono anche fattori superiori a 3.

Laddove la morfologia valliva si allarga ed aumentano gli spessori delle coperture quaternarie, in prossimità della confluenza del Carsa nella Sieve, i valori di FA aumentano progressivamente fino a attestarsi intorno a FA=2.5-3.0, con punte superiori a 3.5 in aree circoscritte di fondovalle.

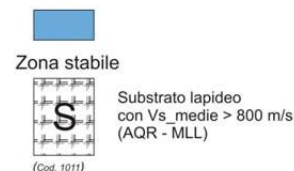
La zona industriale di Pianvallico e in genere tutta l'area di Scarperia presentano valori di FA mediamente inferiori e quasi mai superiori a FA=1.5; valori più alti si riscontrano invece nel nucleo storico di Scarperia e nelle colline in direzione autodromo, legati alla presenza di spessori alluvionali maggiori a bassa velocità sismica sopra al pacco sedimentario lacustre.

Tra le zone instabili, da segnalare la presenza in carta di una ampia **zona di attenzione per liquefazione** dinamica ubicata nel fondovalle della Sieve, su entrambe le sponde.

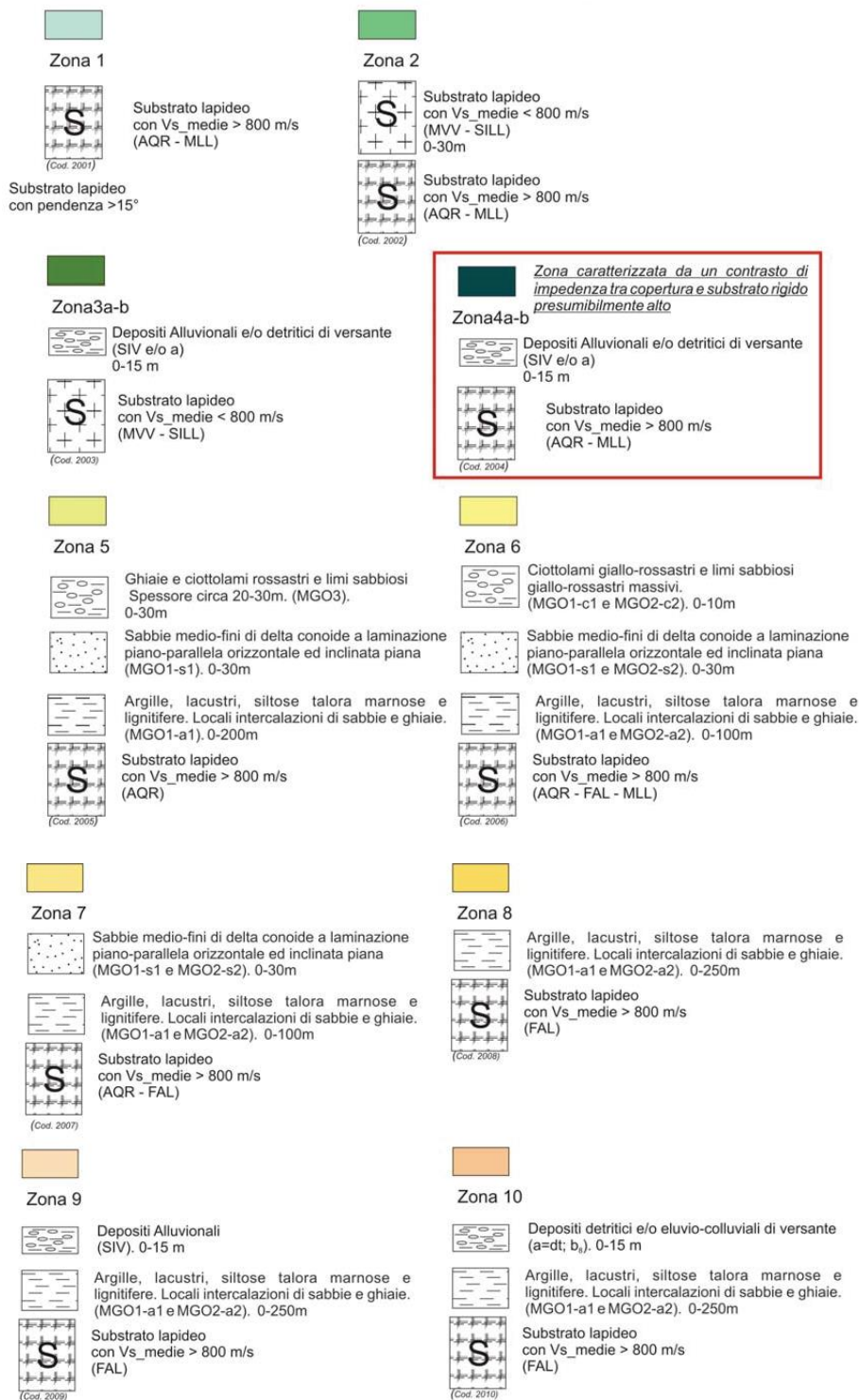
In seguito alla pubblicazione del progetto che Regione Toscana ha realizzato con la collaborazione delle Università di Firenze *"Analisi e studi finalizzati alla verifica della suscettibilità a liquefazione dei terreni nell'area del Mugello (Università di Firenze, DICEA – Rapporto Tecnico 2018)"*, la perimetrazione di suscettibilità a liquefazione è stata aggiornata con i risultati delle elaborazioni svolte su ulteriori prove penetrometriche estendendola alla zona artigianale-industriale di Torri al confine con il comune di Borgo San Lorenzo.

La carta viene presentata sia in termini di FA nell'intervallo di periodo 0,1-0,5 sec che in termini di FA massimo tra quelli calcolati negli intervalli di integrazione richiesti dagli standard ICMS, e segnala anche la sigla di ciascuna microzona da cui è possibile risalire agli spettri corrispondenti.

ZONE STABILI



ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI



11.8 Vicchio di Mugello

Il comune è fornito di studi di MS di livello 1 realizzati dal geol. Tomei per le aree de capoluogo, Case Caldeta e Villore nel 2015; approfondimenti di livello 3 sono stati condotti sul capoluogo e su Case Caldeta da RT nell'anno 2017, avvalendosi della collaborazione dell'Università di Firenze per le analisi di risposta sismica locale bidimensionali.

Nell'ambito della redazione del nuovo quadro conoscitivo in materia sismica per il PSI, gli studi esistenti sono stati inseriti senza modifiche in quanto adeguati e conformi agli standard ICMS vigenti (v4.0b), limitandosi all'aggiornamento del database delle indagini secondo i criteri e le modalità descritte al cap.3.

Su richiesta del Genio Civile la carta delle MOPS (MS livello 1) è stata estesa all'abitato di Cistio, a sud del Capoluogo, senza modificare la legenda delle microzone.

In seguito alla pubblicazione del progetto che Regione Toscana ha realizzato con la collaborazione delle Università di Firenze *"Analisi e studi finalizzati alla verifica della suscettibilità a liquefazione dei terreni nell'area del Mugello (Università di Firenze, DICEA – Rapporto Tecnico 2018)"*, la perimetrazione di suscettibilità a liquefazione è stata aggiornata con i risultati delle elaborazioni svolte su ulteriori prove penetrometriche estendendola verso nord-ovest alla zona artigianale-industriale di Pergola.

Per i dettagli si rimanda alla relazione illustrativa degli studi MS1/MS3 esistenti, già parte degli POC comunale in fase di approvazione e inseriti nel quadro conoscitivo del PSI come allegato.

12 STUDIO DI MESOZONAZIONE SISMICA DEL BACINO DEL MUGELLO

Il lavoro di revisione e aggiornamento degli studi di microzonazione degli 8 comuni del Mugello fa emergere alcuni tratti comuni a gran parte del territorio in esame in termini di modello sismostratigrafico del sottosuolo e conseguentemente di risposta del terreno allo scuotimento sismico.

La notevole estensione dell'areale di competenza dell'Unione rende quindi plausibile e ragionevole ipotizzare la definizione e codifica di una nuova scala di zonazione sismica sovracomunale, che si ponga in posizione intermedia tra la *microzonazione* comunale e la *macrozonazione* regionale e nazionale. Si può pertanto parlare di una prima e per certi versi inedita proposta di **mesozonazione** sismica del territorio mugellano, con particolare riferimento all'area geologicamente omogenea della Val di Sieve nel tratto esteso a ovest fino all'area industriale/commerciale di Barberino, a est fino a Vicchio, verso nord e verso sud fino al raggiungimento delle zone di affioramento del substrato roccioso.

Questa zona, afferente ai comuni di Barberino, Scarperia-S.Piero, Borgo San Lorenzo e Vicchio, è stata pertanto oggetto di uno specifico lavoro di sintesi dei modelli geologico-tecnici presenti nei vari studi di microzonazione al fine di individuare orizzonti sismo-stratigrafici omogenei alla scala di bacino, andando così a definire un nuovo modello di sottosuolo che si è tradotto in mesozone sismiche rappresentative in termini qualitativi (quindi assimilabili come livello di approfondimento a una MS di livello 1) della risposta sismica locale.

12.1 Definizione delle mesozone sismiche

L'areale individuato per lo studio, riferibile tettonicamente al *graben* del Mugello, presenta coperture sciolte estese e spesso di notevole potenza poggianti sopra un substrato roccioso rinvenuto talvolta a profondità superiori a 200 metri, che affiora diffusamente sui primi rilievi in sponda destra della Sieve e in misura meno decisa spostandosi verso nord, a causa di una asimmetria morfotettonica che caratterizza in modo marcato il paesaggio mugellano.

Litotipi prevalentemente arenacei e calcarei, con velocità $V_s > 800$ m/sec, si alternano nella zona a termini pelitici o marnosi dalla risposta sismica differente ($V_s < 800$ m/sec); alle mesozone caratterizzate da affioramento di substrato rigido, suddivise classicamente in stabili e suscettibili di instabilità per motivi topografici laddove le pendenze superino i 15° , si affiancano quindi mesozone stabili suscettibili di amplificazione stratigrafica per contrasto di impedenza sismica tra substrato inquadabile come bedrock sismico e "substrato lento".

Per quanto concerne invece i depositi quaternari sovrastanti si è compiuta una sintesi e uniformazione dei dati provenienti dalle indagini e dai rilievi delle singole microzonazioni pervenendo all'accorpamento delle varie unità geologico-tecniche e formazioni geologiche in 4 gruppi di terreni:

- Coltri detritiche e/o di alterazione con spessori significativi (>3-5 metri)
- Depositi alluvionali in parte terrazzati appartenenti ai bacini secondari
- Sedimenti fini di origine fluviale/lacustre/palustre del bacino del Mugello
- Sedimenti granulari e/o cementati di origine fluviale/lacustre/palustre del bacino del Mugello

Le successioni sedimentarie del bacino si presentano con spessori estremamente variabili anche a scala locale: i lineamenti tettonici del lato sud del bacino (fagliezioni dirette sub verticali) producono spessori di sedimenti consistenti già in prossimità dei rilievi di bordo valle, mentre i bassi angoli delle faglie dal lato nord rendono più progressivo l'approfondimento del tetto del substrato roccioso.

Pertanto al fine di caratterizzare in modo esaustivo - sebbene di minor dettaglio rispetto agli studi di microzonazione - il comportamento del sottosuolo in termini di amplificazione sismo-indotta, vengono introdotte tre soglie di spessore delle coperture sopra il bedrock pari a 30, 50 e 100 metri.

Da tali considerazioni deriva la definizione di 14 mesozone rappresentate nella **Carta delle mesozonazione sismica del bacino del Mugello**.

12.2 Carta della mesozonazione sismica

La carta, realizzata a scala 1.25.000 con copertura completa dell'areale descritto ai paragrafi precedenti, riporta la suddivisione del territorio in 14 mesozone così definite:

ZONE STABILI

Zona 1001: substrato rigido affiorante

ZONE SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA DI TIPO TOPOGRAFICO

Zona 2001: substrato rigido affiorante con pendenza >15°

ZONE SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA DI TIPO STRATIGRAFICO

Zona 2002: substrato affiorante non corrispondente al bedrock sismico, quindi possibile amplificazione per contrasto di impedenza con il sottostante bedrock

Zona 2003: coltre detritica di varia natura con spessore <30 metri su substrato

Zona 2004: depositi alluvionali con spessore < 30 metri su substrato

Zona 2005: depositi alluvionali e depositi lacustri/fluvio-lacustri/palustri fini con spessore complessivo < 30 metri su substrato

Zona 2006: depositi alluvionali e depositi lacustri/fluvio-lacustri/palustri fini con spessore complessivo 30-50 metri su substrato

Zona 2007: depositi alluvionali e depositi lacustri/fluvio-lacustri/palustri fini con spessore complessivo 50-100 metri su substrato

Zona 2008: depositi alluvionali e depositi lacustri/fluvio-lacustri/palustri fini con spessore complessivo >100 metri su substrato

Zona 2009: depositi alluvionali e depositi lacustri/fluvio-lacustri/palustri fini su depositi fluvio-lacustri granulari (cementati), con spessore complessivo < 30 metri, su substrato

Zona 2010: depositi alluvionali e depositi lacustri/fluvio-lacustri/palustri fini su depositi fluvio-lacustri granulari (cementati), con spessore complessivo 30-50 metri, su substrato

Zona 2011: depositi alluvionali e depositi lacustri/fluvio-lacustri/palustri fini su depositi fluvio-lacustri granulari (cementati), con spessore complessivo 50-100 metri, su substrato

Zona 2012: depositi alluvionali e depositi lacustri/fluvio-lacustri/palustri fini su depositi fluvio-lacustri granulari (cementati), con spessore complessivo > 100 metri, su substrato

Zona 2013: depositi fluvio-lacustri granulari e/o cementati poggianti sul substrato roccioso

Le relative colonne sismo-stratigrafiche sintetiche sono riportate nelle legenda.

Inoltre nella carta sono rappresentate le zone instabili per frana e per possibile effetti dinamici di liquefazione, secondo le codifiche degli ICMS e in coerenza con la carta geomorfologica di PS; la rappresentazione grafica delle forme gravitative, per facilità di lettura, è quella fornita nella carta geologico-tecnica di supporto alla MS livello 1.

Infine sono rappresentate anche le aree - presenti nel territorio comunale di Barberino - di attenzione per possibile cedimento di cavità sotterranea (miniere di lignite, cfr. cap.7).

La carta della mesozonazione, oltre a fornire un interessante ed inusuale sguardo di insieme in termini qualitativi sulla risposta sismica del bacino del Mugello, può costituire un elemento di quadro conoscitivo utile per estendere le valutazioni di pericolosità e fattibilità sismica ad aree non coperte da tali tematismi (vedi capitolo seguente per i criteri di definizione di pericolosità e fattibilità sismica).

LA STRATEGIA DEL TERRITORIO

13 PERICOLOSITA' GEOLOGICA

Gli elaborati STR03 "Carta della pericolosità geologica" hanno consentito di migliorare la rappresentazione e l'origine delle criticità geomorfologiche e geologiche; essi prendono atto della implementazione della classificazione in termini di rischio già introdotta in maniera continua su tutto il territorio nella carta geomorfologica.

Partendo dalle definizioni geomorfologiche del capitolo 3 si è proceduto ad articolare la classificazione di pericolosità a partire dalla tipologia di instabilità mediante il seguente schema:

a) Ricadono nella **classe di pericolosità molto elevata G4** le seguenti tipologie:

- *fenomeni franosi attivi* con vincolo generale di inedificabilità soggetto alle condizioni di superamento di cui al punto 3.1.1.2. della DGRT 53/R/2011.

I perimetri di pericolosità G4 derivati dalla carta geomorfologica comprendono anche l'area di possibile influenza (buffer), con le fasce di possibile evoluzione. Quando questo non è stato possibile sono state assegnate fasce con criterio geometrico, in genere pari a 10 metri; nel caso dei territori di Borgo San Lorenzo e di Vicchio sono stati mantenuti i buffer già definiti nei vigenti SU comunali.

- perimetri riconducibili alle *miniere sotterranee di lignite*, presenti esclusivamente nel territorio comunale di Barberino e descritte nel dettaglio al capitolo 7; essi sono individuati con la classe speciale **G4m** secondo criteri già esistenti nel vigente RU comunale.

b) Ricadono nella **classe di pericolosità elevata G3** le seguenti tipologie:

- *fenomeni franosi quiescenti*; gli interventi di trasformazione sono subordinati alle prescrizioni di cui al punto 3.1.1.3 della DGRT 53/R/2011;

- *aree con elevata propensione al dissesto* per combinazione di fattori predisponenti (classe P3b del PAI 2019);

- *depositi detritici* con pendenza > 25%;

- aree di primo buffer delle miniere sotterranee di lignite, così come definite e normate nel vigente RU del comune di Barberino di Mugello, contraddistinte dalla classe speciale **G3m**.

c) Ricadono inoltre nella **classe di pericolosità medio-elevata G2pl**

- le aree e tipologie classificate di *potenziale instabilità* per i seguenti fattori:

- Litologia connaturata alla specifica costituzione argillosa dei depositi neogenici del bacino lacustre, caratterizzati da valori di pendenze non elevati ma prossimi al limite di equilibrio naturale e da

scadenti caratteristiche meccaniche. Le condizioni di equilibrio sono mantenute fondamentalmente dalle lavorazioni agricole che controllano i caratteristici e diffusi fenomeni di soliflussioni superficiali e garantiscono la regimazione idraulica.

- Pendenza su versanti rocciosi con valori medi anche superiori a 40°, soggetti a erosione superficiale e stacchi di materiali, vulnerabili alla deforestazione: talora delimitati da scarpate acute rappresentano un limite oggettivo alla lavorazione con mezzi meccanici.

- Erosione precalanchiva: diffusa con diversi gradi di evoluzione nelle formazioni della serie Umbro Marchigiana, dal Mugello settentrionale; con costituzione litologica marnoso-argillosa, senza mai assumere caratteri, di veri calanchi, si presenta con una successione di creste acute di degradazione e versanti ripidi in erosione superficiale. La presenza di orizzonti di arenarie compatte conferisce una generale stabilità d'insieme, mentre in corrispondenza dei numerosi livelli argilloso-marnosi si rilevano condizioni di franosità attiva e quiescente per scivolamento e soliflusione puntualmente rilevati.

d) Ricadono nelle **classi di pericolosità media G2 e bassa G1** i terreni pianeggianti sostanzialmente stabili e senza particolari prescrizioni come i depositi delle pianure alluvionali, di terrazzamento e i terreni detritici a bassa pendenza < 25%. Sono contraddistinte infine con la classe speciale **G2m** le aree di secondo buffer delle miniere di lignite, così come definite e normate nel vigente RU del comune di Barberino di Mugello.

13.1 La fattibilità geologica – indicazioni per i piani operativi comunali

Per una più precisa corrispondenza fra le pericolosità di PAI del Distretto App. Sett. e le pericolosità in sede di DPGR 53R/2011, si è convenuto di attribuire, per l'intero territorio del PSI, una pericolosità medio-elevata G2pl alle aree che in sede di adozione erano state contrassegnate con G3a (predisposizione al dissesto per pendenza e litologia) nonché per le aree cosiddette "precalanchive".

Per tali aree in sede di PO varranno in generale le condizioni di fattibilità FG3 previste dal DPGR 53R/2011; a questa prescrizione i PO si conformeranno secondo i criteri di fattibilità previsti dal regolamento DPGR 5R/2019 entrato in vigore tra l'adozione e la presente approvazione del PSI. In tal modo è stato mantenuto inalterato il livello della tutela geomorfologica del territorio già evidenziato in fase di adozione.

14 PERICOLOSITA' IDRAULICA

Per le aree soggette a problematiche di carattere idraulico è stato condotto a livello di Piano strutturale Intercomunale uno studio idrologico idraulico di dettaglio ai sensi della LR 41/2018 del 24 luglio 2018.

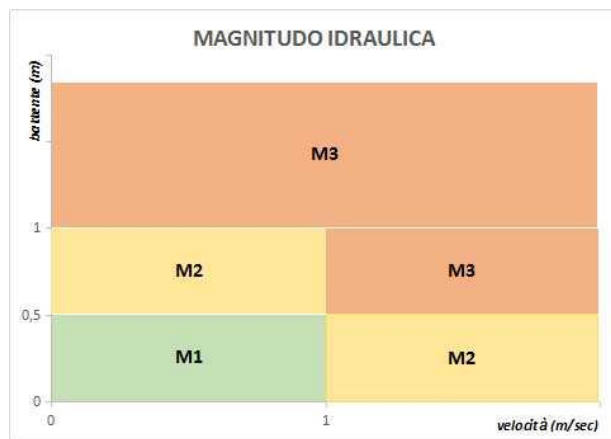
Di concerto con l'autorità idraulica sono state individuate le aste del reticolo idrografico di cui all'articolo 22, comma 2, lettera e), della l.r. 79/2012 da investigare e sono state successivamente individuate le aree potenzialmente interessate da allagamenti.

Al fine di ridurre le conseguenze negative, derivanti dalle alluvioni, per la salute umana, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche, nonché al fine di mitigare i fenomeni di esondazione e dissesto idrogeologico nelle aree potenzialmente interessate da allagamenti, valgono le limitazioni alla trasformazione del territorio previste nella **L.R. 41/2018**, di seguito sintetizzate. La pericolosità idraulica viene classificata in base al tempo di ritorno dei fenomeni alluvionali; il seguente schema fornisce le equivalenze fra le classi di pericolosità idraulica nelle diverse normative vigenti a parità di tempi di ritorno:

LR 41/2018	PGRA	DPGR 53/r/2011
<i>Frequenza di alluvioni</i>	<i>Pericolosità da alluvioni</i>	<i>Pericolosità IDR</i>
FREQUENTI $Tr=30$ a	ELEVATA P3	MOLTO ELEVATA I4
POCO FREQUENTI $30 < Tr < 200$	MEDIA P2	ELEVATA I3
SCARSA PROBABILITA' $Tr > 200$	BASSA P1	MEDIA I2

La LR 41/2018 introduce un nuovo parametro, la MAGNITUDO IDRAULICA (combinazione del battente per la velocità di propagazione), che consente di articolare le condizioni di fattibilità relativamente alle frequenze di alluvione mediante la definizione delle opere idrauliche necessarie alla gestione del rischio di alluvione:

- **M1** "magnitudo idraulica moderata": valori di battente inferiori o uguali a 0,5m e velocità inferiore a 1 m/sec. Nei casi che la velocità non sia determinata battente uguale o inferiore a 0,3m;
- **M2** "magnitudo idraulica severa": valori di battente inferiori o uguali a 0,5 e velocità superiore a 1 m/sec, oppure battente superiore a 0,5 m e inferiore o uguale a 1 m e velocità inferiore o uguale a 1 m/sec. Nei casi che la velocità non sia determinata battente superiore a 0,3 m e inferiore o uguale a 0,5 m;
- **M3** "magnitudo molto severa": battente superiore a 0,5 m e inferiore e uguale a 1 m e velocità superiore a 1 m/sec, oppure battente superiore a 1 m. Nei casi in cui la velocità non sia determinata battenti superiori a 0,5 m;



Le trasformazioni urbanistico-edilizie nei territori soggetti a rischio di esondazione devono essere oggetto di studi per definire la fattibilità idraulica, definita come l'insieme degli interventi necessari alla gestione del rischio di alluvioni, conseguendo un livello di rischio medio R2, attraverso (art.8 lr 41/2018):

- **misure tese alla riduzione della pericolosità** in riferimento a alluvioni poco frequenti ossia fino a Tr 200 anni, con conseguimento almeno della classe di Magnitudo Moderata unitamente a opere di sopraelevazione (tipologia b).

- **misure tese alla riduzione della vulnerabilità** tra cui si distinguono:

- **OPERE DI SOPRAELEVAZIONE** (rialzamento soprabattente con relativo franco di sicurezza -tipologia c) conseguendo la classe di rischio R2 e assicurando il non aggravio nella aree vicine mediante drenaggio in corpo idrico ricettore o trasferimento a condizione che aree di trasformazione e aree di trasferimento siano in Magnitudo Moderata e previa verifica dell'autorità idraulica.

- **INTERVENTI DI DIFESA LOCALE** del singolo elemento (paratoie, porte stagne ecc. - tipologia d).

L'individuazione, a cura dei comuni, delle opere ai fini del raggiungimento di almeno un livello di rischio R2 è contenuta nei Piani Operativi e relative varianti e nelle varianti ai RU, unitamente alla valutazione dei costi e dei benefici ambientali.

Si contraddistinguono con **Pericolosità da alluvioni elevata (P3):**

- aree interessate da allagamenti per eventi frequenti (Tr 30 anni);
- aree di fondovalle fuori dal territorio urbanizzato in assenza di studi idrologici idraulici dove ricorrano contestualmente le seguenti condizioni: notizie storiche di inondazioni e situazioni altimetriche sfavorevoli (quote inferiori a m 2 dal piede esterno d'argine o in mancanza dal ciglio di sponda).

Si contraddistinguono con **Pericolosità da alluvioni media (P2):**

- aree interessate da allagamenti per eventi poco frequenti (Tr 30-200 anni);

- aree di fondovalle fuori dal territorio urbanizzato in assenza di studi idrologici idraulici dove ricorrano almeno una delle seguenti condizioni: notizie storiche di inondazioni o situazione altimetrica sfavorevole (quote inferiori a m 2 dal piede esterno d'argine o in mancanza dal ciglio di sponda).

Si contraddistinguono con **Pericolosità da alluvioni bassa (P1)**:

- aree interessate da allagamenti per eventi rari o di estrema intensità locale (atti di pianificazione del Bacino);

- aree di fondovalle e le aree collinari prossime ai corsi d'acqua fuori dal territorio urbanizzato in assenza di studi idrologici idraulici dove ricorrano le seguenti condizioni: non si hanno notizie storiche di inondazioni e sono in situazione altimetrica favorevole (quote superiori a m 2 dal piede esterno d'argine o in mancanza dal ciglio di sponda).

15 PERICOLOSITÀ SISMICA

15.1 Criteri di definizione delle classi di pericolosità

La classificazione del territorio in termini di pericolosità sismica è organizzata dalla DPGR n.53R/2011 per il supporto alla pianificazione urbanistica in 4 distinte classi a intensità crescente, di seguito descritte (Allegato A, Par.1.C.5):

Pericolosità sismica locale molto elevata (S4): 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; terreni suscettibili di liquefazione dinamica in comuni classificati in zona sismica 2; aree interessate da deformazioni legate alla presenza di faglie attive e faglie capaci (faglie che potenzialmente possono creare deformazione in superficie);

Pericolosità sismica locale elevata (S3): 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 con terreni di fondazione particolarmente scadenti che possono dar luogo a cedimenti diffusi; terreni suscettibili di liquefazione dinamica (per tutti i comuni tranne quelli classificati in zona sismica 2); zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse; 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;

Pericolosità sismica locale media (S2): zone suscettibili di instabilità di versante inattiva e che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; zone stabili suscettibili di amplificazioni locali (che non rientrano tra quelli previsti per la classe di pericolosità sismica S.3); zone con substrato affiorante suscettibile di amplificazione topografica a causa delle pendenze elevate;

Pericolosità sismica locale bassa (S1): zone stabili caratterizzate dalla presenza di litotipi assimilabili al substrato rigido in affioramento con morfologia pianeggiante o poco inclinata e dove non si ritengono probabili fenomeni di amplificazione o instabilità indotta dalla sollecitazione sismica.

Con gli sviluppi avvenuti in anni recenti degli studi sismici sul territorio si è giunti a individuare modifiche sostanziali alle definizioni del decreto; oggi la pericolosità sismica viene di norma valutata in sede di studi di MS attraverso analisi di risposta sismica locale dei depositi di terreno o, laddove assenti (studi di MS di livello 1), mediante considerazioni qualitative cautelative basate sull'esperienza e sulla conoscenza del territorio. A riguardo la normativa di riferimento (D.M. 27.01.2018) consente di valutare gli effetti locali di amplificazione del moto sismico sia in modo semplificato, sia con modalità analitiche più rigorose.

In virtù dell'entrata in vigore del nuovo regolamento regionale che disciplina le indagini geologiche di supporto alla pianificazione (DGRT 5R/2020), di concerto con la struttura regionale e con l'Unione sono stati

individuati criteri specifici di attribuzione di pericolosità sulla base dell'amplificazione sismica locale, mantenendo nelle aree prive di MS di livello 3 i criteri qualitativi già in precedenza adottati.

Nel dettaglio, vengono mantenute le attribuzioni di pericolosità S4 e S3 per le zone instabili per dissesto (rispettivamente attive e quiescenti).

La suscettibilità per liquefazione, definita negli studi di livello 3 tramite specifiche indagini (indice di liquefazione $IL > 2$), viene distinta dall'attenzione alla liquefazione valutata con considerazioni qualitative. Nel caso specifico del centro storico di Borgo San Lorenzo la perimetrazione è stata rivista di concerto con RT limitando la zona di suscettibilità (S4) al territorio con presenza di dati certi e mantenendo le zone dubbie o con carenza di dati di campagna come zone di attenzione (S3).

Per quanto concerne le zone stabili suscettibili di amplificazione, in assenza di RSL esse vengono assegnate genericamente alla classe di pericolosità elevata, mentre la presenza di approfondimenti di livello 3 che indichino un fattore di amplificazione nell'intervallo di periodo più cautelativo inferiore a 1,5 ($FA \leq 1,4$) consente di attribuire alla zona classe di pericolosità media (S2). Il fattore di amplificazione di riferimento per la valutazione della pericolosità è sempre quello calcolato nell'intervallo di periodo 0,1-0,5 sec., ritenuto il più adeguato per le caratteristiche del territorio. Fa eccezione l'area di Firenzuola Capoluogo dove per la particolarità dei risultati ottenuti nell'analisi RSL, unitamente al particolare assetto sismostratigrafico del sottosuolo, di concerto con il Servizio Sismico Regionale si è scelto di adottare il fattore massimo tra i tre calcolati.

Infine, le aree con substrato affiorante che non possano essere ricondotto a substrato rigido, per motivi litologici o di pendenza, vengono considerate a pericolosità S2.

La roccia affiorante che rappresenta il substrato rigido locale assume quindi pericolosità bassa S1.

Nella tabella 15.1.1 si riporta in modo schematico e di facile lettura quanto descritto nel testo.

Tabella 15.1.1

Criteri di assegnazione della pericolosità sismica

S4 - MOLTO ELEVATA	<ul style="list-style-type: none"> ✓ frane attive ✓ faglie attive e capaci ✓ zone di suscettibilità a liquefazione ($LPI > 2$)
S3 - ELEVATA	<ul style="list-style-type: none"> ✓ frane quiescenti ✓ zone di attenzione a liquefazione ✓ microzone con $FA > 1,4$
S2 - MEDIA	<ul style="list-style-type: none"> ✓ frane stabilizzate e inattive ✓ microzone con $FA \leq 1,4$ ✓ substrato con pendenza $> 15^\circ$ ✓ substrato non rigido
S1 - BASSA	<ul style="list-style-type: none"> ✓ substrato rigido con pendenza $< 15^\circ$

15.2 La carta della pericolosità sismica

La carta della pericolosità sismica viene proposta quindi a scala 1:10.000 con copertura delle porzioni di territorio dell'Unione su cui sono stati svolti e aggiornati gli studi di MS.

Essa, come detto in precedenza, suddivide il territorio in 4 classi:

Pericolosità sismica bassa S1 – aree caratterizzate da substrato rigido affiorante con pendenze $<15^\circ$ ($St < 1,2$) e $FA \leq 1$ (MS3)

Pericolosità sismica media S2 – aree caratterizzate da substrato rigido affiorante con pendenze $>15^\circ$; aree stabili suscettibili di amplificazione locale per effetti stratigrafici caratterizzate da fattore di amplificazione $FA \leq 1,4$ (MS2/MS3); .

Pericolosità sismica elevata S3 - caratterizzate da fattore di amplificazione $FA > 1,4$; aree stabili suscettibili di amplificazione locale per effetti stratigrafici senza studi MS2/MS3; zone instabili per dissesto quiescente; zone di attenzione per liquefazione dinamica (MS1); zone di attenzione per crollo di cavità sotterranee.

Pericolosità sismica molto elevata S4 – zone instabili per dissesto attivo; zone di rispetto per faglie attive o capaci; zone di suscettibilità per liquefazione con $LPI > 2$ (MS3).

APPENDICE 1

Le miniere di Barberino di Mugello

Zona NO di Barberino capoluogo

“Miniera di Badia-Pallaio”

Dall'archivio minerario si conosce la seguente situazione stratigrafica:

- A nord si rinveniva il primo affioramento superficiale suborizzontale in parte scomparso per erosione; affiorava nell'incisione dei torrenti a nord della Badia con laterizzazione delle argille del tetto per antiche combustioni, e spessore di circa 2.50 sotto una copertura di 5-7 metri di argille e alluvioni. Era stato interessato dagli inizi dello sfruttamento con vasti scavi a cielo aperto probabilmente ricolmati;
- il secondo strato è inclinato, con profondità a partire da 15 fino a 37 metri e spessore m 2.50;
- terzo strato di spessore m 1.80 non è stato coltivato a causa della profondità.

Nelle cartografie di archivio, disponibili presso il Comune di Barberino, è mostrato l'involuppo delle gallerie e sono individuate gallerie in esercizio e gallerie o zone abbattute (periodo giugno 1942-gennaio 1947): nella Mappa B (agosto 1942) sono rappresentate le quote di piano campagna e del tetto del banco lignitifero coltivato con relative profondità; condizioni ripetute nella Mappa C (31/12/1942). L'ultimo documento registra la ripresa dei lavori nel periodo immediatamente post bellico (Mappa D – 29/10/1945-22/1/1947): mostra il piano del nuovo tracciamento, discenderie, l'ubicazione delle gallerie di carreggio e dei pozzi di ventilazione ed educazione delle acque, le zone abbattute ed esaurite, e le discariche di sterile in aree oggi in parte ormai urbanizzate.

Miniera “Toso”

La relativa concessione è posta a SO di Badia e i lavori di estrazione sono documentati nella mappa E non datata nella copia disponibile fornita da terzi; interessano l'intera superficie ma il documento non fornisce informazioni sulla profondità degli scavi. L'impianto era dotato di 2 imbocchi da sud (versante Lora) da cui si dipartivano le discenderie fino a superare il fronte delle argille laterizzate corrispondenti ad un presumibile livello lignitifero superficiale. L'involuppo delle gallerie interessa tutta la concessione; d'interesse il rilievo di una area circolare di sprofondamento di diametro di 10 metri prossima all'imbocco n.1 nei cui pressi era situato il piano di carico e il binario dei vagoncini di trasporto. Alcune aree, fra cui una ampia centrale, sembrano contrassegnate con il simbolo delle camere di svuotamento.

Nella zona immediatamente a sud della mappa F, databile al 1947, viene rappresentata la ridotta attività della cooperativa “La Partigiana Mineraria” in località “Colombaia” a sud di via delle Vacche che utilizzava le

medesime discenderie; vi è rappresentata un'area subcircolare di probabile sprofondamento del diametro di metri 20-25.

Nella documentazione storica i terreni pianeggianti prossimi al torrente Lora non risulterebbero interessati dai lavori di estrazione della lignite; tuttavia nei verbali del Corpo delle Miniere si contesta la necessità di mantenere le distanze di sicurezza dal corso d'acqua.

Zona NE di Barberino capoluogo

Miniera "Mercatale"

La concessione si estendeva lungo ambo i lati della via Tignano. E' disponibile una planimetria d'archivio (Mappa G) del 1921, realizzata presumibilmente al termine di lavori, che individua i lavori a nord della strada. L'estrazione avveniva con accesso da una lunga discenderia fino ad una modesta estensione di galleria con area di abbattimento. Non si ha documentazione in epoca successiva; le numerose indagini geognostiche e realizzate nelle proprietà interessate hanno individuato la presenza di un livello lignitifero alla profondità fra 6 e 14 metri dal p.c. confermando il quadro conoscitivo; i terreni posti a sud di via Tignano non hanno segnalato anomalie, rinvenute nei terreni a nord, secondo la disposizione della documentazione storica.

Zona S di Barberino capoluogo

Miniera "Croce di Strada"

Facendo riferimento ad un incrocio stradale caratteristico nella cartografia, situato ad ovest del cimitero fra la Provinciale di Barberino che attraversa la concessione e due strade che proseguono verso nord, la concessione si sviluppava nella zona settentrionale.

Sono disponibili le Mappe H ed I: la prima datata al 1939 riporta l'involuppo delle gallerie situate in 4 livelli, la seconda fornisce documentazione stratigrafica di sondaggi di ricerca: in particolare i valori di profondità del banco lignitifero e del suo spessore, in un quadro generale riferito all'ampio bacino fra il fiume Sieve ed i torrenti Lora, Stura e Colecchia.

Viene così tracciato il limite del giacimento lignitifero comprovato dagli esiti stratigrafici delle trivellazioni; in particolare gli orizzonti coltivabili sono individuati alle profondità fra 8 e 38 metri. La differenziazione dei livelli di coltivazione è spiegabile con l'inclinazione del banco oltre che con la presenza di più strati. La mappa H/1 riporta l'involuppo delle gallerie sulla situazione urbanistica attuale.

Concessione "Miniera di Barberino"

Estesa a sud e sudest della strada provinciale di Barberinese è rappresentata anch'essa nelle Mappe H ed I. I sondaggi di ricerca indicano spessori coltivabili di m 3.50 a profondità comprese fra 20 e 32.50 metri,

all'interno di un bacino delimitato a nord lungo l'allineamento C.se Strada e C. Ripa corrispondente ad un "alto" del substrato prelacustre.

Il giacimento era individuato anche verso nordest (cimitero, con profondità dei livelli a 26 e 32.5 metri del piano campagna) fino oltre il torrente Lora con affioramento del banco ai piedi di C. La Ripa, e sudest in località Andolaccio alla profondità di m 10. Di queste aree nella documentazione disponibile non risultano attività estrattive.

Si dispone di una completa indagine con numerosi sondaggi, prove penetrometriche e indagini geofisiche col metodo della tomografia elettrica.

I risultati hanno dato conferma dello schema stratigrafico con un primo livello di lignite posto a profondità da 12-14 metri e 23 dal piano campagna, variabile a causa della sua inclinazione (e per probabili faglie post genetiche). Sono state rilevate numerose cavità, diffuse e talora di notevoli dimensioni fino alla profondità di 23-25 metri dal piano campagna; solo la parte meridionale dell'area investigata è risultata non interessata da coltivazione; vi si rinviene il livello successivo individuato nei vecchi sondaggi minerari a oltre 30 metri di profondità. Le perforazioni odierne hanno incontrato acqua in pressione nelle cavità attraversate; si attribuisce il fenomeno alla modifica sulla falda causato dal livello di invaso del lago di Bilancino (quota minima estiva m 244, quota di massima m 252, quota p.c.259).

Nella parte settentrionale, a confine con la concessione della miniera di "Strada", è risultata la presenza di numerose cavità superficiali poste da 1 a 6 metri di profondità che, a differenza delle precedenti potrebbero risultare drenate.

Le attività ormai agonizzanti si esaurirono a metà degli anni cinquanta del secolo scorso.

Zona di Galliano

"Miniera di Gagliano"

Posta in destra del T. Tavaiano di fronte al centro abitato è illustrata dalle mappe minerarie d'archivio L, M; il periodo coperto è dal 1918 al 1948 dove è riportata una sezione ricostruita su sondaggi e con rilievi in galleria. Tramite gli studi eseguiti (sondaggi e profili di geofisica a riflessione) si individuano due strati con spessore di 2-3 metri alla profondità di m 20 e m 40 dal piano campagna e dei quali sono risultate anomalie dovute a cavità di coltivazione solo a carico del primo strato fra le quote 20-25 metri dal piano campagna. I lavori furono ripresi dopo la distruzione delle attrezzature esterne dovuta agli eventi bellici nel 1945 con la realizzazione del nuovo pozzo d'estrazione, per chiudere definitivamente nel 1952.

"Miniera di Pian di Gora"

Posta a nord di Galliano, a cavallo del torrente Traviano, dove esisteva un affioramento di lignite, è illustrata dalla Mappa O del 1918 e inquadrata nella Mappa N del 1926. Non si hanno notizie di ripresa di lavori posteriori al primo conflitto mondiale: la concessione molto ampia, accompagnata da alcuni sondaggi,

sembra essere stata solo parzialmente sfruttata anche a motivo della profondità dei livelli lignitiferi a sud di Galliano.