

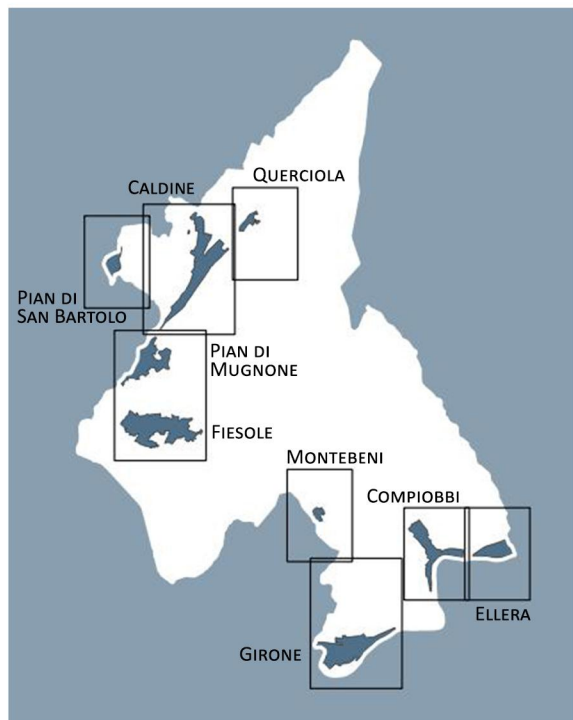
COMUNE DI FIESOLE

SINDACO
Anna Ravoni

ASSESSORE DEL TERRITORIO
Iacopo Zetti

ASSETTO DEL TERRITORIO
Responsabile del Procedimento
Luca Nespolo
Responsabile Dipartimento Urbanistica

COLLABORATORI
Francesco Tronci
Alberto Biagi
Carlo Cadoni
Angela Rosi
Matteo Piccioli



PROFESSIONISTI ESTERNI

Gianfranco Gorelli (coordinamento generale)

ASPETTI URBANISTICI
Gianfranco Gorelli
Michela Chiti
Chiara Nostrato
Alessandra Pacciani

ASPETTI ARCHEOLOGICI
ATS enterprise
Francesco Pericci

ASPETTI AGRONOMICO - FORESTALI
Ilaria Scatarzi

ASPETTI GEOLOGICI E SISMICI
GEO ECO Progetti
Gabriele Grandini
Eros Aiello
MODELLAZIONE IDRAULICA
WEST SYSTEM Srl
David Settesoldi

ASPETTI GIS
Chiara Nostrato
Lorenzo Bartali

ASPETTI DI PROGETTAZIONE URBANISTICA
Fabio Turcheschi

VALUTAZIONE AMBIENTALE STRATEGICA
Michela Chiti
Alessandra Pacciani

Garante dell'Informazione e della Partecipazione

REL.G00 - Relazione geologica

Indice generale

1. INTRODUZIONE	2
1.1 METODOLOGIA	3
2. PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE E EVENTI DI RIFERIMENTO	11
2.1 SISMICITA' DELL'AREA	11
2.2 RISCHIO SISMICO.....	15
2.3 MODELLAZIONE SISMICA	19
2.4 PERICOLOSITA' SISMICA	22
3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA	30
3.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E MORFOLOGICO	30
3.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E NOTAZIONI STRATIGRAFICHE	30
3.3 DESCRIZIONE DELLE FORMAZIONI.....	32
3.4 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE.....	35
3.5 ACCLIVITA' DEI VERSANTI	38
4. CARTA DELLA PERICOLOSITA' GEOLOGICA	40
5. IDROGRAFIA, IDROGEOLOGIA E RISCHIO DI INQUINAMENTO DELLE RISORSE IDRICHE SOTTERRANEE.....	45
5.1 CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE.....	45
5.2 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	45
5.3 VULNERABILITA' DEGLI ACQUIFERI	46
5.4 VINCOLI SOVRACCOMUNALI SULLA CAPACITA' DI RICARICA DELLE FALDE	47
5.5 VULNERABILITA' RELATIVA AL CONTESTO E AL RISCHIO IDRAULICO	50
5.6 CONTESTO e RISCHIO IDRAULICO nella PIANIFICAZIONE SOVRACCOMUNALE.....	51
5.7 ESONDAZIONI STORICHE e RETICOLO IDROGRAFICO.....	56
5.8 VINCOLI SOVRACCOMUNALI – D.P.C.M. n. 226/1999.....	57
6. CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA ai sensi del R.R. n. 53/R	59
7. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI	61
8. MODELLO DEL SOTTOSUOLO	67
9. INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE.....	68
10. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI	69
11. ELABORATI CARTOGRAFICI	70
11.1 INDIVIDUAZIONE DELLE AREE DI INDAGINE	72
11.2 CARTA DELLE INDAGINI E CARTA DELLE FREQUENZE.....	73
11.3 CARTA GEOLOGICO TECNICA PER LA MICROZONAZIONE SISMICA	75
11.4 CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS).....	79
11.5 CONSIDERAZIONI RELATIVE AGLI APPROFONDIMENTI CONDOTTI SULLE VARIE PORZIONI DI TERRITORIO INDAGATE	83
12. CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA	111
13. CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DANNI DEGLI EVENTI PASSATI	114
14. BIBLIOGRAFIA	115

1. INTRODUZIONE

L'Amministrazione Comunale di Fiesole è dotata di vigente Piano Regolatore Generale corredato da supporti geologico – tecnici costituiti da:

- Piano Strutturale approvato con deliberazione di C.C. n. 41 del 12/04/1999.
- Regolamento Urbanistico approvato con deliberazione C.C. n. 30 del 22.04.2009 a cui è succeduta una Variante di riapprovazione di alcune previsioni decadute approvata con D.C.C. n. 77 del 23/11/2017.

Sulla scorta delle esperienze maturate nella gestione di questi anni l'amministrazione comunale di Fiesole ha ritenuto opportuno provvedere alla stesura di un nuovo "Piano Strutturale", aggiornando il relativo quadro conoscitivo di riferimento e le normative derivanti dalla promulgazione della L.R. 10 novembre 2014, n. 65 "Norme per il governo del territorio" e s.m.e.i. che ha modificato gli obiettivi strategici de precedenti normati accentuando l'importanza delle risorse essenziali, la priorità del recupero dell'esistente e la tutela del territorio rurale e dalla L.R. 24 luglio 2018, n. 41 "*Disposizioni in materia di rischio alluvioni e di tutela dei corsi d'acqua in attuazione del decreto legislativo 23 febbraio 2010, n. 49 (Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni). Modifiche alla l.r. 80/2015 e alla l.r. 65/2014*", che ha introdotto norme inerenti la "gestione del rischio" riguardanti gli interventi da realizzare nelle aree soggette a pericolosità idraulica.

In base alla Legge regionale n. 65/2014 "Norme per il governo del territorio", la Regione Toscana individua in Comuni, Province e in se stessa i soggetti preposti alla tutela, valorizzazione e gestione delle risorse del territorio, nell'ottica di uno sviluppo sostenibile che garantisca alle generazioni presenti e future migliori qualità di vita.

All'art. 104 della Legge regionale n. 65/2014 si evidenzia che il piano strutturale debba definire, sulla base di indagini, studi ed approfondimenti specifici, le dinamiche idrogeologiche in essere e le relative condizioni di equilibrio rispetto alle quali valutare gli effetti delle trasformazioni in previsione. lo scopo ultimo delle indagini geologiche e idrologiche-idrauliche è "verificare la pericolosità del territorio per gli aspetti idrogeologici, idraulici, di dinamica costiera e sismici e che debbano essere evidenziate le aree che risultino esposte a rischi con particolare riferimento alle aree urbanizzate, alle infrastrutture di mobilità e alle trasformazioni del territorio rurale".

Tramite questa legge vengono messi al centro dell'operato concetti innovativi e moderni, come lo sviluppo sostenibile e la qualità della vita dei cittadini, che avevano fatto la loro prima comparsa nel quadro normativo nazionale nella Legge n. 183/1989 "Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo".

La Regione Toscana recepisce, rielabora e concretizza molti concetti contenuti nella Legge n°183/1989, in particolare un'azione di governo del territorio basata sulla conoscenza del territorio, che viene in itinere incrementata in un'ottica di collaborazione fra Regione, Province e Comuni.

Ogni Ente interviene alla scala del proprio strumento di pianificazione, la Regione approva il Piano di Indirizzo Territoriale (art. 88 e 89 della Legge regionale n. 65/2014) che opera a grande scala e individuando delle linee guida, mentre la Provincia/Area Metropolitana approvano il Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale "P.T.C.P." (art. 90 della Legge regionale n. 65/2014) o il Piano Territoriale della Città Metropolitana "P.T.C.M.", operando già a una scala minore e infine il Comune provvede alla formazione del Piano Strutturale

(art. 92 della suddetta Legge regionale) realizzandolo nel rispetto di quanto indicato nei due precedenti strumenti urbanistici.

In breve, la pianificazione territoriale viene realizzata da Regione, Province e Comuni, passando da una visione di insieme con indicazioni generali a un dettaglio sempre maggiore con studi puntuali del territorio e disposizioni ad hoc per una determinata area all'interno di quel territorio.

1.1 METODOLOGIA

Con il D.P.G.R. 25 ottobre 2011, n. 53/R “Regolamento di attuazione dell’art. 62 della legge regionale 3 gennaio 2005, n. 1 (Norme per il governo del territorio) in materia di indagini geologiche” la Regione Toscana fornisce una accurata metodologia di lavoro per la realizzazione dei supporti geologici ad atti di pianificazione urbanistica, regolando e disciplinando:

- a) le direttive tecniche per le indagini atte a verificare la pericolosità del territorio sotto il profilo geologico, idraulico, la fattibilità delle previsioni e per la valutazione degli effetti locali e di sito in relazione all’obiettivo della riduzione del rischio sismico, di seguito indicate “indagini geologico-tecniche”;
- b) la procedura del deposito delle indagini geologico-tecniche presso le strutture regionali competenti;
- c) le modalità del controllo delle indagini geologico-tecniche di cui sopra da parte della struttura regionale competente.

Il Comune di Fiesole, con proprie determinazioni n. 696 del 04.12.2017 e n. 756 del 21.12.2017, individua in Geo Eco Progetti (per le competenze geologiche e sismiche) e con determinazione n. 339 del 25.06.2018 West System srl divisione Physis Ingegneria per l’Ambiente (per gli studi di modellazione idraulica quantitativa) i “soggetti realizzatori” delle indagini in questione da svolgersi nelle more e modalità previste dalle precipe specifiche tecniche regionali e con esplicito riferimento, per l’aspetto sismico, agli “Indirizzi e Criteri Generali per la Microzonazione Sismica” (in seguito denominati ICMS) approvati, nell’ottobre 2015, dal Dipartimento della Protezione Civile e dalla Conferenza delle Regioni e Province Autonome.

Il presente supporto “geologico – tecnico” al nuovo Piano Strutturale intende inoltre perseguire i seguenti obiettivi:

- aggiornare il quadro conoscitivo relativo ai rischi territoriali alle indicazioni normative di recente promulgazione compresa la relativa normativa di riferimento. La Regione Toscana ha adottato il Piano di Indirizzo Territoriale (PIT) con valenza paesaggistica con Del. C.R. n. 37 del 27 marzo 2015;
- provvedere allo svolgimento degli adempimenti man mano scadenzati dalla Autorità di Bacino del Fiume Arno/Autorità di Bacino Distrettuale dell’Appennino Settentrionale in merito alle proposte di modifica e/o formulazione di osservazioni relativamente alle perimetrazioni delle zone a pericolosità geomorfologica ed idraulica nei piani settoriali di bacino (P.A.I. per l’aspetto geomorfologico e rischio di frana e P.G.R.A. “Piano Gestione Rischio Alluvioni del Distretto dell’Appennino Settentrionale” per la pericolosità idraulica sui corsi d’acqua costituenti il reticolo idraulico).

Nel presente studio si è, inoltre, tenuto conto degli indirizzi espressi dal piano territoriale di coordinamento provinciale (P.T.C.P. della Provincia di Firenze). Con Deliberazione del Consiglio Provinciale n. 1 del 10/01/2013 è stata approvata la variante di adeguamento del PTCP, ai sensi dell’art.17 della L.R. 1/’05. L’avviso

relativo all'approvazione è stato pubblicato sul Bollettino Ufficiale della Regione Toscana n. 11 del 13.03.2013. Lo strumento di pianificazione in oggetto ha acquistato efficacia dalla data di tale pubblicazione.

Il piano territoriale di coordinamento provinciale (P.T.C.P.) si propone di far sì che la pianificazione territoriale sia basata su una “compatibilità ecologica” connessa con i vincoli imposti dalla natura e sia nello stesso tempo capace di mutamenti e modificazioni in relazione alle corrispettive metamorfosi del territorio.

In tale ottica, all'interno della progettazione di un atto di pianificazione urbanistica, la protezione idrogeologica non deve essere vista come una successione di vincoli e divieti, ma deve assumere una connotazione di supporto alla realizzazione di un “piano-processo”, capace di comporsi in maniera flessibile alla successione di eventi di diversa natura.

La finalità ultima è quella di prendere visione dell'attuale struttura del territorio e stimare la compatibilità della sua utilizzazione con le sue caratteristiche fisiche.

Questo processo si effettua tramite la valutazione del rischio che si possano verificare differenti eventi calamitosi e/o di dissesto idrogeologico.

Un tale livello di indagine si pone i seguenti obiettivi:

- rendere disponibili informazioni dettagliate sia sulle caratteristiche idrogeomorfologiche del territorio comunale, che sulle qualità geologico-tecniche del terreno e del suo probabile comportamento, quando sia sottoposto a sollecitazioni dinamiche, garantendo un livello di precisione il cui costo sia compatibile con le finalità proprie di uno strumento urbanistico e raffrontabile ai benefici conseguenti alla sua attuazione;
- rendere disponibili tali conoscenze sin dalle prime fasi del processo di selezione (scelta delle aree e relative destinazioni d'uso) in modo da concentrare l'attenzione su quelle con minori problematiche;
- consentire scelte supportate da dati oggettivi imponendo la predisposizione di dettagliati piani di indagine, progetti di consolidamento e di predisposizione di accorgimenti per la riduzione del rischio idraulico e relativi controlli di cui siano noti i costi ed i probabili effetti nelle aree che presentano problemi di stabilità e rischio idraulico;
- fornire informazioni di buona precisione, anche se non esaustive, per interventi diversi da quelli strettamente urbanistico-edilizi”.

Inoltre, occorre ricordare che per la realizzazione del presente supporto geologico-tecnico alla revisione generale del quadro conoscitivo di riferimento del nuovo Piano Strutturale, oltre alle normative nazionali e regionali (che verranno meglio approfondite nel paragrafo successivo), sono state tenute presenti le salvaguardie dettate dall'Autorità di Bacino del Fiume Arno/Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale mediante:

- D.P.C.M. 5 novembre 1999, n. 226 “Approvazione del piano stralcio relativo alla riduzione del rischio idraulico del Bacino del Fiume Arno”;
- “Approvazione del piano di bacino del F. Arno, stralcio Assetto Idrogeologico (PAI) e delle relative misure di salvaguardia”, approvato con D.P.C.M. del 6.5.2005 (ad oggi limitatamente all'aspetto relativo alla pericolosità per frana e rischio geomorfologico) avendo il Comune di Fiesole già attuato le procedure per le modifiche di tali perimetrazioni ai sensi degli artt. 27 e 32 delle stesse N.T.A. del P.A.I. in sede di definizione del quadro conoscitivo del presente Piano Strutturale;
- “Approvazione del piano di bacino del F. Arno, stralcio Bilancio Idrico e delle relative misure di salvaguardia”, adottato in via definitiva dal Comitato Istituzionale del 18 luglio 2012 con delibera n. 222 e definitivamente

approvato con D.P.C.M. del 20.2.2015 che detta disposizioni generali e misure di attenzione in funzione della capacità di ricarica dei principali acquiferi individuati nel materasso alluvionale del Fiume Arno;

- approvazione, in data 3 marzo 2016 con Deliberazione del Comitato Istituzionale della Autorità di Bacino del Fiume Arno n. 235, del Piano Gestione Rischio Alluvioni (PGRA), come richiesto dalle due direttive europee [2000/60/CE](#) e [2007/60/CE](#), nel contesto delle attività demandate al Distretto dell'Appennino Settentrionale con il coordinamento della Autorità di Bacino del Fiume Arno.

In relazione a tali normati:

- per quanto concerne gli aspetti inerenti la pericolosità geomorfologica gli elaborati del presente quadro conoscitivo rappresentano il risultato del percorso intrapreso per la modifica dei relativi azzonamenti ai sensi degli artt. 27 e 32 delle stesse NTA di P.A.I. del Bacino Arno conclusosi con emanazione del Decreto **n. ... del02.2019** del Segretario Generale della Autorità di Bacino dell'Arno relativamente alla approvazione di modifiche delle perimetrazione delle aree a pericolosità geomorfologica ed idraulica del P.A.I..

Relativamente all'aspetto idraulico si dettaglia quanto segue, demandando la trattazione agli elaborati allestiti da West Systems s.r.l. (gennaio 2019) per il supporto al presente nuovo P.S.:

- in data 27.08.2018 la società West Systems s.r.l. è stata incaricata della redazione di studi di modellazione idraulica a supporto del nuovo Piano Strutturale e al successivo Piano Operativo;
- per il territorio comunale sono disponibili una serie di studi relativi sia alla valutazione della pericolosità idraulica sia alla definizione e alla progettazione degli interventi di messa in sicurezza.

In particolare si ricordano:

- studi a supporto del P.G.R.A. condotti dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale;
- West Systems srl ha redatto lo studio di modellazione idraulica in ottemperanza a quanto previsto dal D.P.G.R. n. 53/R/2011 ad oggi vigente, dalle direttive degli Enti preposti e alle linee guida per l'aggiornamento del PGRA (Piano di Gestione Rischio Alluvioni del Distretto Appennino Settentrionale) per il tramite della Autorità di Bacino del Fiume Arno e dalla L.R. 41/2018. Tali elaborazioni costituiscono un aggiornamento rispetto al precedente quadro conoscitivo desumibile dagli studi precedenti.

In particolare, gli ambiti di natura idrologico e idraulica oggetto di ulteriore approfondimento sono stati:

- utilizzo delle nuove curve di possibilità pluviometrica sviluppate dall'Università degli Studi di Firenze per conto della Regione Toscana con i dati aggiornati fino al 2012;
- utilizzo delle condizioni al contorno fornite dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale per i corsi d'acqua confluenti nel fiume Arno, come previsto dall'art. 14 della disciplina del P.G.R.A.;
- estensione dell'area di indagine in relazione alle indicazioni fornite in fase preliminare dagli istruttori del Genio Civile Valdarno Superiore sede di Firenze.

- la Regione Toscana a seguito degli eventi alluvionali del 2011 ha commissionato alla Università uno studio di supporto alla valutazione del rischio idraulico nella Regione Toscana. Nell'ambito della Macroattività B – Modellazione idrologica – Attività B1 – Regionalizzazione precipitazioni sono state aggiornate le curve di possibilità pluviometrica con i dati fino al 2012. Nell'ambito della Macroattività B – Modellazione idrologica – Attività B2 – Modellazione idrologica caso pilota e Implementazione modello distribuito Mobidic sono state calcolate le caratteristiche idrologiche dei suoli della Toscana. Le valutazioni idrologiche sono pertanto state svolte in ottemperanza a tali linee guida.

- le verifiche idrauliche sono condotte in riferimento ai seguenti corsi d'acqua, per una lunghezza complessiva di 13.6 km di reticolo:

- torrente Mugnone;
- torrente Mugnoncello;
- torrente Sambre;
- fosso Molina;
- fosso Capparello;
- fosso Santa Margherita;
- fosso Caldine;
- fosso Capannucce;
- fosso Ponticello;
- fosso Pian del Mugnone;
- fosso del Bargellino;
- fosso del Fossataccio;
- fosso Anchetta;
- fosso Calcinaia;
- fosso Ellera;
- fosso Girone;
- fosso Montalbano;
- fosso Pontanico;
- fosso Romena;
- borro alle Falle;

Tali studi (condotti da West System srl – divisione Physis - Ing. David Settesoldi) a seguito di validazione da parte dell'Ente preposto (Genio Civile sui corsi d'acqua secondari e Ad.B Appennino Settentrionale sui corsi d'acqua del reticolo principale) costituiranno oggetto di istanza per riperimetrazione delle zone a pericolosità idraulica del P.G.R.A. da parte della Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale.

La presente introduzione ha lo scopo di sottolineare come l'elaborazione del presente supporto geologico/idraulico costituente il quadro conoscitivo in materia "idrogeologica" del Piano Strutturale rappresenti uno strumento di grande valore per attingere informazioni disponibili presso altri Enti e per approfondire le conoscenze sul territorio, in un ottica di piena collaborazione fra tutti i soggetti coinvolti direttamente o indirettamente nel governo del territorio.

Partendo dalle citate elaborazioni di "quadro conoscitivo di riferimento", precedentemente sviluppate, per l'espletamento del presente programma di lavoro, è stata adottata, come metodologia di base, quanto espressamente contenuto nel D.P.G.R. 25 ottobre 2011, n. 53/R "Regolamento di attuazione dell'art. 62 della legge regionale 3 gennaio 2005, n. 1 (Norme per il governo del territorio) in materia di indagini geologiche", oltre a tener conto delle indicazioni di cui alla L.R. 24 luglio 2018, n. 41 "*Disposizioni in materia di rischio alluvioni e di tutela dei corsi d'acqua in attuazione del decreto legislativo 23 febbraio 2010, n. 49 (Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni). Modifiche alla l.r. 80/2015 e alla l.r. 65/2014*".

In attuazione al comma 2.1 dell'allegato A al D.P.G.R. n. 25 ottobre 2011, n. 53/R, i contenuti delle presenti indagini si articolano in:

- a) **Sintesi delle conoscenze**
- b) **Analisi ed approfondimenti**
- c) **Valutazioni di pericolosità**

Nel dettaglio, per quanto concerne i tematismi cartografici previsti dalle disposizioni regionali in materia di supporto geologico alla pianificazione urbanistica, si è provveduto alla nuova elaborazione e/o revisione dei tematismi cartografici con cartografie tematiche in scala 1:10.000 e approfondimenti in scala 1:5.000 (come codificato al paragrafo B del punto 2.1 e al punto 2.2 dell'allegato A al Regolamento 53/R) secondo le specifiche sotto dettagliate.

La Regione Toscana (Direzione Ambiente ed Energia – Settore Sismica), con Decreto n. 13460 del 14.12.2016 ha inserito il Comune di Fiesole nella graduatoria dei comuni relativa alla erogazione di finanziamenti previsti per la redazione di **indagini e studi di microzonazione sismica sui centri urbani** di cui alla Del. G.R.T. n. 144 del 23.02.2015.

Il presente studio è finanziato ai sensi dell'Ordinanza O.C.D.P.C. n. 171/2014 – art. 2, comma 1 lett. a, che disciplina a livello nazionale i contributi per gli interventi di prevenzione del rischio sismico già previsti all'art. 11 della legge n. 77 del 24 giugno 2009.

Relativamente alle zone di approfondimento assoggettate a studi di microzonazione sismica il programma di lavoro è stato sviluppato secondo quanto definito dalla Regione Toscana nella propria Delibera n. 971 del 25.11.2013, dove all'appendice 1 viene definito il “programma minimo” di tali studi dettagliando:

- 1) *indicazione delle aree di indagine,*
- 2) *indicazione del quantitativo minimo e delle tipologie di indagine da realizzare,*
- 3) *indicazione della documentazione tecnica da produrre.*

In merito ai tre citati punti si dettaglia quanto segue:

1) *Indicazione delle aree di indagine*

Secondo quanto indicato dalle istruzioni tecniche in materia le suddette attività devono essere concentrate in corrispondenza dei centri urbani maggiormente significativi che il Comune individua secondo le specifiche di cui al Par. 1.B.1.2 delle ITR (Istruzioni Tecniche Regionali) del Programma VEL e perimetra secondo i criteri definiti dagli ICMS.

L'Amministrazione Comunale, di compendio con la Struttura Regionale deputata, ha individuato le seguenti aree:

- capoluogo di Fiesole (comprensivo delle località di Ponte alla Badia, San Domenico e Borgunto)
- frazioni di Pian di Mugnone e Caldine
- frazioni di Girone e Anchetta
- frazioni di Compiobbi ed Ellera
- frazione di Pian di San Bartolo
- frazioni di Poggio Gherardo e di L'Arcolaio
- frazione di Olmo
- frazioni di Querciola e Spedaluzzo
- frazione di Montebeni

Al fine di una migliore rappresentazione delle strutture geologiche e delle fenomenologie geomorfologiche, i tematismi cartografici allestiti sono inoltre stati estesi a quelle porzioni di territorio, in adiacenza ai centri urbani,

per cui fosse disponibile cartografia C.T.R. in scala 1:2.000, ricorrendo talvolta a “mosaici cartografici” con cartografia C.T.R. in scala 1:10.000, in settori di particolare interesse ove non fosse disponibile cartografia in scala 1:2.000.

2) Indicazione del quantitativo minimo e delle tipologie di indagine da realizzare

Relativamente alle cartografie geologiche e geomorfologiche in prima fase si è fatto riferimento alle cartografie originali in scala 1:10.000 realizzate nell’ambito del supporto geologico tecnico al vigente Piano Strutturale del Comune di Fiesole per l'intero territorio comunale. Tali cartografie sono state rivisitate mediante le recenti indicazioni della cartografia regionale CARG e con appositi rilievi di campagna geologico e geomorfologico di dettaglio.

Si è provveduto inoltre ad acquisire tutte le indagini geognostiche e geofisiche esistenti sulle porzioni di territorio in esame reperibile presso gli archivi regionale, provinciale e comunale.

Il Coordinamento Regionale Prevenzione Sismica ha, inoltre, fornito l’indicazione di minima, in funzione del quadro conoscitivo esistente, circa la realizzazione delle seguenti indagini geofisiche minime obbligatorie:

- n. 5 linee di sismica a rifrazione con onde P ed onde SH, con restituzione secondo tecniche di analisi a rifrazione classica e tomografica, delle velocità V_p e V_s nel sottosuolo, per caratterizzare dinamicamente sia la copertura presente sia il substrato roccioso ed individuarne la morfologia del tetto del substrato roccioso;
- n. 5 prove sismiche a rifrazione di tipo Masw per caratterizzare la velocità delle onde sismiche di taglio nel suolo e definire la categoria sismica di sottosuolo secondo le N.T.C. 2008;
- n. 42 prospezioni geofisiche con acquisizione ed analisi dei microtremori (HVSr), e con processo di inversione e interpretazione secondo la metodologia di analisi del rapporto spettrale H/V o di Nakamura, per la definizione della frequenza naturale dei terreni e per la determinazione dell’eventuale comportamento amplificativo degli stessi (tempo di esposizione non inferiore a 40 minuti).

3) Indicazione della documentazione tecnica da produrre

La delibera prevede che lo studio di microzonazione sismica restituisca i seguenti elaborati tecnici per ciascuna delle frazioni indagate:

- carta delle indagini
 - carta geologico-tecnica con relative sezioni
 - carta delle frequenze
 - carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (M.O.P.S.) con relative sezioni
- e a compendio delle varie cartografie allestite la presente relazione tecnica illustrativa.

Per le venti frazioni come sopra dettagliate sono pertanto stati realizzati tutti i tematismi sotto dettagliati su base cartografica C.T.R. in scala 1:5.000 (scala adottata per la restituzione grafica dei tematismi rilevati in scala 1:2.000 di dettaglio).

Si riassume nella sottostante tabella descrittiva il dettaglio degli elaborati costituenti il presente studio di supporto al nuovo Piano Strutturale.

ELABORATI RELATIVI AL SUPPORTO GEOLOGICO – TECNICO AL “PIANO STRUTTURALE”

QUADRO CONOSCITIVO DI RIFERIMENTO

Sigla Elaborato	Titolo	Scala	Data di emissione
REL.G00	Relazione geologico-tecnica		gennaio 2019
QC.G01	Carta geologica (foglio unico)	1:10.000	gennaio 2019
QC.G02	Carta geomorfologica (foglio unico)	1:10.000	gennaio 2019
QC.G03	Carta idrogeologica (foglio unico)	1:10.000	gennaio 2019
STR.G04	Carta della pericolosità geologica (foglio unico)	1:10.000	gennaio 2019
QC.G05 a/b	Carta delle indagini (due fogli)	1:5.000	gennaio 2019
QC.G06 a/b	Carta delle frequenze (due fogli)	1:5.000	gennaio 2019
QC.G07 a/b	Carta geologico-tecnica in prospettiva sismica (due fogli)	1:5.000	gennaio 2019
QC.G08 a/b	Carta delle MOPS (microzone omogenee in prospettiva sismica – due fogli)	1:5.000	gennaio 2019
QC.G09	Sezioni geologico tecniche	1:2000	gennaio 2019
QC.G10	Indagini geofisiche di caratterizzazione sismica per la realizzazione di cartografie di microzonazione sismica, MOPS realizzate da ENKI s.r.l. (illustrazione e certificazioni delle prove eseguite e cartografia relativa a frequenze, inquadramento generale e di dettaglio)		gennaio 2019
STR.G11 a/b	Carta della pericolosità sismica	1:5.000	gennaio 2019

Aspetti idraulici – Si rimanda allo specifico studio di verifica modellazione quantitativo numerica e conseguenti valutazioni di pericolosità svolte in apposita trattazione di cui agli elaborati sotto dettagliati (West System srl_divisione Physis)

Relazioni

REL.I01 — Relazione idrologica e idraulica

Allegati

All1.REL.I01 — Tabulazione dati Autorità di Bacino Distrettuale dell’Appennino Settentrionale

All2.REL.I01 — [Tabulati verifiche idrauliche](#)

All3.REL.I01 — [Profili longitudinali e sezioni fluviali verifiche idrauliche torrente Mugnone e affluenti](#)

All4.REL.I01 — [Profili longitudinali e sezioni fluviali verifiche idrauliche affluenti fiume Arno](#)

Elaborati grafici

QC.I01a — Planimetria rilievo – Torrente Mugnone e affluenti (Scala 1:2.000)

QC.I01b — Planimetria rilievo – Affluenti Arno (Scala 1:2.000)

QC.I02a — Planimetria modello idraulico torrente Mugnone e affluenti (Scala 1:5.000)

QC.I02b — Planimetria modello idraulico torrenti affluenti fiume Arno (Scala 1:5.000)

QC.I03a — [Battenti idrometrici di esondazione Tr=30 anni torrente Mugnone e affluenti \(Scala 1:5.000\)](#)

QC.I03b — [Battenti idrometrici di esondazione Tr=200 anni torrente Mugnone e affluenti \(Scala 1:5.000\)](#)

QC.I04a — [Velocità di propagazione delle esondazioni Tr=30 anni torrente Mugnone e affluenti \(Scala 1:5.000\)](#)

QC.I04b — [Velocità propagazione delle esondazioni Tr=200 anni torrente Mugnone e affluenti \(Scala 1:5.000\)](#)

QC.I05a — [Battenti idrometrici di esondazione Tr=30 anni affluenti fiume Arno \(Scala 1:5.000\)](#)

QC.I05b — [Battenti idrometrici di esondazione Tr=200 anni affluenti fiume Arno \(Scala 1:5.000\)](#)

QC.I06a — [Velocità di propagazione delle esondazioni Tr=30 anni affluenti fiume Arno \(Scala 1:5.000\)](#)

QC.I06b — [Velocità di propagazione delle esondazioni Tr=200 anni affluenti fiume Arno \(Scala 1:5.000\)](#)

STR.I01a — [Aree inondabili torrente Mugnone e affluenti \(Scala 1:5.000\)](#)

STR.I01b — [Aree inondabili affluenti fiume Arno \(Scala 1:5.000\)](#)

STR.I02 — [Pericolosità idraulica ai sensi del 53/R \(Scala 1:10.000\)](#)

STR.I03 — [Pericolosità idraulica ai sensi del P.G.R.A. \(Scala 1:10.000\)](#)

STR.I04a — [Magnitudo idraulica ai sensi della L.R. 41/2018 torrente Mugnone e affluenti \(Scala 1:5.000\)](#)

STR.I04b — [Magnitudo idraulica ai sensi della L.R. 41/2018 affluenti fiume Arno \(Scala 1:5.000\)](#)

Gli elaborati costituenti la “**sintesi delle conoscenze**” scritti **in nero** sono quelli del “quadro conoscitivo di riferimento” elaborato ed aggiornato rispetto al precedente supporto geologico al Piano Strutturale.

Gli elaborati costituenti le “**analisi ed approfondimenti**” evidenziati **in colore blu** consistono in tematismi cartografici, realizzati in scala di maggior dettaglio (1:5.000) per le frazioni dettagliate nel sovrastante schema e prescelte dall’Amministrazione congiuntamente agli Istruttori del Genio Civile di Firenze e del Servizio Prevenzione Sismica della Regione Toscana, finalizzati alla acquisizione di conoscenze prodromiche alla realizzazione della carta della pericolosità sismica e geologica e nelle zone interferenti con il reticolo per la definizione della pericolosità idraulica.

Gli elaborati costituenti le “**valutazioni di pericolosità**” evidenziati **in colore violetto** sono costituiti da:

- **Carta della pericolosità geologica** allestita, in attuazione del regolamento 53/R in scala 1:10.000 (Elab. STR.G04. Su tale elaborato sono state, inoltre, riportate con apposita indicazione le aree classificate come P.F.4 e P.F.3 (“perimetrazione delle aree a pericolosità da frana” secondo le modifiche agli elaborati di PAI del gennaio 2019 che sono scaturite dall’istruttoria relativa, eseguita in ottemperanza agli artt. 27 e 32 delle stesse NTA di PAI nel 2013) codificate negli elaborati grafici di P.A.I. approvato con D.P.C.M. 6.5.2005 e pertanto soggette alle relative salvaguardie.
- **Carta della pericolosità sismica** realizzata in attuazione alle indicazioni tecniche dettate dal Regolamento Regionale n. 53/R e dagli ICMS, a seguito di redazione di approfondimento con microzonazione sismica di 1° livello per i centri urbani (elaborati STR.G11 a/b).
- **Carta della pericolosità idraulica** realizzata, in attuazione alle indicazioni tecniche dettate dal Regolamento Regionale n. 53/R e L.R. n. 41/2018, a seguito di modellazione idrologico idraulica quantitativa (West Systems srl – gennaio 2019 - elaborati STR.I02).

Si precisa, inoltre, che in merito alle problematiche di carattere idraulico, relativo rischio di inondazione e definizione degli areali a pericolosità idraulica anche tramite modellazione idraulica quantitativa, si demanda alla trattazione di West Systems srl divisione Physis (Ing. David Settesoldi) all’uopo incaricata dall’Amministrazione Comunale.

Si dettaglia che la cartografia realizzata nel presente studio di “microzonazione sismica” costituisce implementazione e adeguamento del quadro conoscitivo del supporto geologico – tecnico agli strumenti urbanistici del Comune di Fiesole, ai sensi del Regolamento Regionale n. 53/R, e risulta di fondamentale importanza per improntare future eventuali scelte secondo il principio dello sviluppo sostenibile.

A questo scopo è importante evidenziare che tutta la cartografia tematica elaborata è georeferenziata nel sistema di riferimento Gauss Boaga, e perciò coerente con la topografia della Carta Tecnica Regionale scala 1:10.000 / 1:2.000 ed è presentata anche nel sistema WGS84UTM33N.

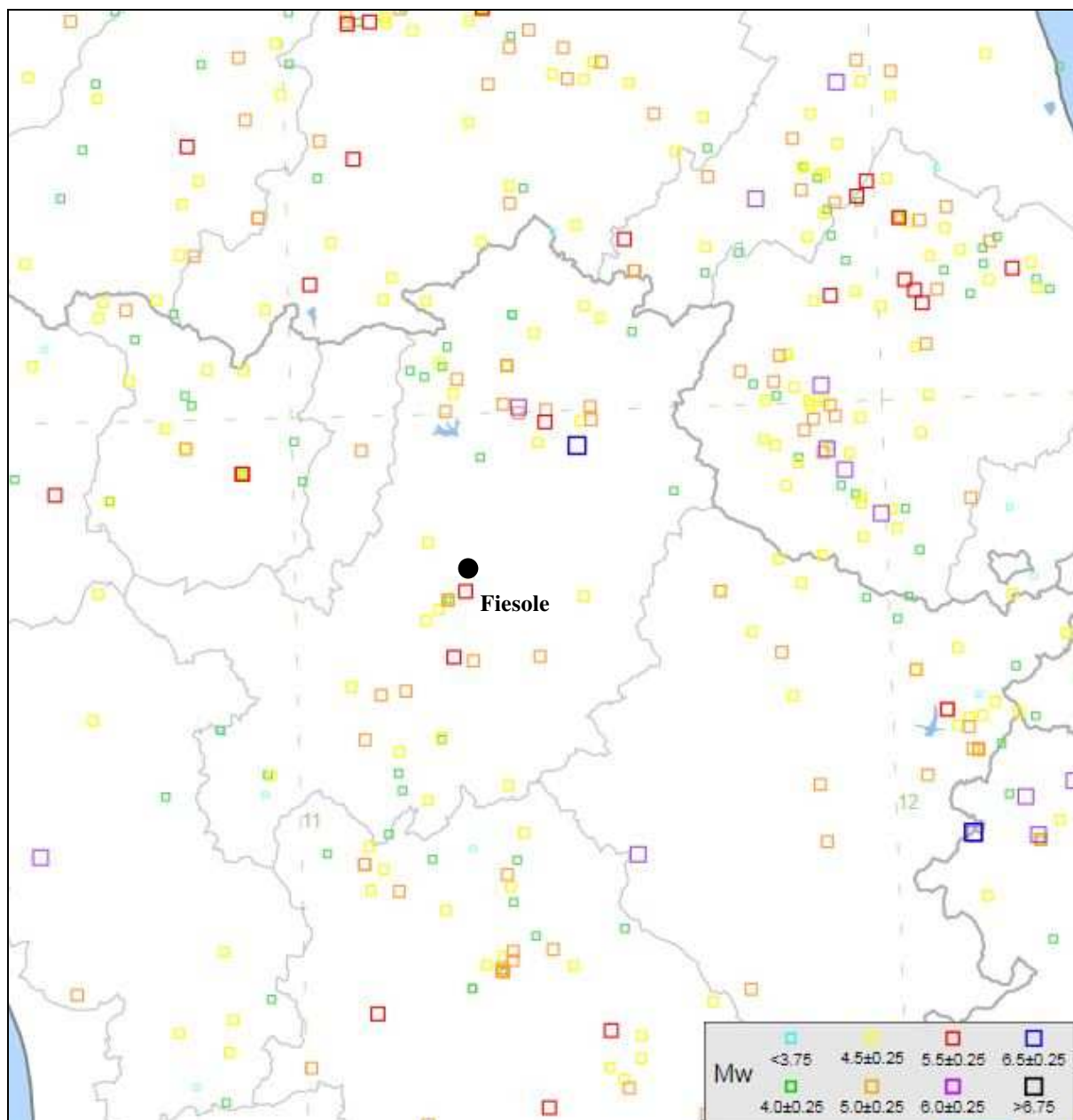
I dati tematici sono tutti vettoriali ed inseriti all’interno di una Banca Dati GIS facilmente interrogabile e aggiornabile, in ottemperanza a quanto richiesto nell’art. 28 della L.R. 1/2005; in particolare, i dati consegnati alla amministrazione comunale sono in formato sia “shape” che “pdf”.

Le note illustrative, relative alle tavole elencate, sono contenute nel presente fascicolo “**G.0 - Relazione tecnica**”.

2. PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE E EVENTI DI RIFERIMENTO

2.1 SISMICITA' DELL'AREA

La sismicità storica del Comune di Fiesole è stata ricostruita con la consultazione del “Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15 Release v1.5 - Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds), 2016. CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. <http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15>).



Localizzazione degli eventi macrosismici a livello regionale nel territorio circostante il Comune di Fiesole (Periodo 1000 – 2014)

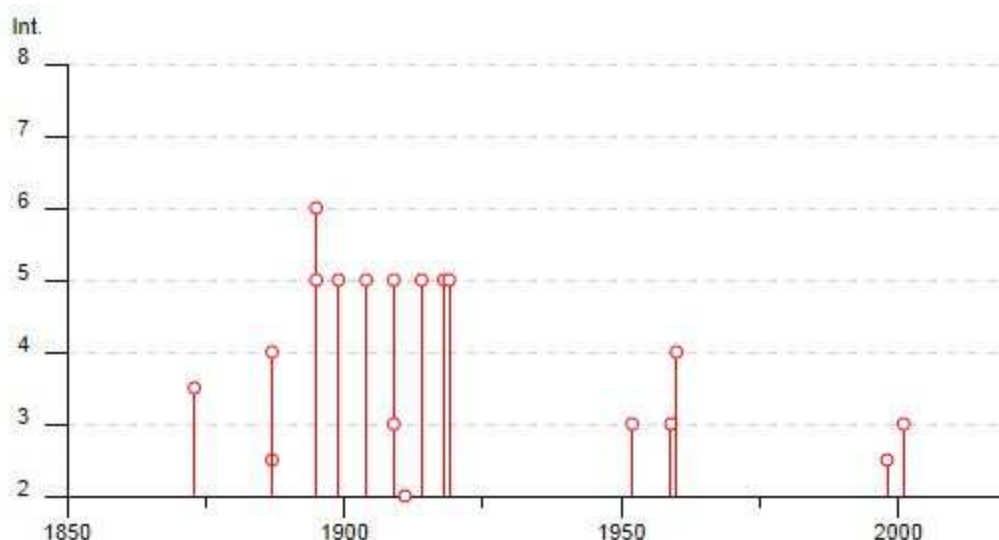
In particolare gli effetti macrosismici che hanno interessato il Comune di Fiesole sono riconducibili a n. 27 eventi sismici, verificatisi dal 1873 al 2003, con vario grado di intensità sismica. (cfr. Database Macrosismico Italiano DBMI15 - Release v1.5 - Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Conte S., Rocchetti E. (2016). DBMI15, the

2015 version of the Italian Macroseismic Database. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.
doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI15>).

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
3-4	🔗	1873	03	12	20	04	Appennino marchigiano	196	8	5.85
F	🔗	1878	06	04	14	40	Bolognese	13	5	4.52
2-3	🔗	1887	02	23	05	21 5	Liguria occidentale	1511	9	6.27
4	🔗	1887	11	14	05	48 0	Fiorentino	101	6	4.47
6	🔗	1895	05	18	19	55 1	Fiorentino	401	8	5.50
5	🔗	1895	06	06	00	35 0	Fiorentino	29	5-6	4.55
5	🔗	1899	06	26	23	17 2	Valle del Bisenzio	138	7	5.02
5	🔗	1904	11	17	05	02	Pistoiese	204	7	5.10
5	🔗	1909	01	13	00	45	Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
3	🔗	1909	08	25	00	22	Crete Senesi	259	7-8	5.34
2	🔗	1911	02	19	07	18 3	Forlivese	181	7	5.26
5	🔗	1914	10	27	09	22	Lucchesia	660	7	5.63
5	🔗	1918	11	10	15	12 2	Appennino forlivese	187	9	5.96
5	🔗	1919	06	29	15	06 1	Mugello	565	10	6.38
NF	🔗	1950	09	05	04	08	Gran Sasso	386	8	5.69
3	🔗	1952	07	04	20	35 1	Appennino forlivese	64	7	4.94
NF	🔗	1952	12	02	06	13 2	Appennino forlivese	53	5	4.42
NF	🔗	1956	04	26	03	00 0	Appennino bolognese	89	6	4.74
NF	🔗	1957	04	30	06	05 0	Alta Valtiberina	57	5	4.23
3	🔗	1959	03	24	10	24	Fiorentino	28	7	4.85
4	🔗	1960	10	29	00	08 3	Mugello	69	7	4.91
NF	🔗	1969	01	06	22	03 2	Appennino pistoiese	74	6-7	4.67
NF	🔗	1970	02	09	07	39	Appennino forlivese	30	5-6	4.50
2-3	🔗	1998	03	26	16	26 1	Appennino umbro-marchigiano	409		5.26
NF	🔗	2000	05	10	16	52 1	Faentino	151	5-6	4.82
3	🔗	2001	11	26	00	56 5	Casentino	211	5-6	4.63
NF	🔗	2003	12	07	10	20 3	Forlivese	165	5	4.18

Eventi macrosismici riportati nel DBMI15

La maggiore intensità sismica percepita in questo territorio raggiunge il grado 6 MCS registrato durante il terremoto avvenuto nel Fiorentino nel 1895 (Mw = 5,50).



Distribuzione temporale ed intensità degli eventi macrosismici nel periodo 1850-2005

Analizzando il catalogo delle sorgenti sismogenetiche (DISS - Database of Individual Seismogenic Sources - Basili R., G. Valensise, P. Vannoli, P. Burrato, U. Fracassi, S. Mariano, M.M. Tiberti, E. Boschi, 2008) si osserva che il territorio del Comune di Fiesole si colloca a sud-ovest (a una distanza di circa 16 km) dell'area sismogenetica composite codificata come ITCS037 “Mugello - Città di Castello-Leonessa”, caratterizzata dai seguenti parametri:

- Strike (angolo rispetto al nord): 280° - 330°
- Dip (inclinazione rispetto al piano campagna): 25° - 40°
- Profondità min - max: 0,5 – 8 km
- Magnitudo massima (Mw): 6,2

Questa struttura composita corre per oltre 200 km lungo la dorsale dell'Appennino settentrionale, dai settori dell'Appennino Pratese (a nord-ovest) verso l'alta valle del Fiume Nera (a sud-est), e costituisce il nucleo della cintura estensionale dell'“Etrurian Fault System”. Questa sorgente è un complesso di faglie superficiali a basso angolo che segna il confine estensionale occidentale dell'Appennino settentrionale.

Cataloghi storici e strumentali mostrano terremoti (magnitudo $4.5 < Mw < 5.0$) potenzialmente dannosi all'interno dell'area, in particolare nei settori nord-occidentale e sud-orientale. Inoltre, si sono verificati i principali terremoti dannosi e distruttivi (da nord-ovest a sud-est): 13 giugno 1542 (Mw 5.9, Mugello), 29 giugno 1919 (Mw 6.2, Mugello), 26 aprile 1917 (Mw 5.8, Monterchi - Citeria), 25 dicembre 1352 (Mw 6.0, Monterchi), 26 aprile 1458 (Mw 5.9, Città di Castello), 13 gennaio 1832 (Mw 5.8, Foligno), 15 set 1878 (Mw 5.5, Montefalco), e 5 giugno 1767 (Mw 5.4, Spolefino).

Relativamente alle Sorgenti Sismogenetiche Individuali (Individual Seismogenic Sources), all'interno della suddetta area sismogenetica composite ITCS037 “Mugello - Città di Castello-Leonessa”, si rileva la struttura codificata come ITIS087 “Mugello West” con le caratteristiche principali di cui alla tabella seguente:

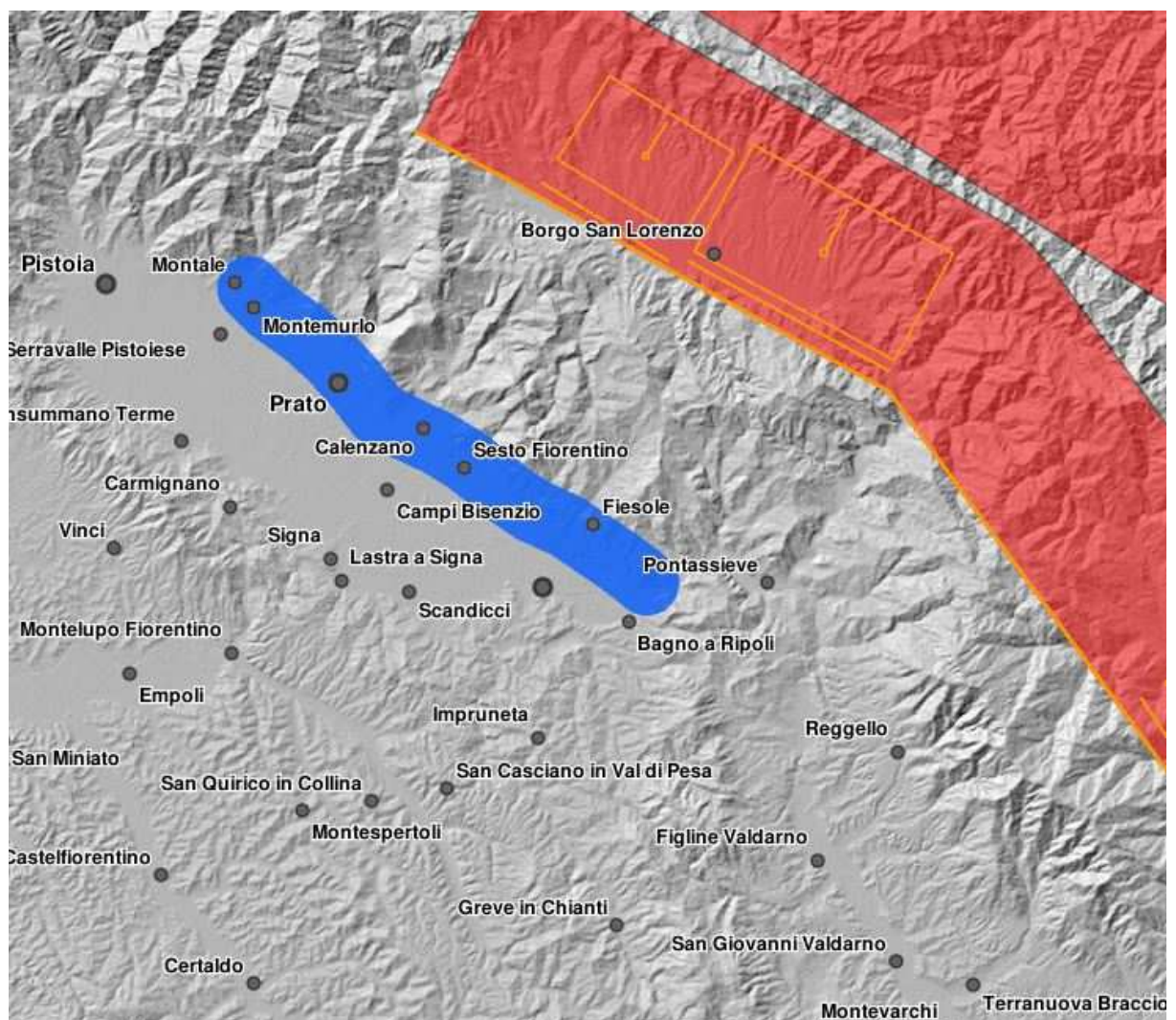
- Strike (angolo rispetto al nord): 301°
- Dip (inclinazione rispetto al piano campagna): 30°
- Profondità min - max: 1,0 – 4,5 km
- Magnitudo massima (Mw): 5,9

e la struttura codificata come ITIS086 “Mugello East” con le caratteristiche principali di cui alla tabella seguente:

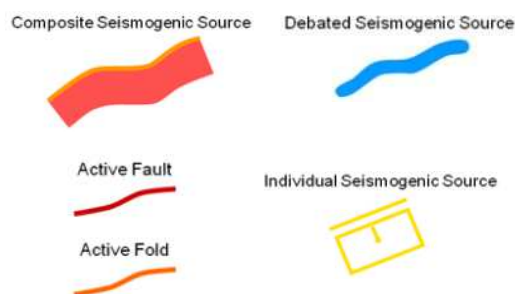
- Strike (angolo rispetto al nord):	298°
- Dip (inclinazione rispetto al piano campagna):	40°
- Profondità min - max:	0,6 – 6,9 km
- Magnitudo massima (Mw):	6,2

Dal medesimo catalogo si riconosce, inoltre, la presenza nel settore in esame di una area sismogenetica incerta codificata come ITDS015 “Prato - Fiesole Fault System”, che corre con andamento appenninico dall'area di Montale a quella di Bagno a Ripoli.

Le aree sismogenetiche incerte sono quelle aree caratterizzate dalla presenza di faglie potenzialmente attive, sulla scorta dei dati di letteratura, ma che non sono considerate abbastanza affidabili da includerle con certezza nelle aree sismogenetiche certe, in quanto: faglie per cui sono fornite solo minime evidenze superficiali; faglie basate su evidenze geologiche ambigue; faglie di cui ci sono visioni contrastanti in letteratura; faglie che ricadono in zone a sismicità bassa o molto bassa; faglie le cui caratteristiche sono in aperto contrasto con quelle dei sistemi di faglie vicini e di conoscenza più approfondita.



Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.2.0



Potenziali sorgenti sismiche per terremoti con $M > 5.5$

2.2 RISCHIO SISMICO

Il rischio sismico nella accezione corrente rappresenta il probabile danno che un determinato sito può subire in occasione di un sisma. In maniera analitica può essere espresso come il prodotto della pericolosità sismica, della vulnerabilità sismica e della quantificazione economica delle realtà danneggiate. La pericolosità sismica può essere direttamente riferita alla vibrazione che un sito può subire durante un sisma, mentre la vulnerabilità definisce lo stato di conservazione del patrimonio edilizio e delle strutture sociali potenzialmente rese inattive dal sisma. Il parametro relativo alla quantificazione economica delle realtà danneggiate è di difficilissima valutazione poiché comprende, oltre a edifici, strutture produttive ed infrastrutture, anche vite umane e beni artistici e culturali.

La *valutazione del rischio sismico*, in aree ad estensione regionale, viene effettuata mediante la **macrozonazione sismica**, definita come l'individuazione di aree che possano essere soggette, in un dato intervallo di tempo, ad un terremoto di una certa intensità.

All'interno di queste aree si possono valutare, con maggior dettaglio, le differenze di intensità massima dovute a differenti situazioni geologiche locali attraverso procedure il cui insieme costituisce la **microzonazione sismica**. Infatti l'esame della distribuzione dei danni prodotti da un terremoto nello stesso territorio dimostra che le azioni sismiche possono assumere anche a distanze di poche decine di metri caratteristiche differenti in funzione delle diverse condizioni locali (morfologia superficiale, morfologia del substrato roccioso sepolto, presenza e profondità della falda freatica, costituzione e proprietà del sottosuolo, presenza di faglie, etc.).

La microzonazione sismica mira ad individuare gli strumenti necessari a prevedere e a mitigare gli effetti sismici in una zona di dimensioni urbane, tramite opportuni criteri d'uso del territorio.



Le indagini per la *valutazione del rischio sismico* sono, pertanto, suddivise in due fasi.

Macrozonazione sismica

Fornisce un quadro generale del potenziale sismico e quindi della pericolosità sismica di una regione, con l'individuazione delle aree sismiche e di quelle non soggette a sisma.

Nell'ambito dell'Ordinanza P.C.M. n. 3274/03 si sono individuate 4 zone, delle quali le prime tre coincidono con quelle (Categorie) individuate dalla L.n. 64/74 e successivi D.M. ad essa collegati, mentre la quarta è di nuova costituzione. In quest'ultima zona le regioni possono imporre l'obbligo della progettazione antisismica e stabilire norme e criteri specifici.

Sulla scorta di questa classificazione il territorio del Comune di Fiesole è inserito in Zona 2 con accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (ag/g) pari a 0,25.

La OPCM n. 3519 del 28 aprile 2006 disciplina i criteri alla base degli studi per la definizione della pericolosità sismica utili alla riclassificazione sismica del territorio nazionale, ma definisce anche con:

- la lett. g) la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle zone sismiche che dovranno prevedere:
 - la discretizzazione dell'elaborato di riferimento rispetto ai confini dei comuni. E' opportuno a tale proposito che il passaggio fra zone sismiche territorialmente contigue sia definito in termini gradualisti, sia all'interno di ciascuna regione che al confine di regioni diverse.
 - la definizione di eventuali sottozone nell'ambito di uno stesso comune e secondo quanto previsto alla lett. a) per descrivere meglio l'azione sismica, soprattutto in relazione alle esigenze di valutazione e di recupero degli edifici esistenti.
- la lett. c) - sulla base della valutazione di ag l'assegnazione di un territorio ad una delle zone sismiche potrà avvenire, secondo la tab. di cui alla lett. a), con la tolleranza di 0,025 ag .

La Regione Toscana con D.G.R. n. 431 del 19.06.2006 ha proposto la riclassificazione sismica regionale, mantenendo in via preliminare un atteggiamento di cautela soprattutto nelle situazioni che potevano comportare una declassificazione dei comuni dalla zona a media sismicità alla zona a bassa sismica (da zona 2 a zona 3).

A tal proposito ha ritenuto opportuno, nel processo di declassificazione dei comuni, mantenere lo stesso livello di protezione assicurato dalle azioni sismiche della zona 2, provvedendo di conseguenza all'individuazione di una zona 3S. Il territorio comunale di Fiesole è stato inserito in zona sismica 3S, mantenendo lo stesso livello di protezione della zona 2.

A distanza di sei anni dall'entrata in vigore della precedente classificazione sismica, la Regione Toscana ha provveduto all'aggiornamento della classificazione sismica del proprio territorio. La nuova mappa sismica è stata approvata con la delibera n. 878 dell'8 ottobre 2012. L'aggiornamento della classificazione sismica, redatto ai sensi dell'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 3519/2006, si è reso necessario al fine di recepire le novità introdotte dall'entrata in vigore delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC2008) e di rendere la classificazione sismica (riferimento per la disciplina dei controlli sui progetti depositati presso gli Uffici tecnici regionali preposti), maggiormente aderente all'approccio *sito-dipendente* introdotto dalle vigenti Norme. Il territorio comunale di Fiesole passa da zona 3S a **zona 3 nella più recente classificazione regionale**.

Microzonazione sismica

Individua le risposte sismiche locali nell'ambito di una zona dell'ordine di grandezza di un comune o di una città metropolitana, fornendo informazioni di dettaglio relative agli effetti locali, ottimizzando quindi i dati rilevati tramite la macrozonazione.

Compito precipuo della microzonazione è quello di individuare terreni dinamicamente instabili e stimare le accelerazioni che si possono verificare in terreni dinamicamente stabili, poiché condizioni geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche particolari possono determinare variazioni nella risposta sismica locale e di conseguenza sulla pericolosità del sito.

NTC

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008 – Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) la stima della pericolosità sismica, intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido ($V_{s30} > 800$ m/s), viene definita mediante un approccio "sito-dipendente" e non più tramite un criterio "zona-dipendente".

Secondo l'approccio "zona dipendente", adottato dalla precedenti normative nazionali in campo antisismico, l'accelerazione di base a_g , senza considerare l'incremento dovuto ad effetti locali dei terreni, derivava direttamente dalla Zona sismica di appartenenza del comune nel cui territorio è localizzato il sito di progetto.

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008 la classificazione sismica del territorio è scollegata dalla determinazione dell'azione sismica di progetto, mentre rimane il riferimento per la trattazione di problematiche tecnico-amministrative connesse con la stima della pericolosità sismica. Pertanto, secondo quanto riportato nell'allegato A del D.M. 14 gennaio 2008, la stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto viene effettuata calcolandoli direttamente per il sito in esame, utilizzando come riferimento le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento (tabella 1, allegato B del D.M. 14 gennaio 2008).

Tale griglia è costituita da 10.751 nodi (distanziati di non più di 10 km) e copre l'intero territorio nazionale ad esclusione delle isole (tranne Sicilia, Ischia, Procida e Capri) dove, con metodologia e convenzioni analoghe vengono forniti parametri spettrali costanti per tutto il territorio (tabella 2, allegato B del D.M. 14 gennaio 2008); tale considerazione riguarda anche le isole dell'arcipelago toscano. La Toscana è interessata da 936 nodi.

Per ciascuno dei nodi della griglia vengono forniti, per 9 valori del periodo di ritorno (da 30 anni a 2.475 anni), i valori dei parametri a_g (espresso in $g/10$), F_0 (adimensionale) e T^*c (espresso in secondi) necessari per la definizione dell'azione sismica.

Secondo quanto riportato nell'allegato A del D.M. 14 gennaio 2008, definite le coordinate del sito interessato dal progetto, sarà possibile il calcolo dei suddetti parametri spettrali (per uno dei tempi di ritorno forniti) tramite media pesata con i 4 punti della griglia di accelerazioni (Tabella 1 in Allegato B) che comprendono il sito in esame. Qualora il tempo di ritorno richiesto sia differente da uno dei 9 tempi di ritorno forniti in tabella, sarà possibile ricavare il valore del parametro di interesse mediante interpolazione tra i valori dei parametri corrispondenti ai due tempi di ritorno (dei nove forniti per ognuno dei nodi del reticolo di riferimento) che comprendono il tempo di ritorno necessario.

A tale proposito sono state predisposte dal Servizio Sismico della Regione Toscana, le mappe di pericolosità relative alla distribuzione dei nodi della griglia per ciascuna delle dieci province.

Per ogni territorio comunale è riportata inoltre la classificazione sismica (Del. GRT n. 431 del 19 giugno 2006) sia in mappa che in forma tabellare. Infine, sempre in tabella, è illustrato a titolo indicativo anche il valore di accelerazione (a_{g475}), calcolato in corrispondenza della sede comunale.

Si ricorda che i valori di accelerazione vanno divisi per 10. Pertanto, i valori di accelerazione del settore nord del territorio comunale (Capoluogo) sono compresi tra 0,125 e 0,150 g, mentre ai restanti settori vengono attribuiti valori di accelerazione compresi tra 0,100 e 0,125 g.

L'attività di valutazione su un territorio (alla scala comunale) delle modificazioni apportate allo scuotimento del suolo dalle condizioni geologico-tecniche locali e dalle condizioni topografiche locali viene chiamata **microzonazione sismica (MS)**.

Tale attività rientra in un quadro più generale nei programmi di prevenzione e di mitigazione degli effetti di un terremoto, in cui è necessario individuare in via preliminare con criteri speditivi le zone a più elevato rischio sismico da sottoporre a studi particolareggiati.

Si definiscono “**condizioni locali di sito**”:

- la geologia e la geomorfologia locale;
- condizioni geotecniche e stratigrafiche locali;
- 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 di base;
- fenomeni di instabilità del terreno.

Per ciò che attiene alla modifica del moto sismico, si tratta di definire la **pericolosità sismica locale**. Ciò comporta in generale un'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 quanto concerne i 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.

Danni consistenti possono ricorrere quando la frequenza di risonanza di un terreno raggiunta durante un evento sismico corrisponde a quella propria dell'edificio (fenomeno della doppia risonanza).

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

- 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.

Per quanto riguarda la stima della pericolosità sismica locale, essa è da ricondurre ad una serie di caratteri geologico-tecnici di un'area più o meno ampia che viene presa in esame. Tali caratteri geologico tecnici come è noto riguardano: la morfologia di superficie, la morfologia sepolta, le litologie, le caratteristiche fisico meccaniche, le condizioni idrogeologiche s.l. Queste condizioni infatti oltre ad essere causa di possibile amplificazione degli effetti sismici possono provocare i cosiddetti fenomeni indotti, quali: attivazione e rimobilizzazione di fenomeni gravitativi, liquefazione in terreni granulari saturi, deformazioni permanenti in terreni di fondazione.

La **valutazione degli effetti locali** di amplificazione del moto sismico e quindi la pericolosità sismica locale sono di norma valutati attraverso analisi di risposta sismica locale dei depositi di terreno.

A riguardo la normativa di riferimento (D.M. 14.09.2008) consente di valutare gli effetti locali di amplificazione del moto sismico sia in modo semplificato, sia con modalità analitiche più rigorose.

Uno degli aspetti più importanti di queste normative è quello di definire e di valutare l'amplificazione sismica dei terreni sulla base della definizione del parametro V_s , cioè della velocità delle onde di taglio.

2.3 MODELLAZIONE SISMICA

Per valutare se un'opera strutturale è sicura bisogna far riferimento a degli *stati limite*, che possono verificarsi durante un determinato *periodo di riferimento* della stessa opera. Quindi per poter stimare l'azione sismica, che dovrà essere utilizzata nelle verifiche agli stati limite o nella progettazione, bisognerà stabilire:

- in primo luogo la *vita nominale* dell'opera, che congiuntamente alla *classe d'uso*, permette di determinare quel *periodo di riferimento*;
- una volta definito il periodo di riferimento e i diversi stati limite da considerare, una volta definite le relative *probabilità di superamento*, è possibile stabilire il *periodo di ritorno* associato a ciascun stato limite;
- a questo punto è possibile definire la **pericolosità sismica di base** per il sito interessato alla realizzazione dell'opera, facendo riferimento agli studi condotti sul territorio nazionale dal Gruppo di Lavoro 2004 nell'ambito della convenzione-progetto S1 DPC-INGV 2004-2006 e i cui risultati sono stati promulgati mediante l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (OPCM) 3519/2006.

VITA NOMINALE, CLASSI D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO

Nelle NTC il periodo di riferimento, che non può essere inferiore a 35 anni, è dato dalla seguente relazione:

$$V_R = V_N \times C_U \quad (2.1)$$

dove:

V_R = *periodo di riferimento*

V_N = *vita nominale*

$C_U = \text{coefficiente d'uso}$

La vita nominale di un'opera strutturale VN, secondo le NTC, è definita come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata e viene definita attraverso tre diversi valori, a seconda dell'importanza dell'opera e perciò delle esigenze di durabilità:

$VN \leq 10$ anni per le opere provvisorie, provvisionali e le strutture in fase costruttiva che però abbiano una durata di progetto ≥ 2 anni.

$VN \geq 50$ anni per le opere ordinarie, ponti, infrastrutture e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale.

$VN \geq 100$ anni per grandi opere, ponti, infrastrutture e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica.

Nel caso specifico **VN = 50 anni**.

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso. Le NTC prevedono quattro classi d'uso a ciascuna delle quali è associato un valore del coefficiente d'uso:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli. $C_U = 0.7$;

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso **III** o in Classe d'uso **IV**, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti. $C_U = 1.0$;

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso **IV**. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso. $C_U = 1.5$;

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie, ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica. $C_U = 2.0$;

Nel caso in esame viene presa in considerazione la **classe d'uso II** a cui è associato il coefficiente d'uso **$C_U = 1$** .

Una volta ottenuti VN e C_U , è possibile calcolare il periodo di riferimento VR, che qui vale:

$VR = 50 * 1 = 50$ anni.

STATI LIMITE, PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO E PERIODO DI RITORNO

Le NTC prendono in considerazione 4 possibili *stati limite* (SL) individuati facendo riferimento alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti: due

sono *stati limite di esercizio* (SLE) e due sono *stati limite ultimi* (SLU). Uno stato limite è una condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze per la quale è stata progettata.

Più in particolare le opere e le varie tipologie strutturali devono essere dotate di capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio (sicurezza nei confronti di SLE) e di capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e di dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone o comportare la perdita di beni, oppure provocare gravi danni ambientali e sociali, oppure mettere fuori servizio l'opera (sicurezza nei confronti di SLU).

Gli stati limite di esercizio sono:

Stato Limite di Operatività (SLO): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;

Stato Limite di Danno (SLD): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi sono:

Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV): a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;

Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC): a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Le NTC, in presenza di azioni sismiche, richiedono le verifiche allo SLO solo per gli elementi non strutturali e per gli impianti di strutture di classi d'uso III e IV. Lo SLO si utilizza anche come riferimento progettuale per quelle opere che devono restare operative durante e subito dopo il terremoto. Le verifiche allo SLC sono, invece, richieste solo per le costruzioni o ponti con isolamento e/o dissipazione.

Ad ogni stato limite è associata una *probabilità di superamento PVR*, ovvero la probabilità che, nel periodo di riferimento VR, si verifichi almeno un evento sismico ($n \geq 1$) di a_g prefissata (a_g = accelerazione orizzontale massima del suolo) avente frequenza media annua di ricorrenza $\lambda = 1/TR$ (TR = periodo di ritorno).

Stati limite e rispettive probabilità di superamento, nel periodo di riferimento VR

Stati limite			PVR
Stati limite di esercizio	Stato limite di operatività	SLO	81%
	Stato limite di danno	SLD	63%
Stati limite ultimi	Stato limite di salvaguardia della vita	SLV	10%
	Stato limite di prevenzione del collasso	SLC	5%

Fissati VR e PVR associata ad ogni stato limite, è possibile calcolare il periodo di ritorno dell'azione sismica TR, espresso in anni, mediante l'espressione riportata nell'Allegato A delle NTC08:

$$T_R = - \frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})} \quad (3.1)$$

Tale relazione tra PVR (probabilità) e TR (statistica) risulta biunivoca poiché utilizza la distribuzione discreta Poissoniana.

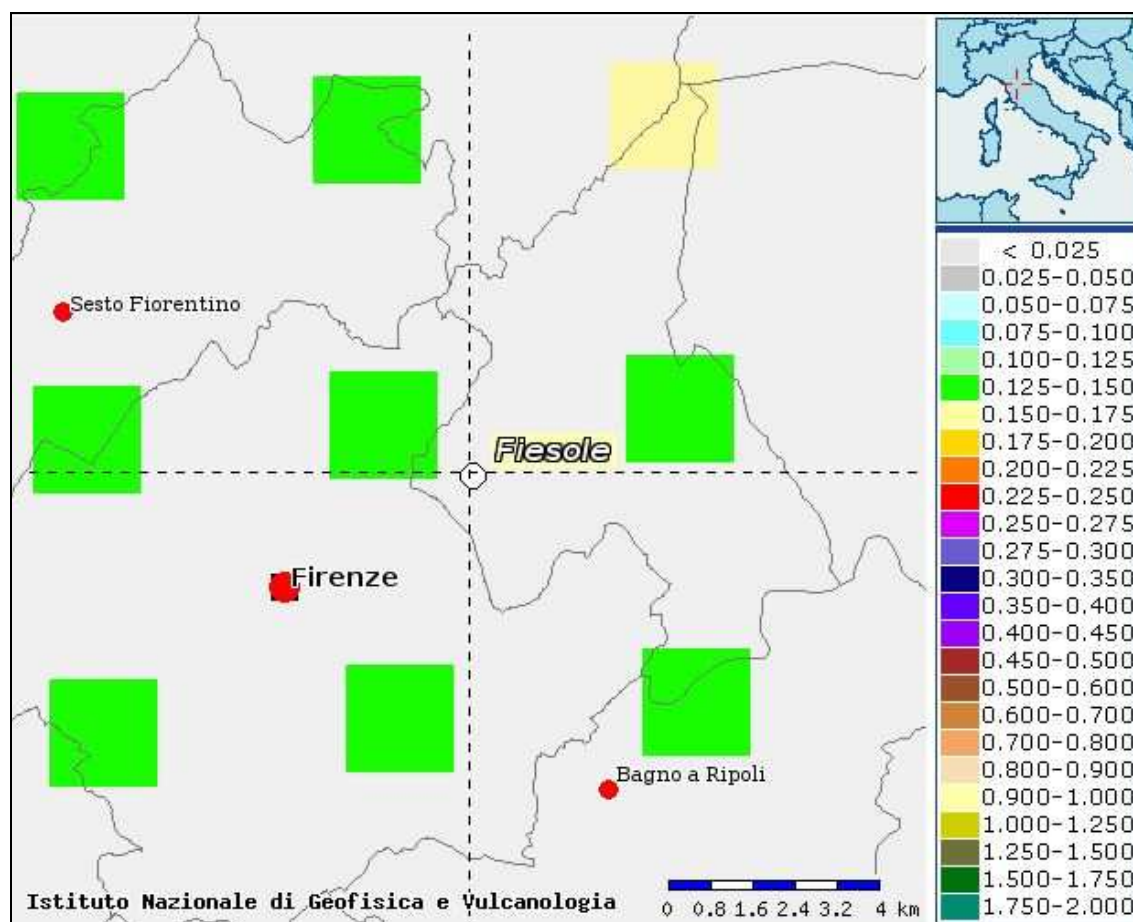
Poiché è **VR = 50 anni**, il tempo di ritorno TR sarà:

Stati limite e rispettivi tempi di ritorno, nel periodo di riferimento VR

Stati limite			TR
Stati limite di esercizio	Stato limite di operatività	SLO	30
	Stato limite di danno	SLD	50
Stati limite ultimi	Stato limite di salvaguardia della vita	SLV	475
	Stato limite di prevenzione del collasso	SLC	975

2.4 PERICOLOSITA' SISMICA

In termini generali la pericolosità sismica dell'area di intervento è valutabile facendo riferimento agli studi condotti dal “Gruppo di Lavoro MPS, 2004” nell'ambito della “Convenzione - Progetto “S1” DPC - INGV 2004-2006” i cui risultati sono stati promulgati mediante l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (OPCM) 3519/2006 (cfr. Mappa MPS04).

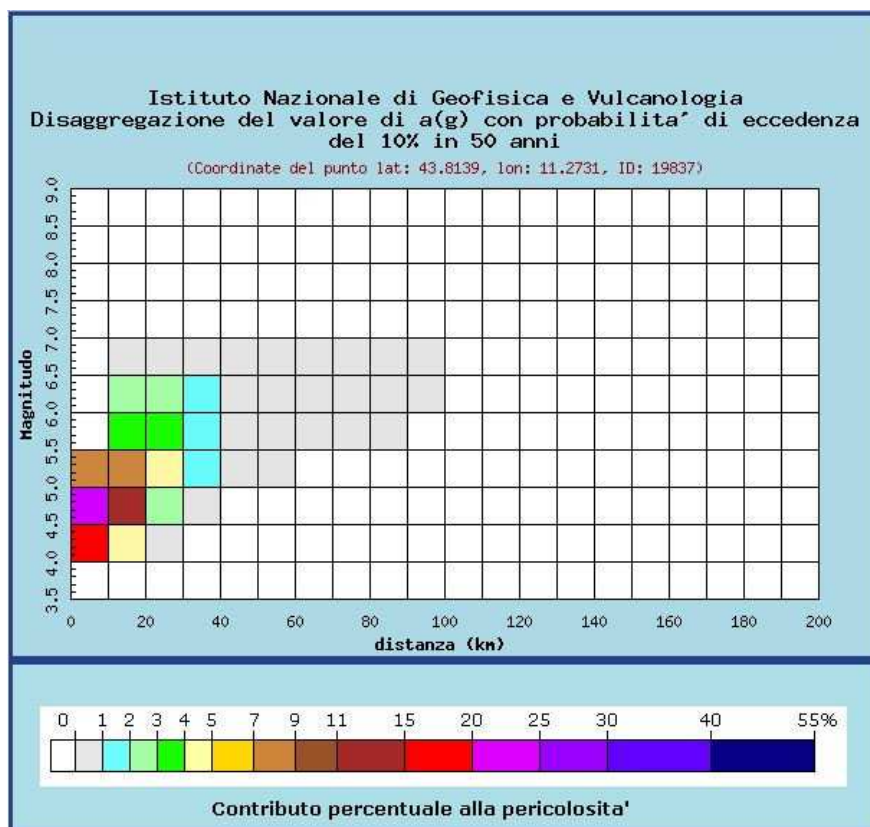


Mapa di pericolosità sismica - Accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi ($V_s > 800$ m/s; cat.A) – da INGV

Per valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità di sito viene operata la disaggregazione della pericolosità sismica. La disaggregazione in M-R fornisce il terremoto che domina lo scenario di pericolosità (terremoto di scenario) come l'evento di magnitudo M a distanza R dal sito di interesse, che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica dello stesso.

Dalla mappa di pericolosità sismica viene effettuata un'analisi della disaggregazione dei valori di $a(g)$ e per ogni nodo della griglia di calcolo è possibile valutare il contributo percentuale alla stima di pericolosità fornito da tutte le possibili coppie di valori di magnitudo e distanza.

Questa informazione è riportata sia in forma grafica che in forma tabellare.



Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 43.8139, lon: 11.2731, ID: 19837)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	18.500	23.200	7.190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	4.990	11.400	8.280	3.640	2.190	0.288	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.191	2.330	4.170	3.760	2.970	0.459	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.054	1.170	1.790	1.400	0.251	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.188	0.671	0.394	0.082	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.005	0.169	0.147	0.036	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.014	0.061	0.015	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.029	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.011	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Questo tipo di analisi è utile nell'individuazione della sorgente sismogenetica che contribuisce maggiormente a produrre il valore di scuotimento stimato in termini probabilistici.

La Magnitudo media riferibile all'area di intervento è pari a 4,98.

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.980	12.900	1.180

Dove ε rappresenta il numero di deviazioni standard per cui lo scuotimento (logaritmico) devia dal valore mediano predetto da una data legge di attenuazione dati M ed R.

DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

La pericolosità sismica di base, cioè le caratteristiche del moto sismico atteso al sito di interesse, per una determinata probabilità di superamento, si può ritenere definita quando vengono designati un'accelerazione orizzontale massima (a_g) ed il corrispondente spettro di risposta elastico in accelerazione, riferiti ad un suolo rigido e ad una superficie topografica orizzontale.

Per poter definire la pericolosità sismica di base le NTC si rifanno ad una procedura basata sui risultati disponibili anche sul sito web dell'INGV <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>, nella sezione “Mappe interattive della pericolosità sismica”.

Secondo le NTC le forme spettrali sono definite per 9 differenti periodi di ritorno TR (30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975 e 2475 anni) a partire dai valori dei seguenti parametri riferiti a terreno rigido orizzontale, cioè valutati in condizioni ideali di sito, definiti nell'Allegato A alle NTC08:

a_g = accelerazione orizzontale massima;

F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T_c^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

I tre parametri si ricavano per il 50° percentile ed attribuendo a:

a_g , il valore previsto dalla pericolosità sismica S1

F_0 e T_c^* i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previste dalle NTC08 scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla pericolosità sismica S1 (il minimo è ottenuto ai minimi quadrati, su valori normalizzati).

I valori di questi parametri vengono forniti nella seguente tabella, contenuta nell'Allegato B delle NTC08, per i 10751 punti di un reticolo di riferimento in cui è suddiviso il territorio nazionale, identificati dalle coordinate geografiche longitudine e latitudine.

ID	LON	LAT	TR = 30			TR = 50			TR = 72			TR = 101		
			a_g	F_0	T_c^*	a_g	F_0	T_c^*	a_g	F_0	T_c^*	a_g	F_0	T_c^*
13111	6.5448	45.1340	0.263	2.500	0.180	0.340	2.510	0.210	0.394	2.550	0.220	0.469	2.490	0.240
13333	6.5506	45.0850	0.264	2.490	0.180	0.341	2.510	0.210	0.395	2.550	0.220	0.469	2.490	0.240
13555	6.5564	45.0350	0.264	2.500	0.180	0.340	2.510	0.200	0.393	2.550	0.220	0.466	2.500	0.240
13777	6.5621	44.9850	0.263	2.500	0.180	0.338	2.520	0.200	0.391	2.550	0.220	0.462	2.510	0.240
12890	6.6096	45.1880	0.284	2.460	0.190	0.364	2.510	0.210	0.431	2.500	0.220	0.509	2.480	0.240
13112	6.6153	45.1390	0.286	2.460	0.190	0.366	2.510	0.210	0.433	2.500	0.220	0.511	2.480	0.240
13334	6.6210	45.0890	0.288	2.460	0.190	0.367	2.510	0.210	0.434	2.500	0.220	0.511	2.490	0.240

13556	6.6268	45.0390	0.288	2.460	0.190	0.367	2.510	0.210	0.433	2.510	0.220	0.510	2.490	0.240
13778	6.6325	44.9890	0.288	2.460	0.190	0.366	2.520	0.210	0.430	2.510	0.220	0.507	2.500	0.240
14000	6.6383	44.9390	0.286	2.470	0.190	0.363	2.520	0.210	0.426	2.520	0.220	0.502	2.500	0.240
14222	6.6439	44.8890	0.284	2.470	0.190	0.360	2.530	0.210	0.421	2.530	0.220	0.497	2.500	0.240
12891	6.6803	45.1920	0.306	2.430	0.200	0.389	2.500	0.210	0.467	2.470	0.230	0.544	2.490	0.230
10228	6.6826	45.7940	0.283	2.420	0.200	0.364	2.460	0.220	0.430	2.460	0.240	0.505	2.440	0.250
13113	6.6860	45.1430	0.309	2.430	0.200	0.391	2.510	0.210	0.470	2.470	0.230	0.546	2.490	0.230
10450	6.6885	45.7450	0.278	2.440	0.200	0.356	2.480	0.220	0.415	2.500	0.230	0.485	2.470	0.250
13335	6.6915	45.0930	0.310	2.430	0.200	0.392	2.510	0.210	0.470	2.480	0.230	0.546	2.500	0.230
10672	6.6942	45.6950	0.275	2.450	0.200	0.351	2.490	0.210	0.406	2.520	0.230	0.475	2.490	0.250
13557	6.6973	45.0430	0.311	2.440	0.200	0.392	2.520	0.210	0.469	2.480	0.230	0.545	2.500	0.230
13779	6.7029	44.9930	0.310	2.440	0.200	0.391	2.520	0.210	0.467	2.480	0.230	0.543	2.500	0.230

Siralcio della tabella contenuta nell'Allegato B delle NTC08, che fornisce i 3 parametri di pericolosità sismica, per diversi periodi di ritorno e per ogni nodo del reticolo che viene identificato da un ID e dalle coordinate geografiche.

Qualora la pericolosità sismica del sito sul reticolo di riferimento non consideri il periodo di ritorno TR corrispondente alla VR e PVR fissate, il valore del generico parametro p ad esso corrispondente potrà essere ricavato per interpolazione, a partire dai dati relativi ai tempi di ritorno previsti nella pericolosità di base, utilizzando la seguente espressione dell'Allegato A alle NTC08:

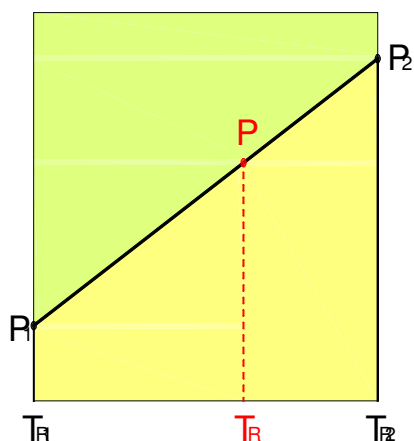
$$\log(p) = \log(p_1) + \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \times \log\left(\frac{T_R}{T_{R1}}\right) \times \left[\log\left(\frac{T_{R2}}{T_{R1}}\right)\right]^{-1} \quad (4.1)$$

nella quale p è il valore del parametro di interesse (ag, Fo, TC*) corrispondente al periodo di ritorno TR desiderato, mentre p1, 2 è il valore di tale parametro corrispondente al periodo di ritorno TR1, 2.

Per un qualunque punto del territorio non ricadente nei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri p possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame, utilizzando l'espressione dell'Allegato A alle NTC08:

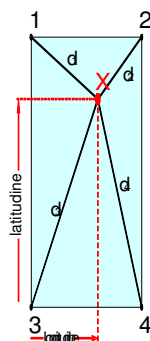
$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{p_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}} \quad (4.2)$$

nella quale p è il valore del parametro di interesse (ag, Fo, TC*) corrispondente al punto considerato, pi è il valore di tale parametro nell'i-esimo vertice della maglia elementare contenente il punto in esame e di è la distanza del punto in esame dall'i-esimo vertice della suddetta maglia.



Interpolazione dei periodi di ritorno, per ottenere i parametri di pericolosità sismica, in accordo alla procedura delle NTC08.

La procedura per interpolare le coordinate geografiche è schematizzata nella figura che segue.



Interpolazione delle coordinate geografiche, per ottenere i parametri di pericolosità sismica, in accordo alla procedura delle NTC08.

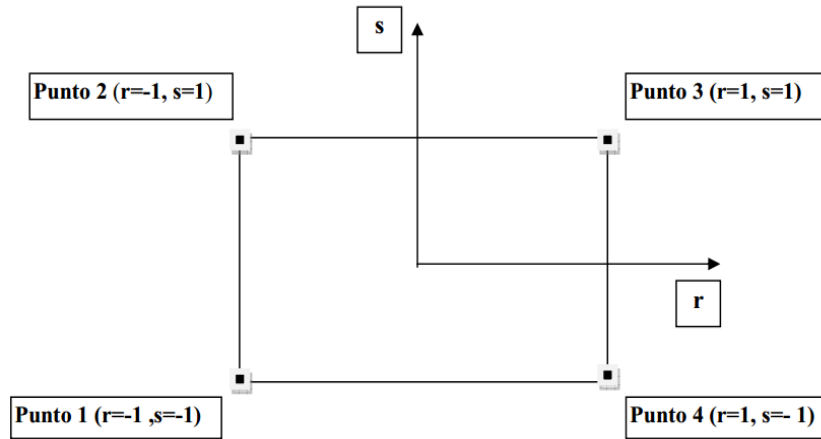
Pertanto per poter procedere all'interpolazione delle coordinate geografiche, in accordo alla procedura delle NTC08, bisogna calcolare le distanze che intercorrono tra i 4 punti del reticolo e il punto di interesse. Questo calcolo può essere eseguito approssimativamente utilizzando le formule della trigonometria sferica, che danno la distanza geodetica tra due punti, di cui siano note le coordinate geografiche. Utilizzando quindi il teorema di Eulero, la distanza d tra due punti, di cui siano note latitudine e longitudine, espresse però in radianti, si ottiene dall'espressione seguente:

$$d = R \cdot \arccos[\sin(lat\beta) \cdot \sin(lata) + \cos(lat\beta) \cdot \cos(lata) \cdot \cos(lon\alpha - lon\beta)] \quad (4.3)$$

dove $R = 6371$ è il raggio medio terrestre in km, mentre $lat\alpha$, $lon\alpha$, $lat\beta$ e $lon\beta$ sono la latitudine e la longitudine, espresse in radianti, di due punti A e B di cui si vuole calcolare la distanza.

La formula di interpolazione sopra proposta, semplice da usare, presenta però l'inconveniente di condurre a valori di pericolosità lievemente diversi per punti affacciati ma appartenenti a maglie contigue. La modestia delle differenze (scostamenti in termini di PGA dell'ordine di $\pm 0,01g$ ossia della precisione dei dati) a fronte della semplicità d'uso, rende tale stato di cose assolutamente accettabile.

Qualora si vogliano rappresentazioni continue della funzione interpolata, si dovrà ricorrere a metodi di interpolazione più complessi, ad esempio i polinomi di Lagrange.



Applicazione dell'interpolazione bilineare.

Definiti i 4 vertici di una generica maglia i polinomi di Lagrange sono così determinati:

$$h_1 = (1-r)(1-s)/4 \quad (4.4)$$

$$h_2 = (1-r)(1+s)/4 \quad (4.5)$$

$$h_3 = (1+r)(1+s)/4 \quad (4.6)$$

$$h_4 = (1+r)(1-s)/4 \quad (4.7)$$

Tra le coordinate x,y di un punto generico e le coordinate r, s dello stesso punto valgono le seguenti relazioni:

$$4x = \sum_{i=1}^4 h_i x_i = [(1-r)(1-s)x_1 + (1-r)(1+s)x_2 + (1+r)(1+s)x_3 + (1+r)(1-s)x_4] \quad (4.8)$$

$$4y = \sum_{i=1}^4 h_i y_i = [(1-r)(1-s)y_1 + (1-r)(1+s)y_2 + (1+r)(1+s)y_3 + (1+r)(1-s)y_4] \quad (4.9)$$

La soluzione del sistema di equazioni non lineari è ottenuta iterativamente e, tramite i valori di r ed s, si determinano i parametri ag , F_0 , Tc^* dall'equazione:

$$4p = \sum_{i=1}^4 h_i p_i = [(1-r)(1-s)p_1 + (1-r)(1+s)p_2 + (1+r)(1+s)p_3 + (1+r)(1-s)p_4] \quad (4.10)$$

Dove p rappresenta il parametro cercato.

PERICOLOSITA' SISMICA DI SITO

Il moto generato da un terremoto in un sito dipende dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono. Per la singola opera o per il singolo sistema geotecnico la risposta sismica locale consente di definire le modifiche che un segnale sismico subisce, a causa dei fattori anzidetti, rispetto a quello di un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (sottosuolo di categoria A, definito al § 3.2.2).

COEFFICIENTI SISMICI

I coefficienti sismici orizzontale K_h e verticale K_v dipendono del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi e del tipo di opera da calcolare. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno (TR) dell'evento sismico che è valutato come segue:

$$TR = -VR / \ln(1 - PVR)$$

Con VR vita di riferimento della costruzione e PVR probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso VR non può essere inferiore a 35 anni.

STABILITA' DEI PENDII DI FONDAZIONE

Nel caso di stabilità dei pendii i coefficienti K_h e K_v sono così determinati:

$$K_h = \beta_s \times (a_{max}/g)$$

$$K_v = \pm 0,5 \times K_h$$

Con

β_s coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

a_{max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g accelerazione di gravità.

I valori di β_s sono riportati nella seguente tabella.

Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,20

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa al sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$a_{max} = SS \cdot ST \cdot a_g$

SS (effetto di amplificazione stratigrafica) ($0,90 \leq S_s \leq 1,80$) è funzione di F_0 (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E).

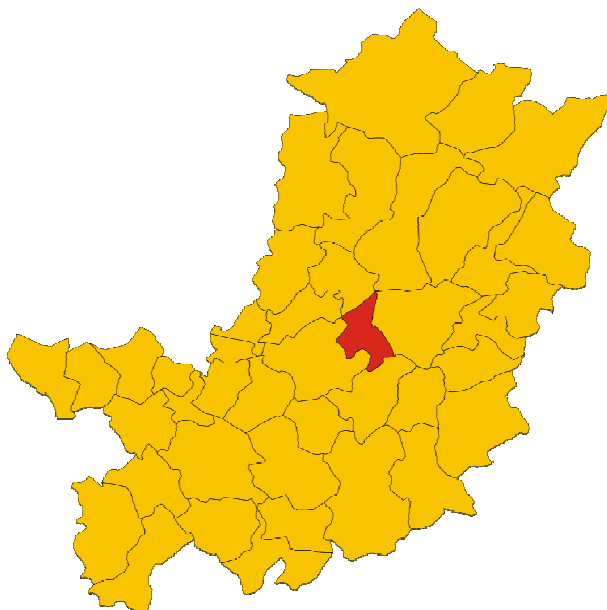
ST (effetto di amplificazione topografica), varia con il variare delle quattro categorie topografiche:

T1: $ST = 1,0$; T2: $ST = 1,20$; T3: $ST = 1,2$; T4: $ST = 1,40$.

3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

3.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E MORFOLOGICO

Ubicato nella porzione centrale della Provincia di Firenze, il territorio comunale di Fiesole si sviluppa su una superficie di 42,19 kmq e confina amministrativamente a nord con il comune di Borgo San Lorenzo a nord-ovest con il Comune di Vaglia, ad ovest con il Comune di Sesto Fiorentino, a sud-ovest con il Comune di Firenze, a sud con il Comune di Bagno a Ripoli e ad est con il Comune di Pontassieve.



Ubicazione del Comune di Fiesole nella configurazione della Provincia di Firenze

Il capoluogo comunale è situato a circa 295,0 m s.l.m. su un rilievo collinare che domina la pianura di Firenze e si trova al centro di un territorio che si sviluppa prevalentemente a quote collinari, seppur intervallato da settori vallivi conche e rilievi. L'altitudine minima si registra in corrispondenza del Corso del Fiume Arno, presso la località di San Jacopo al Girone, con quote attorno ai 60,0 metri, mentre le quote più elevate si registrano sui rilievi posti al confine di nord-est del territorio comunale, tra cui si ricordano il monte denominato il Pratone (702,5 m s.l.m.), il Monte Panna (671,0 m s.l.m.) e il Colle Guadagni (650,5 m s.l.m.).

3.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E NOTAZIONI STRATIGRAFICHE

Il territorio comunale di Fiesole risulta caratterizzato dalla presenza di terreni appartenenti a unità diverse che sono stati coinvolti in movimenti di sovrascorrimento legati alla orogenesi appenninica.

Da un punto di vista geologico appartiene alla fascia centrale della catena orogenetica dell'Appennino settentrionale, parte integrante della fascia di deformazione perimediterranea 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'accrescimento 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, tra cui ricordiamo l'Unità della Calvana. 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.

Questi bacini estensionali sono stati interessati anche da vari eventi compressivi, che si sarebbero alternati alla prevalente tettonica estensionale. Vi sono ancora indeterminazioni nel definire queste pulsazioni, se 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.

Dal punto di vista geologico il territorio comunale si può dividere quindi, in maniera schematica, in due zone, una settentrionale e orientale caratterizzata dalla presenza di terreni flyschoidi da calcareo marnosi ad argillitico marnosi e arenaceo siltitici appartenenti al Dominio Ligure (Unità di Monte Morello) e Subligure (Unità di Canetolo), e l'altra meridionale e occidentale con presenza di terreni appartenenti alle formazioni torbiditiche arenacee del Dominio Toscano (Falda Toscana).

Le rocce più antiche affioranti nell'area in esame sono quelle appartenenti alle unità del Dominio Ligure, in particolare alle formazioni cretacico-eoceniche del Dominio Ligure Esterno (Unità di Monte Morello) che giacciono in discordanza sui depositi torbiditici oligo-miocenici del Dominio Toscano (Falda Toscana), a seguito del sovrascorrimento e sovrapposizione in età miocenica (medio-superiore) delle Unità Liguri e Sub-Liguri sui terreni appartenenti al Dominio Toscano.

In particolare, nel settore di interesse le formazioni cretacico-eoceniche dell'Unità di Monte Morello sono composte principalmente dalla Formazione di Sillano, costituita dall'alternanza di prevalenti argilliti, calcilutiti, marne calcaree e argillitiche e livelli arenacei e calcarenitici, dalla Pietraforte costituita da arenarie e siltiti e dalla Formazione di Monte Morello, flysch carbonatico costituito da prevalenti calcari marnosi, calcari micritici, marne e subordinati livelli argillitici. Il Dominio Subligure, di età paleocenico-oligocenica, è rappresentato dai depositi torbiditici arenacei della formazione delle Arenarie di Monte Senario.

Per quanto riguarda le formazioni torbiditiche oligo-mioceniche del Dominio Toscano, affiorano le litologie appartenenti alla formazione del Macigno nella sua litofacies tipica torbiditica arenaceo pelitica e alla formazione marnoso pelitica delle Marne di Pievepelago.

Su queste formazioni in corrispondenza dei settori prossimi al corso del Fiume Arno si ha la presenza dei depositi continentali di età villafranchiana e rusciniense contraddistinti da depositi di ambiente fluivo-lacustre e alluvionale.

Nei settori vallivi si rinvencono i terreni recenti di copertura costituiti dai depositi eluvio-colluviali, dai depositi detritici di versante, dalle alluvioni recenti e dai depositi alluvionali attuali; quest'ultimi, presenti in maniera diffusa lungo i corsi d'acqua principali (Fiume Arno) e dei loro affluenti.

I terreni oggetto di studio appartengono pertanto, per la quasi totalità, ad eccezione dei depositi di copertura, alle formazioni del substrato cretaceo-cenozoico e le suddivisioni litostratigrafiche o allostratigrafiche che sono proposte in letteratura permettono di avere un quadro completo ed esaustivo dei caratteri litologici e sedimentologici, nonché del significato paleo-ambientale della successione in esame.

3.3 DESCRIZIONE DELLE FORMAZIONI

In dettaglio, nell'area del Comune di Fiesole, con riferimento alla tavola QC.G01 (carta geologica) in scala 1:10.000, si rinvencono, dall'alto verso il basso stratigrafico e con nomenclatura congruente con il Progetto CARG (Cartografia Geologica Regione Toscana) e con il Continuum Territoriale Geologico della Regione Toscana:

DEPOSITI QUATERNARI

DEPOSITI OLOCENICI

Sono costituiti dalle coltri detritiche riconducibili a:

- coltri di frana (*Olocene*)
- depositi di versante (aa) e di falda (a3a) (*Olocene*)
- depositi alluvionali attuali (b) (*Olocene*)
- depositi alluvionali terrazzati (bna) (*Olocene*)
- depositi colluviali ed eluvio-colluviali (b2a) (*Olocene*)

I depositi alluvionali attuali (b) sono i depositi dei letti fluviali attuali, soggetti ad evoluzione, attraverso processi fluviali ordinari; generalmente costituiti da sedimenti sciolti a granulometria grossolana (Ghiaie, ciottoli e sabbie grossolane) e, secondariamente, da depositi prevalentemente limoso sabbiosi.

I depositi alluvionali terrazzati (bna) sono riconducibili a depositi di piana alluvionale, costituiti prevalentemente da depositi sabbioso limosi e/o limoso argillosi con ciottolami e ghiaie dispersi nella matrice; talora variamente pedogenizzati.

I corpi di frana e i depositi detritici (aa) di versante e di falda (a3a) sono costituiti da elementi eterometrici prevalentemente grossolani, dispersi in matrice sabbiosa e sabbioso limosa e si trovano accumulati per gravità lungo i versanti o ai piedi di scarpate.

I depositi eluvio-colluviali (b2a) sono costituiti da elementi eterometrici a granulometria minore del detrito di versante, in abbondante matrice sabbioso-limosa, derivanti dall'alterazione del substrato ed accumulati in posto dopo breve trasporto per ruscellamento e per gravità.

DEPOSITI PLEISTOCENICI

Depositi alluvionali terrazzati (bnb) (Pleistocene)

Ghiaie, sabbie e limi dei terrazzi fluviali. Si tratta di depositi alluvionali terrazzati caratterizzati dalla presenza, in successione stratigrafica, di alternanze di ghiaie, sabbie e limi. Tali depositi si trovano morfologicamente sopraelevati rispetto all'attuale alveo dei corsi fluviali (*Pleistocene medio – Pleistocene superiore*).

FORMAZIONI NEOGENICHE DEL VERSANTE TIRRENICO DELL'APPENNINO SETTENTRIONALE

DEPOSITI CONTINENTALI RUSCINIANI E VILLAFRANCHIANI

Limi argilloso-sabbiosi e argille limoso sabbiose (VILh) (Rusciniano-Villafranchiano)

Limi e argille limose da giallastre a grigio azzurre, generalmente massive, contenenti arricchimenti di sostanza organica e sparsi molluschi polmonati.

Sabbie e conglomerati (VILe) (Rusciniano-Villafranchiano)

Ciottoli polimodali a tessitura prevalentemente clasto-sostenuta con abbondante matrice sabbioso-limosa e subordinate sabbie medio-grossolane, talora a laminazione piana o inclinata.

FORMAZIONI DEL DOMINIO LIGURE

UNITA' DI MONTE MORELLO

Formazione di Monte Morello (MLL) (Eocene)

Si tratta di un'alternanza di marne giallo-brune con frattura a saponetta, calcari marnosi bianco-giallastri a grana finissima e frattura concoide, argilliti ed argilliti marnose grigie, arenarie calcarifere micacee avana e rare calcareniti biancastre, di natura torbidity (talora la base degli strati è calcarenitica). Localmente sono presenti liste di selce nera. Lo spessore degli strati varia da pochi centimetri ad alcuni metri. Verso la base è presente talora una litofacies prevalentemente marnosa con colorazioni che variano dal rosa al verdastro e con rare intercalazioni di marne argillose brune.

Il passaggio alla sottostante Formazione di Sillano avviene in modo brusco con la comparsa di argilliti nere e brune. La natura di tale passaggio è incerta: in vari casi potrebbe essere stratigrafica ma in altri la netta discordanza angolare tra le due formazioni e la presenza di un certo grado di tettonizzazione nella Formazione di Sillano farebbe supporre una natura tettonica.

Pietraforte (PTF) (Cretaceo Superiore)

Regolare alternanza di arenarie torbidity quarzoso-calcaree grigie e di peliti argillitiche, in strati gradati da medi a molto spessi con granulometria alla base degli strati medio-grossolana e rapporto A/P generalmente > 1. Le arenarie si presentano marroni-giallastre in superficie alterata e grigie al taglio. Si tratta di depositi torbidity presumibilmente intercalati nella Formazione di Sillano.

Formazione di Sillano (SIL) (Cretaceo Superiore – Eocene Inferiore)

Argilliti e siltiti fogliettate, grigio scure, nerastre, rosse, marroni e verdastre, alternate a strati calcarei, calcarenitici e calcareo-marnosi torbidity a grana fine, talora litografici, da sottili a molto spessi, di colore nocciola o giallastri all'alterazione, grigio chiari al taglio, talvolta con patina verdastra. Frequenti strati gradati calcarenitici da medio-fini a grossolane grigio-scuri, marroni all'alterazione. I livelli calcarei si presentano spesso con fatturazione ad incudine.

FORMAZIONI DEL DOMINIO SUBLIGURE – UNITA' DI CANETOLO

Arenarie di Monte Senario (SEN) (Eocene Medio/Superiore - Oligocene Inferiore)

Alternanze di arenarie quarzoso-feldspatiche e di arenarie - pelitiche in strati da medi a molto spessi e, più frequentemente, in banchi, con base molto grossolana e presentano laminazione pianoparallela e convoluta. Il rapporto A/P è generalmente compreso tra 1 e 3. Le areniti, di colore giallastro, hanno composizione quarzoso-feldspatica e granulometria da medio-fine a grossolana, fino a microconglomeratica. Presenza di clay chips. Talora sono presenti intercalazioni di strati calcareo-marnosi, di spessore medio, grigi, a frattura scheggiata.

FORMAZIONI DELLE UNITA' TOSCANE

UNITA' DELLA FALDA TOSCANA

Macigno (MAC) (Oligocene medio/superiore – Miocene inferiore)

Arenarie torbidity quarzoso-feldspatico-micacee, spesso gradate, di colore grigio, marroni giallastre per alterazione, a granulometria generalmente da media a grossolana, in strati di spessore fino a 4,0 m con intercalazioni centimetrico-decimetriche di peliti siltose color grigio scuro. Nella porzione superiore risultano relativamente comuni anche intercalazioni decimetriche-metriche di calcilutiti marnose, marne calcaree e di argilliti nerastre.

Marne di San Polo (PIE) (Oligocene medio/superiore – Miocene inferiore)

Marne e marne siltose grigie o grigio giallastre a frattura scheggiata, con intercalazioni di siltiti ed arenarie fini torbidity. Generalmente si rinvengono nella porzione superiore della formazione del Macigno.

3.4 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

Da un punto di vista geomorfologico il territorio comunale è talora interessato sia da forme e processi di erosione idrica e del pendio, sia da forme e processi dovuti a gravità, nonché da forme di origine artificiale (antropica).

Per quanto riguarda la prima tipologia sono presenti forme di denudazione ed erosione (orlo di scarpata fluviale o di terrazzo, orlo rimodellato di scarpata o debole rottura di pendio aree soggette ad erosione superficiale). Tra la forme e i processi dovuti a gravità si ha la presenza di forme di denudazione (aree in frana e aree instabili per soliflusso generalizzato). Infine si hanno forme antropiche (artificiali) costituite da orli di scarpata di origine antropica, argini artificiali, rilevati stradali e ferroviari, cave.

Il territorio del Comune di Fiesole è, come già accennato, caratterizzato dalla presenza di zone a media o bassa pendenza accanto ad altre dalla morfologia decisamente più acclive; queste differenze, così come le diverse forme prodotte dagli agenti esogeni ed endogeni, sono in relazione alla diversa natura litologica del substrato geologico affiorante.

Infatti i settori a maggior acclività sono correlati alla presenza di litologie appartenenti alle formazioni torbiditiche arenaceo pelitiche (Macigno e Arenarie di Monte Senario) e flyschoidi calcareo marnose (Formazione di Monte Morello), mentre i settori collinari a più blanda pendenza si rinvencono laddove presente un sottosuolo caratterizzato da depositi prevalentemente pelitico marnosi (Formazione di Sillano e Marne di Pievepelago).

L'indagine geomorfologica si propone, attraverso un'analisi delle forme del paesaggio, di individuare i processi morfogenetici che agiscono nell'area e che nel loro insieme costituiscono la dinamica morfologica.

Senza dubbio questa caratterizzazione fornisce un'ampia gamma di informazioni (dagli aspetti puramente fisici all'assetto delle forme naturali ed antropiche), ma nell'ambito della tutela del territorio lo scopo da perseguire è quello di valutare i processi di maggiore rilievo e la loro influenza sull'ambiente.

E' importante sottolineare che dalla lettura geomorfologia del territorio si devono ricavare non solo le informazioni sulle situazioni di degrado in atto, ma anche le correlazioni fra i vari elementi del paesaggio, che consentono di prevedere le dinamiche evolutive dell'ambiente.

La potenzialità previsionale geomorfologica deve venire usata e sviluppata nel modo più opportuno per ottenere una migliore gestione del territorio.

Lo studio geomorfologico del territorio, infatti, fornisce una grande quantità di informazioni utili per valutare lo stato della dinamica morfologica dell'area e per prevedere la sua evoluzione nel periodo immediatamente successivo allo studio stesso.

Con riferimento alla tavola QC.G02 (carta geomorfologica), si riassumono i caratteri geomorfologici che contraddistinguono il territorio comunale di Fiesole.

Il quadro geomorfologico è stato analizzato in base ad osservazioni stereoscopiche di aerofotogrammi diacronici relativi a differenti voli eseguiti in periodi successivi, congiuntamente all'analisi critica dei documenti presenti per l'area di interesse, la comparazione tra dati provenienti da diverse fonti e in base alla verifica puntuale mediante il rilevamento sul campo.

I documenti presi in esame consistono nelle cartografie del piano strutturale vigente al momento dei rilievi, i dati geomorfologici forniti dal Servizio Geologico – ISPRA, la banca dati frane ed i dati geomorfologici della Regione Toscana (BD_Frane, BD_Geom), la banca dati frane ISPRA (Progetto IFFI) e le Carte del rischio da frana del PAI del Distretto dell'Appennino Settentrionale.

Le notazioni ricavate dalla fotointerpretazione e dall'analisi critica dei dati bibliografici sono state verificate in campagna ed integrate a mezzo rilevamento geomorfologico oltre che a verifica dei dati interferometrici disponibili.

Prima di passare all'analisi dei processi morfogenetici ed alle relative forme, è opportuno specificare la distinzione che è stata adottata in cartografia per quanto riguarda le forme attive e quiescenti e le forme inattive. E' da sottolineare che la chiave interpretativa adottata è stata scelta in base agli obiettivi da raggiungere, ossia ottenere uno strumento valido per valutare lo stato del territorio ed individuare dove intervenire per risanare o prevenire eventuali dissesti e dove, invece, prevedere nuove espansioni urbanistiche.

Per **fenomeni "attivi"** si intendono quelli in continua evoluzione, le cui dinamiche e modificazioni possono essere registrate in breve intervallo temporale; si tratta quindi di fenomeni che non hanno raggiunto condizioni di equilibrio. Questi possono alternare periodi di massima dinamica a periodi di inattività temporanea generalmente legati al ciclo stagionale. Si citano ad esempio l'azione erosiva delle acque incanalate, oppure fenomeni legati alla dinamica gravitativa sui versanti del tipo "soliflusso", che mostrano diversa velocità nei vari periodi dell'anno.

Le **forme "quiescenti"** sono quelle la cui evoluzione non è legata al ciclo stagionale, ma si sviluppa secondo tempi di ricorrenza più lunghi. Infatti tali fenomenologie, pur non avendo raggiunto una situazione di equilibrio o stabilità, possono rimanere temporaneamente inattive anche per lunghi periodi come nel caso delle "paleofrane con tracce di instabilità". Gran parte di tali frane non ha subito sostanziali evoluzioni negli ultimi anni, ma è facilmente prevedibile che riverificandosi eventi meteorici con precipitazioni superiori alla media, si possano verificare riprese nell'attività dinamica di tali frane. Tali forme, durante il periodo di inattività, mostrano comunque indicatori tali da far ritenere una più o meno prossima ripresa del movimento.

Le **forme "inattive"** comprendono quelle fenomenologie che hanno raggiunto uno stato di equilibrio tale da far ritenere improbabili nuove evoluzioni in senso dinamico. Per tali forme non è quindi più attivo il processo morfogenetico che le ha innescate, né esistono indizi tali da far prevedere una successiva dinamica evolutiva, se non in seguito all'insorgere di nuovi fattori scatenanti.

Sulla carta geologico tecnica sono stati riportati tutti quei fenomeni geomorfologici che possono avere una particolare importanza ai fini dell'analisi della stabilità delle aree in esame e della valutazione degli effetti della risposta sismica locale.

In particolare sono state individuate:

- **forme, processi e depositi gravitativi di versante;**
- **forme, processi e depositi per acque correnti superficiali;**
- **forme, processi e depositi antropici e manufatti.**

Le principali forme di pendio comprendono le superfici e le scarpate di origine strutturale o litologica, le scarpate di degradazione, i ruscellamenti diffusi, i movimenti franosi, distinti ove possibile nelle varie parti che li compongono (nicchia di distacco, corpo della frana e zona di accumulo) ed i movimenti di massa generalizzati.

Si procede ad una breve descrizione sistematica.

Forme, processi e depositi gravitativi di versante

Movimenti franosi

Sono stati suddivisi nelle parti che li compongono: nicchia di distacco/coronamento di frana/scarpata di frana, corpo della frana, zona d'accumulo. La nicchia di distacco o corona di frana, di facile individuazione in carta perché caratterizzata quasi sempre da una forma arcuata, separa a monte del fenomeno la massa in frana da quella stabile con esposizione del substrato; il corpo della frana è costituito dall'insieme dei terreni mobilizzati sottostanti la zona di distacco fino alla zona d'accumulo; la zona d'accumulo presenta struttura caotica e forma variabile a seconda della tipologia del processo e delle caratteristiche litologiche dei terreni coinvolti.

Per quanto concerne la dinamica sono state individuate:

- frane attive (**F**);
- paleofrane con tracce di instabilità o frane quiescenti (**Fq**) che evidenziano fenomeni gravitativi avvenuti in tempi passati e che mostrano chiari segni di instabilità quali contropendenze e rotture di pendio;
- paleofrane o frane antiche stabilizzate (**Fs**) avvenute in tempi passati, riconoscibili per la loro morfologia, ma tali da poter essere considerate al momento non attive. L'equilibrio così raggiunto può essere turbato, specie in funzione dei terreni presenti, da interventi antropici di modifica dei profili.

Aree molto instabili per franosità diffusa

Sono zone in cui è stata rilevata la presenza di più fenomeni franosi di svariata dimensione e tipologia; si è pertanto provveduto alla delimitazione del settore comprendente tutti i fenomeni in atto (**Fd**).

Aree instabili per soliflusso generalizzato (i)

Sono stati individuati su tratti di versante con evidenti indizi di instabilità (dossi, contropendenze, lacerazioni, ecc.) talvolta singolarmente cartografabili, ma in altri casi interessanti anche vaste porzioni di versante. Mobilizzano, generalmente, limitati spessori di coltre alteritica e/o livelli di terreno coltivo. Talora sono innescati o favoriti da intensa attività antropica.

Soilcreep (ic)

Movimenti di massa generalmente abbastanza lenti la cui dinamica interessa generalmente lo spessore di suolo ("coltivo"). Risultano periodicamente obliterati dalle lavorazioni agricole.

Forme, processi e depositi per acque correnti superficiali

Ruscellamento diffuso

Forme dovute ad erosione idrica superficiale in rigagnoli o foliare, periodicamente obliterate da pratiche agricole; si innescano nella parte superiore e mediana degli stessi e provocano un progressivo assottigliamento del suolo. A seconda dell'intensità e della diffusione areale caratterizzano "aree soggette ad erosione profonda" o settori "soggetti ad erosione superficiale".

Erosione lineare o incanalata

Incisioni vallive con versanti ripidi e simmetrici, generalmente prive di depositi alluvio-colluviali, sede di deflusso di acque sia permanente che temporaneo che mostrano incisioni in continuo approfondimento.

Orli di scarpata fluviale o di terrazzo in erosione

Brusche rotture di pendio al margine di superfici terrazzate; indicano fenomeni erosivi fluviali in terreni alluvionali più antichi.

Erosioni laterali di sponda

Attività erosive esercitate dai corsi d'acqua sulle sponde, in particolare in corrispondenza delle anse; tali processi possono causare, a lungo andare, crolli di entità cospicua in aree ritenute ad alta stabilità perché pianeggianti.

Alveo con tendenza all'approfondimento (erosione incanalata)

Incisioni vallive con versanti ripidi e simmetrici, generalmente prive di depositi alluvio-colluviali, sede di deflusso di acque sia permanente che temporaneo che mostrano incisioni in continuo approfondimento.

Forme, processi e depositi antropici e manufatti

Le forme ed i processi antropici

Si tratta di forme dovute all'azione dell'uomo sul territorio, quindi rientrano in questa categoria un'ampia gamma di interventi: cave attive o inattive, dighe, rilevati e laghetti artificiali e in generale tutte le aree che per una qualsiasi ragione sono state manipolate dall'uomo.

3.5 ACCLIVITA' DEI VERSANTI

Si riportano le classi di pendenza in cui è stato suddiviso il territorio comunale, in funzione delle variazioni altimetriche e topografiche, utili per la definizione delle classi di pericolosità geologica e delle zone MOPS delle cartografie di Microzonazione.

La carta delle pendenze rappresenta, pertanto, uno strumento di primaria importanza per la realizzazione della carta della pericolosità, anche perché con il progressivo aumento delle pendenze, a parità di condizioni litotecniche e giaciture, si ha un aumento del grado di instabilità di una pendice.

Una maggiore inclinazione del versante favorisce inoltre l'erosione superficiale, con trasporto a valle del materiale detritico asportato da parte delle acque di corrivazione; per contro una inclinazione minore della pendice favorisce i processi chimico-fisici di alterazione del substrato roccioso con formazione di suolo, data la maggiore permanenza delle acque di ristagno.

In particolare sono state definite le seguenti soglie:

- fino al 10 % non si hanno in genere controindicazioni in termini di stabilità dei versanti, anche se tali zone rappresentano una percentuale minima del territorio in aree collinari e montuose;
- dal 10 % al 20 % si possono verificare stati di instabilità dinamica in litologie costituite da sabbie sciolte, argille e limi soffici e detriti, se in presenza di falda superficiale;
- dal 20 % al 35 % possono verificarsi dissesti nelle litologie sopra elencate anche non in presenza di acqua;
- oltre il 35 % questa classe caratterizza versanti molto acclivi nei quali possono verificarsi crolli o distacchi se in presenza di rocce poco cementate, alterate o fessurate sia per fenomeni fisici (gelo-disgelo), che tettonici.

Pendenza dei versanti

-  Pendenza inferiore al 10%
-  Pendenza compresa tra il 10% e il 20%
-  Pendenza compresa tra il 20% e il 35%
-  Pendenza superiore al 35%

4. CARTA DELLA PERICOLOSITÀ GEOLOGICA

La carta della pericolosità geologica (tavola STR.G04 in scala 1:10.000) rappresenta la sintesi degli elaborati a tematica geologica, geomorfologica e clivimetria redatti ed illustrati nei precedenti paragrafi per descrivere le caratteristiche del territorio investigato.

Il suo scopo fondamentale è di indicare:

- l'ubicazione e l'intensità dei fenomeni geomorfologici s.l. che interessano determinate porzioni di territorio;
- il livello di indagine di approfondimento da attuare nel caso di interventi in aree da essi interessate.

E' chiaro che il grado di pericolosità geomorfologica attribuito ad ogni porzione territoriale deriva dalla interazione di numerosi fattori ambientali. Tali fattori, che dipendono essenzialmente dai caratteri geologici, geomorfologici, geotecnici, geomeccanici e clivimetrici del territorio, possono causare sia un diretto dissesto del suolo, che una potenziale minaccia ad intere aree.

Di conseguenza nella carta della pericolosità geomorfologica si prevede non solo l'individuazione dei settori interessati da dissesti attivi, ma anche la delimitazione delle aree di potenziale evoluzione di un fenomeno in essere e/o di aree potenzialmente vulnerabili al verificarsi di elementi critici.

Andando ad una descrizione sistematica delle singole classi di pericolosità geomorfologica e dei criteri di attribuzione alle stesse elenchiamo in ordine decrescente:

Pericolosità geologica molto elevata (G.4): aree in cui sono presenti fenomeni attivi e relative aree di influenza. Sono normalmente da inserire in classe G.4 le aree che presentano le seguenti caratteristiche geologiche/geomorfologiche:

- frane attive comprensive del corpo di frana, della corona di distacco e delle relative aree di possibile evoluzione del dissesto;
- aree instabili per soliflusso generalizzato;
- areali comprendenti gruppi fra loro correlati di frane di piccole dimensioni, frane non dettagliatamente cartografabili e/o puntuali fenomeni di dissesto gravitativo in atto;
- scarpate attive con relative aree di possibile evoluzione e influenza;
- ripe fluviali in cui siano in atto fenomeni di erosione laterale di sponda da parte dei corsi d'acqua (con relativa area di possibile evoluzione);
- aree calanchive;
- alvei con accentuata tendenza all'approfondimento;
- aree ricadenti in classe di pericolosità da frana molto elevata di cui alla perimetrazione P.F.4 del P.A.I. (Autorità di Bacino del Fiume Arno).

In queste zone dovranno privilegiarsi interventi tesi alla bonifica e al recupero ambientale dei luoghi stessi.

In ogni caso qualsiasi progetto di opera che incida su tali terreni dovrà essere preceduto già a livello di strumento pianificatorio da una dettagliata campagna geognostica e di monitoraggio strumentale a livello di area nel suo complesso e se del caso da un progetto degli interventi di consolidamento e di bonifica, miglioramento dei terreni e tecniche fondazionali, accompagnato da un programma di controlli e monitoraggio necessari per

verificare l'esito favorevole di tali interventi secondo le indicazioni ed i dettagli di cui al comma 3.2.1 dell'allegato A al Reg. Reg. N. 53/R. per le aree classificate in classe di pericolosità geologica molto elevata.

Pericolosità geologica elevata (G.3): aree in cui sono presenti fenomeni quiescenti; aree con indizi di instabilità connessi alla giacitura, all'acclività, alla litologia, alla presenza di acque superficiali e sotterranee, nonché a processi di degrado di carattere antropico; aree interessate da intensi fenomeni erosivi e da subsidenza; Sono normalmente da inserire in classe G.3 le aree che presentano le seguenti caratteristiche geologiche/geomorfologiche:

- frane quiescenti comprensive del corpo di frana e della corona di distacco (con "buffer" adeguato in funzione delle possibilità di evoluzione del dissesto);
- areali comprendenti isolate frane di piccole dimensioni, frane non dettagliatamente cartografabili e/o puntuali fenomeni di dissesto gravitativo in atto;
- area interessate da soil creep ("ic" di carta geomorfologica);
- aree con affioramenti di formazioni litoidi con giacitura a franapoggio meno inclinata del pendio;
- aree con affioramenti di formazioni litoidi con giacitura a reggipoggio o a franapoggio più inclinata del pendio, se intensamente fratturate;
- terreni argillosi, argillitici alterati, limosi, detritici a prevalente matrice argillosa, e terreni a struttura caotica: indicativamente con pendenze superiori al 10%;
- terreni sabbiosi, sabbioso - ghiaiosi, terreni detritici a prevalente matrice sabbiosa indicativamente con pendenze superiori al 20%;
- terreni litoidi molto fratturati o di scarsa qualità, terreni ghiaiosi addensati: indicativamente con pendenze superiori al 35%;
- terreni litoidi non/poco fratturati e di buona qualità: indicativamente con pendenze superiori al 35%;
- aree interessate da fenomeni di erosione profonda;
- aree interessate da rilevanti manomissioni antropiche, quali rilevati con evidenti manifestazioni di dissesto e/o non uniforme compattazione, riempimenti, scavi e cave, rilevati arginali;
- corpi d'acqua e relativi paramenti di valle;
- scarpate di erosione non attive o quiescenti;
- alvei con moderata tendenza all'approfondimento;
- aree ricadenti in classe di pericolosità da frana molto elevata di cui alla perimetrazione P.F.3 del P.A.I. (Autorità di Bacino del Fiume Arno) che in funzione dei criteri fissati dal Reg. Regionale n. 53/R non ricadano in classe di pericolosità G.4.

In sintesi, si collocano in tale classe tutte quelle aree per cui esistono indizi di passati o potenziali dissesti ed in cui si rende necessario un approfondimento degli studi.

In funzione della tipologia dell'intervento, esso dovrà essere supportato in fase di progettazione esecutiva da indagini che dovranno essere condotte a livello di "area nel suo complesso" secondo le indicazioni ed i dettagli di cui al comma 3.2.1 dell'allegato A al Reg. Reg. N. 53/R per le aree classificate in classe di pericolosità geologica elevata. Sono inoltre da prevedersi interventi di presidio e miglioramento dei terreni (a livello di esecuzione degli sbancamenti di progetto) o della rete idraulica e di drenaggio sia superficiale che profondo e/o l'adozione di tecniche fondazionali e di opere speciali di consolidamento.

Pericolosità geologica media (G.2): aree in cui sono presenti fenomeni franosi inattivi stabilizzati (naturalmente o artificialmente); aree con elementi geomorfologici, litologici e giaciturali dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto;

Sono normalmente da inserire in classe G.2 le aree che presentano le seguenti caratteristiche geologiche/geomorfologiche:

- aree interessate da frane stabilizzate artificialmente o naturalmente e le forme relitte e quindi non attive (classificazione non utilizzata sul territorio comunale di Cerreto Guidi anche a seguito di interventi di bonifica realizzati”in testa” ad alcuni dissesti gravitativi e per la peculiarità delle caratteristiche litologiche e geotecniche dei litotipi presenti);
- aree con erosione superficiale;
- terreni argillosi, argillitici alterati, limosi, detritici a prevalente matrice argillosa, e terreni a struttura caotica: indicativamente con pendenze inferiori al 10%;
- terreni sabbiosi, sabbioso - ghiaiosi, terreni detritici a prevalente matrice sabbioso indicativamente con pendenze inferiori al 20%;
- terreni litoidi molto fratturati o di scarsa qualità, terreni ghiaiosi addensati: indicativamente con pendenze inferiori al 35%;
- terreni litoidi non/poco fratturati e di buona qualità: indicativamente con pendenze inferiori al 35%.

Nella classe G.2 sono comprese le aree apparentemente stabili sulle quali permangono dubbi che potranno tuttavia essere chiariti a livello di indagine geognostica di supporto alla progettazione edilizia. Tali zone sono in genere quelle collinari meno acclivi, dove non si osservano evidenze di instabilità. Si collocano inoltre in questa classe le aree con roccia affiorante o a litologia compatta, a scarsa pendenza in relazione al contesto litostratigrafico, o con irrilevante copertura detritica e alteritica.

Pericolosità geomorfologica bassa (G.1): aree pianeggianti e sub-pianeggianti in cui i processi geomorfologici le caratteristiche litologiche e/o giaciturali non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di movimenti di massa.

In via indicativa si possono considerare come sub-pianeggianti in relazione alle caratteristiche litologico-tecniche quanto segue:

- terreni argillosi, argillitici alterati, limosi, detritici a prevalente matrice argillosa, e terreni a struttura caotica: indicativamente con pendenze inferiori al 10%;
- terreni sabbiosi, sabbioso - ghiaiosi, terreni detritici a prevalente matrice sabbioso indicativamente con pendenze inferiori al 10%;
- terreni litoidi molto fratturati o di scarsa qualità, terreni ghiaiosi addensati: indicativamente con pendenze inferiori al 10%;
- terreni litoidi non/poco fratturati e di buona qualità: indicativamente con pendenze inferiori al 10%.

4.1 VINCOLI SOVRACOMUNALI SULLA PERIMETRAZIONE DI AREE CLASSIFICATE A RISCHIO GEOMORFOLOGICO

Il “Piano di Bacino del Fiume Arno, stralcio Assetto Idrogeologico” e le relative misure di salvaguardia è stato approvato con D.P.C.M. del 6.5.2005.

Si dettagliano nel prosieguo le indicazioni formulate da tale atto in merito al rischio geomorfologico.

Il P.A.I. nel contesto della pianificazione di bacino

Il Piano stralcio per l'assetto idrogeologico per il bacino del fiume Arno, che nel seguito chiameremo *PAI*, è redatto ai sensi e per gli effetti della legge n. 183/1989 e del decreto-legge n. 180/1998, con le relative fonti normative di conversione, modifica e integrazione.

Il *PAI* si configura in particolare come stralcio funzionale del Piano di bacino ai sensi dell'art. 17 della legge quadro.

Il *PAI* recepisce i contenuti:

- del Piano stralcio *relativo alla riduzione del rischio idraulico* approvato con DPCM 5 novembre 1999, in particolare per quanto attiene al quadro conoscitivo generale, all'analisi delle criticità e alla pianificazione e programmazione degli interventi di mitigazione del rischio;
- dei Piani straordinari per la rimozione delle situazioni a rischio idrogeologico più alto, redatto ai sensi del D.L. n. 132/99, convertito nella legge n. 226/99, approvati con delibere del Comitato Istituzionale n. 134 e 137.

Obiettivi del P.A.I.

Il bacino del fiume Arno è sede di processi geomorfologici attivi che, determinati dall'interazione con il clima, modellano le forme del territorio e determinano la dinamica del reticolo di drenaggio ai diversi ordini.

L'interazione di tali processi con l'assetto del territorio antropizzato, si traduce spesso in eventi disastrosi o nella produzione di danni. Si tratta, in sostanza, della crisi di insediamenti, di infrastrutture di ecosistemi, che, indotta da eventi alluvionali o da fenomeni geomorfologici di versante, viene a determinare la perdita della vita umana, di beni ambientali, storici e culturali, l'occorrenza di danni generalizzati, in un quadro di sostanziale non sostenibilità per la collettività. Si tratta delle cosiddette calamità naturali o, secondo una locuzione più recente, dei fenomeni di dissesto idrogeologico.

Obiettivo del *PAI* è la determinazione di un quadro di pianificazione e programmazione che, in armonia con le attese di sviluppo economico, sociale e culturale del territorio, tenda a minimizzare il danno connesso ai rischi idrogeologici. Questo avviene attraverso uno sviluppo del quadro conoscitivo, l'individuazione di interventi strutturali e non strutturali di mitigazione del rischio, di norme atte a governare la sicurezza alle popolazioni, degli insediamenti e delle infrastrutture, soprattutto nel transitorio conseguente alla realizzazione degli interventi programmati. Ci si riferisce in particolare al piano stralcio relativo alla riduzione del rischio idraulico. Numerosi di questi interventi, diversi dei quali già finanziati su più leggi di spesa, sono in corso di progettazione, appalto, esecuzione quando non già in servizio.

Il cardine del *PAI*, anche alla luce di quanto più sopra accennato e delle indicazioni del recente quadro normativo, resta tuttavia la individuazione e perimetrazione delle aree a pericolosità idrogeologica e la individuazione degli elementi a rischio che si trovano in esse ricompresi.

Organizzazione del Piano

L'organizzazione del *PAI* è stata strutturata attraverso fasi caratterizzate da un rapporto sostanzialmente seriale, alla cui evoluzione corrisponde lo svolgersi della "proposta di piano di recente adozione. Esse sono:

- inquadramento del problema dell'*assetto idrogeologico*, articolato in una parte di carattere giuridico ed una di ordine tecnico;
- quadro conoscitivo nel quale si discutono le caratteristiche fisiche, economiche e sociali del bacino in relazione ai problemi di assetto, anche nel contesto della pianificazione vigente;
- descrizione della metodologia operativa per l'individuazione dell'*assetto idrogeologico* attuale, attraverso l'individuazione delle aree a pericolosità idrogeologica in rapporto con gli elementi a rischio presenti sul territorio;
- produzione degli atlanti cartografici;
- definizione delle linee di pianificazione delle azioni di assetto idraulico e geomorfologico, individuazione dei fabbisogni e relativa programmazione degli interventi;
- elaborazione delle norme di attuazione.

Elaborati del PAI in merito alla pericolosità da processi geomorfologici di versante e da frana:

Gli elaborati del *PAI* sono costituiti da una relazione con i relativi allegati comprendenti, tra l'altro, le norme di attuazione e i dati relativi alla programmazione degli interventi, ed una serie di atlanti cartografici su alcuni dei quali, tra l'altro, viene a definirsi l'azione normativa. Questi possono essere a loro volta suddivisi secondo la scala cui sono stati elaborati, cui corrisponde un assegnato dettaglio del quadro conoscitivo e la metodologia di indagine impiegata.

Gli elaborati di PAI inerenti tale aspetto sono dunque costituiti da:

- “*Perimetrazione delle aree con pericolosità da fenomeni geomorfologici di versante – Livello di sintesi in scala 1:25.000*”;
- “*Perimetrazione delle aree con pericolosità da frana derivate dall'inventario dei fenomeni franosi – Livello di dettaglio in scala 1:10.000*”;
- “*Carta degli elementi a rischio – Aree con pericolosità da frana – scala 1:10.000*”.

Sull'elaborato “Carta della pericolosità geologica” (tav. STR.G04) le perimetrazioni P.F.4 e P.F.3 risultano conformi a quelle di cui al Decreto del Segretario Generale emanato dalla Autorità di Bacino del Fiume Arno n. del 02.2019 relativo all'approvazione delle modifiche della perimetrazione delle aree a pericolosità della cartografia di PAI per il territorio comunale, ai sensi dell'art. 27 delle salvaguardie del PAI stesso.

5. IDROGRAFIA, IDROGEOLOGIA E RISCHIO DI INQUINAMENTO DELLE RISORSE IDRICHE SOTTERRANEE

5.1 CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE

Il reticolo idrografico che caratterizza il territorio del Comune di Fiesole mostra un andamento del principale corso d'acqua, il Fiume Arno, che ne definisce il confine comunale meridionale, da est verso ovest.

I corsi di ordine gerarchico inferiore, e affluenti del Fiume Arno, sono orientati in linea di massima in direzione circa NE - SW (antiappenninica), come ad esempio il Torrente Mugnone, e in direzione NW – SE (appenninica) come ad esempio il Torrente Sambre e il Borro delle Falle.

Il reticolo può essere definito di tipo sub-rettangolare, con aste impostate lungo linee di frattura o di dislocazione. Infine, si osserva un aumento della densità del drenaggio nelle aree in cui si rileva la presenza di terreni prevalentemente argillitici, rispetto a tipi litologici a prevalente composizione sabbiosa grossolana o di natura arenacea con intensa fratturazione.

5.2 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Per quanto riguarda le caratteristiche idrogeologiche dei terreni presenti nel territorio comunale di Fiesole, si può definire che il sistema idrogeologico risulta chiaramente alimentato dai rilievi circostanti la pianura alluvionale. I dati disponibili indicano come la falda alimenti l'Arno. Si può ritenere che tale stato di cose non si modifichi sostanzialmente se non in particolari ed eccezionali episodi di piena del fiume.

Si fornisce di seguito una descrizione sintetica delle diverse situazioni riscontrabili all'interno del territorio comunale.

Falda libera all'interno delle alluvioni del Fiume Arno e dei corsi minori

Si tratta della risorsa più importante che gode di una situazione idrogeologica particolarmente favorevole in corrispondenza delle aree di fondovalle. La risorsa principale a disposizione del territorio è rappresentata dai depositi alluvionali del Fiume Arno. L'assetto idrogeologico di questi settori è favorevole in quanto i terreni che affiorano sui margini collinari dei settori vallivi contribuiscono alla ricarica della falda libera del fondovalle. Questa falda è sfruttata sia a scopo idropotabile sia per scopi diversi con una presenza di pozzi privati.

Circa la profondità della falda, questa tende ad aumentare progressivamente dai settori contermini ai rilievi collinari presenti al margine della piana verso il corso dell'Arno, passando da 2–3 m di profondità (si rilevano valori più bassi nelle vallecicole minori) fino a 7–8 m, con massimi di 10 m in prossimità dell'argine del fiume. Lo spessore dell'acquifero può essere stimato, in relazione alla profondità dei pozzi, intorno ai 10,0 metri.

Falde all'interno dei depositi fluvio-lacustri rusciniانو villafranchini

Si tratta di orizzonti isolati e poco produttivi con mancanza di una vera ricarica e con una potenzialità ridotta che, per le loro caratteristiche, non possono essere considerate alternative alla falda libera. Inoltre esiste un problema legato alla ricarica, che in questo caso è molto lenta o addirittura inesistente, essendo i depositi grossolani depositati in lenti all'interno di terreni coesivi.

Falde all'interno delle formazioni litoidi

Si tratta di livelli acquiferi presenti all'interno dell'ammasso roccioso in corrispondenza delle linee di filtrazione idrica confinate nelle fasce di fratturazione della formazione litoide. Talora queste sono frapposte a livelli a minor permeabilità che rendono la falda acquifera di carattere artesian. La presenza della risorsa idrica è

connessa a condizioni di fratturazione e di alimentazione definibili a grande scala e non risolvibili nel ristretto intorno dell'area di captazione e/o di ricerca.

Nel complesso per quanto riguarda le caratteristiche idrogeologiche dei terreni presenti nel territorio comunale di Fiesole, questi risultano caratterizzati da ampie aree contraddistinte da acquiferi multifalda in corrispondenza delle formazioni prevalentemente arenacee con livelli argillitici intercalati e da settori con modesta circolazione idrica per fratturazione in ammassi rocciosi di natura prevalentemente calcareo marnosa e arenacea.

Sono diffusi anche gli acquiferi a limitata produttività presenti in complessi arenacei e calcarei con frequenti strati marnosi o argillitici, con modesta circolazione idrica.

Risultano diffuse, ma con scarsa continuità areale i settori con falde libere presenti in materiali detritici (corpi detritici e accumuli di frana) e i settori con falde presenti in materiali con granulometria da sabbie prevalenti ad argilla, di modesta importanza con protezione di materiali fini (depositi eluvio-colluviali).

Infine risultano arealmente contenute (limitati ai materassi alluvionali presenti nei fondovalle del Fiume Arno e dei suoi maggiori affluenti) gli acquiferi liberi in materiali alluvionali a granulometria da grossolana a media (alluvioni recenti e attuali) senza o con scarsa protezione.

5.3 VULNERABILITÀ DEGLI ACQUIFERI

La vulnerabilità di un acquifero è definita come la propensione di un corpo idrico sotterraneo a subire una contaminazione.

La Carta Idrogeologica con vulnerabilità degli acquiferi in scala 1:10.000 (tavola QC.G03) è stata allestita con particolare riferimento alle aree potenzialmente interessate da previsioni insediative all'interno del perimetro urbanizzato e infrastrutturali. La ricostruzione dell'assetto idrogeologico è stata finalizzata alla individuazione dei corpi idrici sotterranei, alla definizione della loro configurazione e degli schemi di circolazione idrica sotterranea e alle tutele cui sottoporre la risorsa idropotabile per pubblica utilità.

La vulnerabilità di un acquifero è definita come la propensione di un corpo idrico sotterraneo a subire una contaminazione.

La Carta Idrogeologica e della Vulnerabilità degli Acquiferi rappresenta in funzione delle classi di vulnerabilità una zonazione del territorio che in base alle caratteristiche litologiche dei terreni superficiali definisce la possibilità di penetrazione e diffusione in profondità di un inquinante idroveicolato.

Uno dei criteri principali da seguire nella realizzazione di questo tematismo consiste nel distinguere le formazioni sulla base della diversa permeabilità dei litotipi costituenti, ma vanno accuratamente valutati anche il grado di fratturazione ed i fenomeni di alterazione che possono localmente modificare l'originaria permeabilità.

In relazione a ciò ed in approfondimento ai contenuti ed alle indicazioni forniti dal P.T.C.P. della Provincia di Firenze in merito alla corretta gestione (al fine della programmazione e pianificazione urbanistica) delle risorse idriche del sottosuolo sono state definite e cartografate in scala 1:10.000 (QC.G03) sei classi/sottoclassi di vulnerabilità (da elevata a bassa) seguendo i criteri sotto esposti:

- VULNERABILITÀ ELEVATA "E": acquifero libero in materiali alluvionali a granulometria da grossolana a media senza o con scarsa protezione (depositi alluvionali attuali e depositi alluvionali recenti e terrazzate).
- VULNERABILITÀ ALTA "A", a sua volta suddivisa in due sottoclassi:

“Aa” falde libere presenti in materiali a granulometria eterogenea con scarsa protezione sia di rilevante estensione areale, che di modesta continuità areale (corpi detritici, accumuli di frana e depositi alluvionali terrazzati pleistocenici)

“Ab” falde libere presenti in materiali detritici di modesta importanza e continuità areale.

- VULNERABILITÀ MEDIA “M” suddivisa in due sottoclassi:

“Ma” arenarie e siltiti quarzose con livelli argillitici intercalati che danno origine a più falde (sabbie e conglomerati continentali rusciniano villafranchiani, arenarie della formazione della Pietraforte e del Macigno).

“Mb”: calcari marnosi e marne interessati da modesta circolazione idrica nella rete delle fratture (limi e argille continentali rusciniano villafranchiane, Formazione di Monte Morello, Arenarie di Monte Senario, Marne di Pievepelago).

- VULNERABILITÀ BASSA “B”:

“Ba”: acquiferi di limitata produttività presenti in complessi arenacei e calcarei con frequenti strati marnosi o argillitici, con modesta circolazione idrica e nelle intercalazioni di marne con arenarie; complessi marnosi e argillitici con strati calcarei fratturati (Formazione di Sillano).

L'intero territorio comunale risulta caratterizzato da ampie aree, a cui sono state assegnate classi intermedie di vulnerabilità (sottoclassi Ma e Mb), così come sono diffuse, le zone classificate come vulnerabilità bassa in sottoclasse Ba. Risultano diffuse, ma con scarsa continuità areale, le zone classificate come vulnerabilità alta che comprende gli accumuli di detrito e di frana (sottoclasse Aa) e i depositi eluvio-colluviali (sottoclasse Ab).

Infine risultano realmente più contenute le classi a vulnerabilità elevata (E), limitate ai materassi alluvionali presenti nei fondovalle del Fiume Arno e dei suoi affluenti.

5.4 VINCOLI SOVRACCOMUNALI SULLA CAPACITÀ DI RICARICA DELLE FALDE

Nelle more dell'approvazione del Piano di bacino del Fiume Arno, stralcio “Bilancio Idrico”, è stata prorogata al 31 dicembre 2013 la vigenza delle misure di salvaguardia di cui agli articoli 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25 e 27 e relativi allegati delle misure di Piano, adottate in via definitiva con la deliberazione del Comitato Istituzionale n. 221 del 18 luglio 2012. In seguito il “Piano stralcio Bilancio Idrico del Bacino del Fiume Arno” è stato approvato con D.P.C.M. del 20.02.2015 (pubblicazione sulla Gazzetta Ufficiale n. 155 del 07.07.2015).

Lo stralcio “Bilancio Idrico” è lo strumento del Piano di Bacino per la definizione delle condizioni di criticità della risorsa idrica superficiale e sotterranea, e per l'imposizione di vincoli di sfruttamento sostenibile della stessa.

Il bilancio idrico, definito alla scala del bacino idrografico, è espresso dall'equazione di continuità dei volumi entranti, uscenti ed invasati nel bacino superficiale e idrogeologico, al netto delle risorse necessarie per la conservazione degli ecosistemi acquatici ed dei fabbisogni per i diversi usi.

È l'indispensabile strumento conoscitivo su cui fondare la gestione della risorsa idrica nonché la base scientifica sulla quale costruire, all'interno dei Piani di Tutela, le analisi, gli studi previsionali e le strategie volte al perseguimento degli obiettivi di qualità e più in generale i programmi e le azioni di governo del territorio a scala poliennale.

Fornisce inoltre gli strumenti per la regolazione amministrativa dei prelievi, sia superficiali che sotterranei, in un quadro tecnico chiaro ed unitario.

Finalità del Piano stralcio Bilancio Idrico

Per quanto riguarda le acque sotterranee il bilancio è stato redatto per gli acquiferi alluvionali individuati come significativi, significatività dovuta sia alla capacità propria del corpo idrico sia all'utilizzo in atto dello stesso, con elaborazioni anche in questo caso basate sull'anno medio relativo ai dati climatici dell'ultimo quindicennio.

Le criticità, anche in questo caso in ottemperanza alle indicazioni del Piano di Tutela, sono funzione in prima istanza alle condizioni di bilancio a livello di acquifero. Come ulteriore dettaglio, all'interno di ciascun corpo idrico sono state individuate zone caratterizzate da diversi livelli di stress in funzione della ricarica specifica, della trasmissività e dei prelievi in atto, opportunamente spazializzati.

Seguono quindi le linee di pianificazione delle azioni volte ad una gestione sostenibile della risorsa, di carattere generale e puntuale, rivolte in prima istanza agli Enti preposti alla gestione della risorsa idrica ma, anche ai fini di fornire un elemento informativo e di trasparenza nella azione amministrativa esplicitata tramite il parere di competenza sulle piccole e grandi concessioni idriche, in generale a tutti gli utenti della risorsa idrica.

Organizzazione del Piano e relativi elaborati

L'organizzazione della documentazione relativa al bilancio idrico è strutturata attraverso la fase conoscitiva, contenente l'individuazione delle criticità, e la fase più propriamente gestionale/normativa, che si fonda e definisce sui risultati delle fasi precedenti. A tal scopo la documentazione di piano è organizzata in schede di sintesi e cartografie immediatamente consultabile.

In sintesi la documentazione di Piano è così composta:

- RELAZIONE GENERALE » Contiene l'inquadramento del bilancio idrico, articolato in una parte di carattere giuridico e tecnico, il quadro conoscitivo naturale e antropico con specifico riferimento al cambiamento climatico e alle strategie di adattamento, la descrizione della metodologia operativa per l'individuazione del bilancio idrico, le criticità del reticolo superficiale e delle acque profonde.
- SCHEDE CONOSCITIVE DEGLI ACQUIFERI SIGNIFICATIVI - Costituiscono il quadro conoscitivo di ciascun acquifero significativo e riportano le caratteristiche geometriche ed idrodinamiche, corredate da cartografie di dettaglio
- IL BILANCIO DEGLI ACQUIFERI SIGNIFICATIVI » SCHEDE DI SINTESI Redatte per ciascun acquifero, corredate da tutti gli elementi, naturali ed antropici costituenti il bilancio
- ATLANTI CARTOGRAFICI DELLE CRITICITÀ - Alla scala 1:25.000 riportano la zonazione delle aree a diversa disponibilità idrica all'interno degli acquiferi significativi
- BILANCIO DELLE ACQUE SUPERFICIALI » SCHEDE DI SINTESI » Redatte in corrispondenza delle sezioni significative, corredate dai dati di bilancio e comunque dai dati significativi dei sottobacini e bacini sottesi
- CARTOGRAFIA DI PIANO e MISURE GESTIONALI (ED ALLEGATI).

Per quanto concerne il territorio comunale di Fiesole, in riferimento allo stralcio cartografico in scala 1:25.000 n. 34 della Zonazione aree a diversa disponibilità idrica di acque sotterranee degli acquiferi di pianura definita nel Piano di bacino del Fiume Arno, stralcio "Bilancio Idrico", vengono definite le seguenti aree, da assoggettare alle relative misure di salvaguardia di cui agli artt. 10 e 12 delle "Misure di Piano" dello stesso progetto di Piano "Bilancio Idrico":

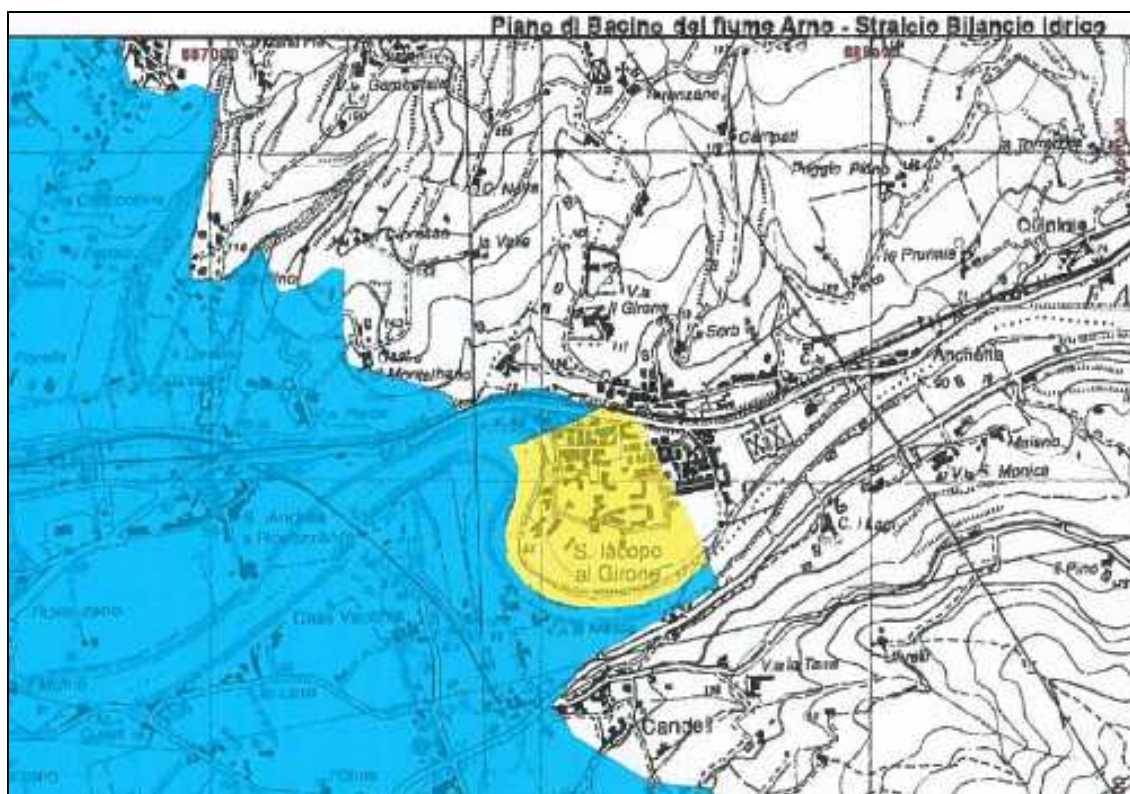
- Acquiferi con bilancio prossimo all'equilibrio e a bilancio positivo - Aree a disponibilità inferiore alla ricarica (D3); si tratta di un'area delimitata in prossimità della località Girone in corrispondenza dell'ansa del Fiume Arno che risulta campita nelle aree di questa seconda tipologia.
- Acquiferi con bilancio prossimo all'equilibrio e a bilancio positivo - Aree a disponibilità prossima alla ricarica (D2) e ad elevata disponibilità (D1); ricade nella tipologia D1 il settore circostante l'area precedentemente descritta ("D3") in località Girone.



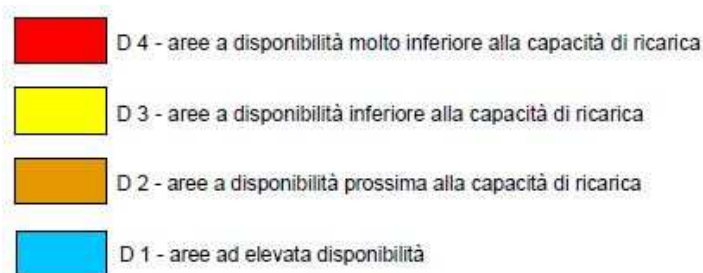
Autorità di Bacino del Fiume Arno

Piano di Bacino del fiume Arno
Stralcio "Bilancio Idrico"

Zonazione delle aree a diversa disponibilità di acque sotterranee degli acquiferi di pianura



Estratto dello Stralcio n. 34 della Zonazione aree a diversa disponibilità idrica di acque sotterranee degli acquiferi di pianura definite dall'Autorità di Bacino del Fiume Arno



Legenda Zonazione aree a diversa disponibilità idrica di acque sotterranee degli acquiferi di pianura dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno

5.5 VULNERABILITÀ RELATIVA AL CONTESTO E AL RISCHIO IDRAULICO

L'ambito fisico di interesse per la valutazione di tale tipo di rischio è costituito dalle reti di drenaggio superficiali, naturali e artificiali, e dalle dinamiche idrologiche ed idrauliche che caratterizzano le relazioni fra afflussi, deflussi e variazioni delle riserve, nell'ambito dei bacini idrografici.

Il rischio idraulico per il territorio è la risultante dei fattori naturali ed antropici. In particolare vanno considerati gli effetti dell'evoluzione socio-economica sui corsi d'acqua e i riflessi connessi sull'assetto dei territori montani, collinari e di pianura; delle modifiche nelle pratiche colturali e nelle conduzioni agricole; della scarsa manutenzione delle sistemazioni montane, dei boschi e degli alvei; dell'imprevidenza di trascorse scelte urbanistiche rispetto al rischio idraulico stesso.

Il rischio idraulico da esondazione trae origine dall'eventualità che una determinata area sia invasa dalle acque fuoriuscite da reti di drenaggio naturali e/o artificiali per insufficiente capacità di smaltimento delle portate in transito nella stessa rete, oppure per rotture di opere di contenimento e/o occlusione di tombature e tratti intubati.

La valutazione del rischio idraulico a cui è soggetto il territorio comunale di Fiesole viene eseguita essenzialmente attraverso considerazioni di cui al dettaglio che segue:

qualitative basate su:

- il ricorso al censimento storico - inventariale degli eventi di esondazione verificatisi così come documentato nelle perimetrazioni indicate in atti ufficiali degli Enti preposti confrontati con testimonianze raccolte sui luoghi e sulla base della certificazione sindacale di cui alla Del. C.R. n. 11540/94;
- notizie circa i battenti di piena ufficialmente registrati per gli episodi del 1949 e del 1966 dall'Istituto Idrografico di Pisa;
- indicazioni circa trascorsi episodi di ristagno per rigurgito di reti fognarie e/o occlusione di tratti del drenaggio superficiale (in specie per gli eventi verificatisi nel periodo 1991-1993).

quantitative basate su:

- mappatura della pericolosità da alluvione realizzata dalla Autorità di Bacino del Fiume Arno nel Piano Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) che individua gli azionamenti di pericolosità per possibilità di esondazione a seguito di modellazioni per i prefissati tempi di ritorno (T 30, 200 e 500 anni) realizzate e fornite dalla Autorità di Bacino del Fiume Arno per il tratto di sponda sinistra d'Arno nel tratto compreso fra i confini con i comuni di Firenze (a valle) e di Pontassieve (a monte) e lungo un primo tratto del T. Mugnone (dato accessibile tramite consultazione web gis con accesso al link:

<http://dati.adbarno.it/mapstore/composer?locale=it&mapId=252&configId=175&config=ConfigComposerAdB>)

con perimetrazioni di cui allo schema sotto riportato:

- pericolosità da alluvione elevata (P3), corrispondente ad aree inondabili da eventi con tempo di ritorno minore/uguale a 30 anni;
- pericolosità da alluvione media (P2), corrispondente ad aree inondabili da eventi con tempo di ritorno maggiore di 30 anni e minore/uguale a 200 anni;
- pericolosità da alluvione bassa (P1), corrispondente ad aree inondabili da eventi con tempo di ritorno maggiore di 200 anni e comunque corrispondenti al fondovalle alluvionale.

- “Studio idrologico e idraulico nel Comune di Fiesole a supporto del nuovo Piano Strutturale” con modellazione idraulica quantitativa per la valutazione della pericolosità idraulica sugli affluenti del Fiume Arno in riva destra, e del Torrente Mugnone e dei suoi affluenti realizzato sul reticolo indicato dal Genio Civile Valdarno Superiore sede di Firenze, redatto dall’Ing. David Settesoldi (West Systems s.r.l. divisione Physis, gennaio 2019). Tale studio, una volta ottenuto il favorevole parere istruttorio (per competenza) da parte del Genio Civile Valdarno Superiore sede di Firenze, costituirà oggetto di promozione di istanza per modifica delle perimetrazioni di pericolosità idraulica del P.G.R.A. (ai sensi dell’art. 14 della Disciplina di Piano del P.G.R.A. stesso).

5.6 CONTESTO e RISCHIO IDRAULICO nella PIANIFICAZIONE SOVRACCOMUNALE

Il “Piano di Bacino del Fiume Arno, stralcio Assetto Idrogeologico (P.A.I.)” e le relative misure di salvaguardia fu approvato con D.P.C.M. del 6.5.2005.

In seguito, nel contesto delle attività demandate al Distretto dell’Appennino Settentrionale con il coordinamento della Autorità di Bacino del Fiume Arno, il Comitato Istituzionale Integrato adottò, nella seduta svoltasi a Roma in data 17 dicembre 2015, il Piano di Gestione Rischio Alluvioni (P.G.R.A.), come richiesto dalle due direttive europee [2000/60/CE](#) e [2007/60/CE](#).

Con tale adozione decadde, per quanto concerne l’aspetto relativo alla pericolosità idraulica, i contenuti normativi e le cartografie di riferimento circa le pericolosità idrauliche del P.A.I. .

Si riporta per chiarezza che, dalla data di adozione del P.G.R.A., sopra indicata, e fino alla sua approvazione sono in vigore le misure di salvaguardia riportate nella Delibera del Comitato Istituzionale Integrato (ex. Art. 4, comma 3 D.lgs. 219/2010) della Autorità di Bacino del Fiume Arno n. 232 del 17.12.2015 relativa a “Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Distretto Idrografico dell’Appennino Settentrionale (Direttiva 2007/60/CE) – Adozione misure di salvaguardia per il Bacino del Fiume Arno e per i Bacini Regionali Toscana Nord, Toscana Costa e Ombrone”.

Il Piano Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) è stato approvato, in data 3 marzo 2016 con Deliberazione del Comitato Istituzionale della Autorità di Bacino del Fiume Arno n. 235, del Piano Gestione Rischio Alluvioni (PGRA), nel contesto delle attività demandate al Distretto dell’Appennino Settentrionale con il coordinamento della Autorità di Bacino del Fiume Arno.

Natura e finalità dei Piani di Gestione del Rischio Alluvioni

Il Piano di gestione del rischio di alluvioni (di seguito denominato P.G.R.A.) delle *Units of management* (U.O.M.) è redatto ai sensi della direttiva 2007/60/CE e del decreto legislativo 23 febbraio 2010, n. 49 ed è finalizzato alla gestione del rischio di alluvioni nel territorio di ciascuna U.O.M..

Il P.G.R.A. delle U.O.M. ha valore di piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate, tenendo conto delle caratteristiche fisiche e ambientali del territorio interessato e sulla base delle mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni, le misure di prevenzione, di protezione, di preparazione e di risposta e ripristino finalizzate alla gestione del rischio di alluvioni nel territorio di ciascuna U.O.M..

Il P.G.R.A. di ciascuna delle U.O.M. Arno, Toscana Nord, Toscana Costa e Ombrone costituisce, ai sensi dell’art. 65 comma 8 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 uno stralcio territoriale e funzionale del Piano

di bacino distrettuale del distretto idrografico dell'Appennino Settentrionale, di seguito denominato Piano di bacino.

Il Piano di Gestione "alluvioni", secondo quanto indica la direttiva, è costituito da alcune sezioni fondamentali che possono essere sinteticamente riassunte nei seguenti punti:

- analisi preliminare della pericolosità e del rischio alla scala del bacino/ bacini che costituiscono il distretto;
- identificazione della pericolosità e del rischio idraulico a cui sono soggetti i bacini del distretto, con indicazione dei fenomeni che sono stati presi in considerazione, degli scenari analizzati e degli strumenti utilizzati;
- definizione degli obiettivi che si vogliono raggiungere in merito alla riduzione del rischio idraulico nei bacini del distretto;
- definizione delle misure che si ritengono necessarie per raggiungere gli obiettivi prefissati, ivi comprese anche le attività da attuarsi in fase di evento.

I piani di gestione pertanto riguardano tutti gli aspetti legati alla gestione del rischio di alluvioni ed ovvero la prevenzione, la protezione e la preparazione. Comprende al suo interno anche la fase di previsione delle alluvioni e i sistemi di allertamento, oltre alla gestione in fase di evento.

Il distretto dell'Appennino Settentrionale è costituito da ben 11 sistemi idrografici a se stanti e con caratteristiche peculiari sostanzialmente diverse l'uno dall'altro. Per ogni sistema idrografico (bacino e/o insieme di bacini di ridotte dimensioni) è competente per la redazione del piano una U.O.M. che corrisponde alle Autorità di bacino di rilievo nazionale, interregionale e regionale già individuate dalla legge 183 del 1989. I piani di gestione sono stati predisposti per ogni singolo sistema idrografico da parte dell'ente individuato come Autorità competente. I P.G.R.A. di ogni U.O.M. pertanto compongono il piano di gestione di distretto. Secondo quanto stabilito dal decreto legislativo n. 219 del 2010, le Autorità di bacino di rilievo nazionale hanno coordinato le attività delle U.O.M. alla scala di distretto. Per il distretto dell'Appennino Settentrionale l'attività di coordinamento è stata svolta dall'Autorità di Bacino del Fiume Arno.

Il Piano di Gestione del Bacino del Fiume Arno (P.G.R.A.)

Per il bacino dell'Arno il P.G.R.A. rappresenta un forte elemento di innovazione in quanto il piano sostituisce a tutti gli effetti, con una nuova cartografia e nuove norme, il P.A.I. (Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico) riguardante la pericolosità ed il rischio idraulico.

Il P.G.R.A. dell'Arno supera il P.A.I. sia dal punto di vista cartografico che dal punto di vista della disciplina della pericolosità da alluvioni, introducendo una nuova "Disciplina di Piano" orientata alla gestione del rischio e alla responsabilizzazione degli enti locali in tale gestione, alla tutela e salvaguardia della naturalità dei corsi d'acqua in una visione integrata coerente con le Direttive europee 2000/60/CE e 2007/60/CE. Il P.G.R.A. dell'Arno racchiude pertanto in sé sia la parte di regole ed indirizzi (misure di prevenzione) per una gestione del territorio orientata a mitigare e gestire i rischi con particolare riguardo al patrimoni esistente, sia gli interventi (misure di protezione) da attuare per mitigare gli effetti delle alluvioni sugli elementi esposti al rischio.

La Disciplina di Piano include inoltre le modalità con cui si preservano e si integrano le aree destinate alla realizzazione degli interventi. Infine il P.G.R.A. introduce, con la definizione delle aree di contesto fluviale, particolari indirizzi per il governo del territorio tesi anche questi alla mitigazione degli effetti al suolo.

Le misure di prevenzione (Disciplina di Piano) e quelle di protezione (interventi) contribuiscono al raggiungimento degli obiettivi generali stabiliti alla scala dell'intero distretto dell'Appennino settentrionale. La

“mappa di piano” contiene, oltre alla pericolosità derivata da alluvioni fluviali e costiere, anche la perimetrazione delle aree di contesto fluviale.

In coerenza con le finalità generali della direttiva 2007/60/CE e del decreto legislativo n. 49/2010, il P.G.R.A. delle U.O.M. Arno persegue i seguenti obiettivi generali che sono stati definiti alla scala del distretto idrografico dell’Appennino Settentrionale:

1. Obiettivi per la salute umana

- a) riduzione del rischio per la vita delle persone e la salute umana;
- b) mitigazione dei danni ai sistemi che assicurano la sussistenza e l'operatività delle strutture strategiche.

2. Obiettivi per l'ambiente

- a) riduzione del rischio per le aree protette derivante dagli effetti negativi dovuti a possibile inquinamento in caso di eventi alluvionali;
- b) mitigazione degli effetti negativi per lo stato ambientale dei corpi idrici dovuti a possibile inquinamento in caso di eventi alluvionali, con riguardo al raggiungimento degli obiettivi ambientali di cui alla direttiva 2000/60/CE.

3. Obiettivi per il patrimonio culturale

- a) riduzione del rischio per il patrimonio culturale, costituito dai beni culturali, storici ed architettonici esistenti;
- b) mitigazione dei possibili danni dovuti ad eventi alluvionali sul sistema del paesaggio.

4. Obiettivi per le attività economiche

- a) mitigazione dei danni alla rete infrastrutturale primaria;
- b) mitigazione dei danni al sistema economico e produttivo pubblico e privato;
- c) mitigazione dei danni alle proprietà immobiliari;
- d) mitigazione dei danni ai sistemi che consentono il mantenimento delle attività economiche.

Il P.G.R.A. delle U.O.M. Arno è costituito dai seguenti elaborati:

1. Relazione e criteri generali alla scala del distretto idrografico dell'Appennino settentrionale
2. Relazione di Piano.
3. Disciplina di Piano.
4. Mappa della pericolosità da alluvione fluviale e costiera con distribuzione degli elementi a rischio.
5. Mappa delle aree di contesto fluviale.
6. Mappa delle aree destinate alla realizzazione degli interventi di protezione.
7. Mappa della pericolosità derivata da fenomeni di flash flood.
8. Mappa del rischio di alluvione.

Mappe di pericolosità e rischio alluvioni

Le “mappe di piano” e “rischio di alluvioni” predisposte per il P.G.R.A. del bacino dell’Arno hanno preso origine dal lavoro svolto nell’ambito del P.A.I. (Piano di Assetto Idrogeologico) realizzato già nel 1999 e di seguito continuamente aggiornato ed integrato.

Partendo dalle elaborazioni svolte nel P.A.I. dell’Arno sono state realizzate le mappe ai sensi della direttiva “alluvioni” e del decreto di recepimento 49/2010.

Con la rappresentazione cartografica di tali aree e l'applicazione della misura di prevenzione "Disciplina di Piano del P.G.R.A." è stata fornita una prima risposta in termini di azioni di adattamento.

In particolare ai fini del supporto al presente atto di pianificazione territoriale si segnala:

Mappa della pericolosità da alluvione fluviale

Le aree con pericolosità da alluvione fluviale sono rappresentate su tre classi, secondo la seguente gradazione (consultabili mediante accesso web gis al link:

<http://dati.adbarno.it/mapstore/composer?locale=it&mapId=252&configId=175&config=ConfigComposerAdB>)

- pericolosità da alluvione elevata (P3), corrispondenti ad aree inondabili da eventi con P.G.R.A. – U.O.M. Arno tempo di ritorno minore/uguale a 30 anni;
- pericolosità da alluvione media (P2), corrispondenti ad aree inondabili da eventi con tempo di ritorno maggiore di 30 anni e minore/uguale a 200 anni;
- pericolosità da alluvione bassa (P1) corrispondenti ad aree inondabili da eventi con tempo di ritorno superiore a 200 anni e comunque corrispondenti al fondovalle alluvionale.

Definizioni

Ai fini del P.G.R.A. delle U.O.M. Arno, per una corretta fruizioni da parte dei privati e degli operatori, si dettagliano i significati relativi alla terminologia sotto riportata:

Aree alluvionali: porzioni di fondovalle caratterizzate da eventi alluvionali il cui perimetro, definito mediante criteri di tipo geomorfologico, rappresenta il limite teorico superiore delle alluvioni catastrofiche.

Aree inondabili: porzioni di territorio soggette ad essere allagate in seguito ad un evento di piena. Sono caratterizzate da una probabilità di inondazione in funzione del tempo di ritorno considerato; nel caso di aree allagabili su base storico-inventariale la definizione di territorio interessato viene attuata mediante ricostruzione stimata dell'evento di riferimento. Le aree inondabili definite nel P.G.R.A. delle U.O.M. Arno non tengono conto degli allagamenti dovuti a cedimenti del sistema arginale.

Aree di contesto fluviale: sono le aree che, a prescindere dalla loro natura fisiografica e geomorfologica, sono da considerare ancora passibili di una dinamica fluviale naturale; si tratta di aree golenali, o immediatamente prossime agli alvei principali in genere libere da insediamenti e delimitate da forme quali ad esempio orli di terrazzi, piccole scarpate, argini.

Azioni di difesa locale: sono interventi tesi a limitare la vulnerabilità alla scala della singolo elemento o insieme di elementi; si tratta di azioni quali ad esempio barriere impermeabili, sistemi di impermeabilizzazione, sistemi di difesa delle reti e degli impianti, valvole di non ritorno, procedure di comportamento e più in generale azioni di proofing e retrofitting.

Battente h: altezza d'acqua stimabile nelle aree inondabili in conseguenza di un evento alluvionale; nel P.G.R.A. delle U.O.M. Arno il battente rappresenta l'altezza d'acqua presunta, ricavata da modellazione idraulica, con riferimento ad eventi di assegnata frequenza, e/o da informazioni basate su indagini storico-inventariali.

Funzionalità idraulica: indica la condizione del corso d'acqua sia in termini di capacità di deflusso che in termini di stato e assetto ambientale.

Gestione del rischio idraulico: per gestione del rischio idraulico si intendono le azioni volte a mitigare i danni conseguenti a fenomeni alluvionali. La gestione può essere attuata attraverso interventi tesi a ridurre la pericolosità e interventi tesi a ridurre la vulnerabilità degli elementi a rischio anche mediante azioni di difesa locale e piani di gestione dell'opera collegati alla pianificazione di protezione civile comunale e sovracomunale, rispettando le condizioni di funzionalità idraulica; in altri termini la gestione del rischio si attua attraverso azioni volte ad abbattere in maniera significativa gli effetti negativi - rispetto ad un evento di riferimento che può anche variare in funzione delle caratteristiche del corso d'acqua considerato – in particolare su vita umana, insediamenti ed attività, beni ambientali e culturali. Agli effetti del P.G.R.A. delle U.O.M. Arno, di norma, si considera come **evento di riferimento quello connesso con un tempo di ritorno uguale a 200 anni**. La gestione del rischio può essere perseguita, qualora ve ne siano i presupposti e le condizioni giuridiche, anche attraverso azioni tali da ripartire eventuali effetti negativi su aree in cui, a parità di pericolosità, si ha presenza di elementi a rischio di minor valore.

Misure di prevenzione: interventi ed azioni di regolamentazione e di governo del territorio tese a mitigare sia la pericolosità idraulica che le conseguenze negative per l'ambiente, i beni culturali, il sistema sociale e le attività economiche.

Misure di protezione: interventi carattere prevalentemente strutturale od in ogni caso connessi alla realizzazione di opere.

Misure di preparazione: interventi ed attività orientate a fronteggiare la fase di evento delle calamità alluvionali; comprendono sia le azioni di preannuncio che la predisposizione della pianificazione di emergenza che le azioni durante la fase di evento vero e proprio.

Misure di risposta e ripristino: sono gli interventi che si attuano in fase post-evento e comprendono sia la fase di ricostruzione che quella di rianalisi al fine di verificare il livello di efficacia delle misure intraprese.

Mitigazione del rischio idraulico: l'insieme di misure, azioni ed interventi tesi a diminuire le conseguenze negative di eventi alluvionali.

Pericolosità da alluvione P: è la probabilità di accadimento di un predefinito evento calamitoso nell'intervallo temporale t ; nel P.G.R.A. delle U.O.M. Arno la pericolosità da alluvione viene suddivisa in tre classi riferite a differenti frequenze di accadimento dell'evento.

Rete infrastrutturale primaria: è il sistema di infrastrutture costituito da ferrovie, autostrade, strade di grande comunicazione, strade regionali, strade provinciali e le opere ad esse connesse.

Reticolo principale: è il reticolo individuato dettagliato nell'Allegato 4 della disciplina di piano del P.G.R.A. della U.O.M. Arno. Nel comune di Fiesole il solo Fiume Arno risulta classificato come facente parte del reticolo principale. Il Torrente Mugnone risulta classificato in tale allegato 4 soltanto per il tratto compreso fra Ponte alla Badia e la confluenza in Arno (pertanto sostanzialmente nel tratto esterno rispetto all'estensione del territorio comunale)

Reticolo secondario: comprende la restante porzione del reticolo, classificato ai sensi delle leggi regionali della Toscana e dell'Umbria.

Servizi essenziali: sono i servizi connessi con la finalità di garantire la salute, l'igiene e l'assistenza ai cittadini (ospedali, scuole e servizi alle persone). Nella presente disciplina di P.G.R.A. delle U.O.M. Arno, Toscana Nord, tali servizi sono definiti ai fini della previsione e realizzazione di opere pubbliche e di interesse pubblico ad essi relativi.

Sicurezza idraulica: condizione legata all'assenza totale di fenomeni di allagamento associata ad una data pericolosità.

Tempo di ritorno Tr: è il tempo medio intercorrente tra il verificarsi di due eventi successivi di entità uguale o superiore ad un valore di assegnata intensità o, analogamente, è il tempo medio in cui un valore di intensità assegnata viene uguagliato o superato almeno una volta.

5.7 ESONDAZIONI STORICHE e RETICOLO IDROGRAFICO

La deliberazione Consiglio regionale 27 marzo 2015, n. 37 (di approvazione del PIT con valenza di piano paesaggistico) fissa, in materia di “disciplina del sistema idrografico”, all'articolo n. 16, comma 4 (allegato L – e elaborato 7B) le modalità relative alla “ricognizione, delimitazione e rappresentazione in scala idonea alla identificazione delle aree tutelate per legge ai sensi dell'art. 142 del Codice”.

In tale elenco sono segnalati i seguenti “fiumi e torrenti”:

Toponimo corso d'acqua	ID
Fiume Arno	3
Torrente Mugnone	430
Torrente o Fosso Sambre	545
Torrente Affrico	54
Torrente Mensola e Fosso del Bucine	410

Risultano, inoltre, censiti nel PIT (allegato E) gli ulteriori seguenti “corsi d'acqua”:

Toponimo corso d'acqua	ID
Fosso del Campone o delle Scalacce	2830
Fosso della Molina o Montereggi	2832
Fosso o Borro delle Falle	2836

Ulteriori corsi d'acqua censiti all'allegato n. 4 del precedente PIT di cui alla Del. C.R. n. 72/2007:

Toponimo corso d'acqua	ID
Torrente Mugnoncello	FI2719

Per tali corsi d'acqua, al di là dell'individuazione dei contesti fluviali di cui al comma 3, lettera a) del PIT, e per tutti i segmenti di asta fluviale facenti parte del reticolo idrografico come disposta dagli allegati alla L.R. n. 79/2012 aggiornato con D.C.R.T. n. 898/2018 si prevede che all'interno della fascia di larghezza 10 ml fra i due ciglio di sponda e/o limite esterno d'argine i nuovi strumenti urbanistici non dovranno prevedere nuove edificazioni, manufatti di qualsiasi natura o trasformazioni morfologiche di aree pubbliche ad eccezione delle opere idrauliche, di attraversamento del corso d'acqua, degli interventi trasversali di captazione e restituzione delle acque, nonché degli adeguamenti delle infrastrutture esistenti senza avanzamento verso il corso d'acqua, a condizione che si attuino le precauzioni necessarie per la riduzione del rischio idraulico”.

A tal proposito si segnala che il continuo aggiornamento cartografico del citato reticolo idrografico regionale è consultabile al link: http://geoportale.lamma.rete.toscana.it/reticolo_enti_gestori/index.html. Al momento dell'emissione della presente documentazione il reticolo idrografico è riportato per semplicità di consultazione nelle tavole STR.I02 e STR.I03 (carte della pericolosità idraulica con evidenziazione in tratto di colore blu “sottile”).

Il citato ambito corrisponde e coincide, generalmente, a quello di applicazione del R.D. 523/1904 (la cui applicazione si estende a tutte le “acque pubbliche”), dove, in particolare, sono vietati il tombamento, la realizzazione di nuove costruzioni, le modifiche morfologiche che possano alterare le condizioni di rischio idraulico e le modifiche del corso d’acqua stesso, salvo gli attraversamenti di infrastrutture pubbliche.

Con l’emanazione del Regolamento Regionale n. 53/R sono, comunque, decadute le efficacie relative alle norme di salvaguardia degli ambiti idraulici A1, A2 e B di cui agli artt. 75 – 80 della Del. C.R. n. 12/2000.

Le indicazioni inerenti alle esondazioni trascorse sono consultabili nella “Carta Guida delle Aree Allagate” allegata al Piano di Bacino del Fiume Arno – Piano stralcio Rischio Idraulico (“per eventi alluvionali che si sono succeduti dal 1966 ad oggi” – editata nell’agosto 1997) in scala 1:25.000. Sono state perimetrate per le aree di fondovalle attraverso l’analisi storico-inventariale delle informazioni sugli eventi alluvionali verificatisi in passato (vedi accesso al link: http://www.adbarno.it/pagine_sito_adb/WPvisualizza_selezionacomune.php).

Questa metodologia, anche se priva del supporto analitico e matematico di una verifica idraulica, risulta utile per operare scelte di indirizzo generale relative alla pianificazione territoriale in quanto per l’elaborazione del citato tematismo è stato fatto ricorso a:

- raccolta diretta, tramite testimonianze ed interviste degli abitanti, dei dati inerenti l’evento del 1966 e delle cause dei locali fenomeni verificatisi nel periodo 1991-1993;
- integrazione con i dati relativi al censimento aree inondate, ai sensi della D.G.R. 11540 del 13.12.1993;
- confronto con la “Carta della stabilità dei versanti e pericolosità di esondazione” allegata al Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (P.T.C.P.) della Provincia di Firenze (scala 1:25.000);
- confronto con la cartografia redatta in scala 1:25.000 dal Dipartimento Difesa del Suolo della Regione Toscana;
- consultazione della “carta dell’alluvione del 1966 nella Provincia di Firenze – Mappatura di tutte le località colpite” edita dalla Provincia di Firenze.

I fenomeni di esondazione e di alluvionamento descritti possono essere stati causati sia da una diretta fuoriuscita del corso d’acqua principale, che da fuoriuscite di reti di drenaggio secondarie naturali o artificiali.

Per correttezza procedurale occorre segnalare che, in fase di analisi e sintesi delle sopra citate fonti di reperimento dei dati, possono risultare indicazioni fra loro in discrasia nelle delimitazioni delle aree inondate nel corso dei vari eventi succedutisi, così come sono definite nei vari lavori, censimenti o mappature, sopra citati. Si ritiene che tale eventuale discrasia possa attribuirsi principalmente al grado di approssimazione insito nel riporto su basi cartografiche in piccola scala (1:25.000).

5.8 VINCOLI SOVRACCOMUNALI – D.P.C.M. n. 226/1999

In riferimento al “Piano Stralcio Rischio Idraulico” di cui al D.P.C.M. n. 226/1999 negli elaborati redatti dalla Autorità di Bacino del Fiume Arno in relazione alle aree da destinare ad opere per la riduzione del rischio idraulico (norme 2 e 3 del citato Piano Stralcio) si rileva, per il territorio comunale di Fiesole, assenza di tali previsioni di opere strutturali arealmente definite per la riduzione del rischio idraulico. Tale citata assenza è

confermata nel PGRA nella cartografia con indicazione delle zone destinate ad opere per la riduzione del rischio idraulico per la U.o.M. Arno.

Con riferimento alla Norma n. 5 di cui al D.P.C:M. n. 226/1999 (carta delle aree di pertinenza fluviale del Fiume Arno e dei suoi affluenti), le aree individuate sono consultabili sugli stralci cartografici n. 41, 53 e 54 della Autorità di Bacino dell'Arno (scala 1:25.000) che mostrano le aree soggette a suddetta norma (link: <http://www.adbarno.it/adb/flag> su Piano di Bacino - Stralcio Rischio Idraulico). Tali aree devono essere salvaguardate, in generale, per la mitigazione del rischio idraulico. Vi sono comprese le aree di espansione del fiume, le aree destinate dal piano ad interventi di sistemazione dei corsi d'acqua, per lo più da adibire a casse di espansione o ad aree di laminazione per lo scolmo delle piene, nonché le zone di ristagno e di trattenimento delle acque in conseguenza di eventi meteorici eccezionali.

Fatto salvo quanto sopra, le aree di pertinenza fluviale devono essere salvaguardate in generale anche per la mitigazione di altri rischi, idrogeologici e ambientali (zone da salvaguardare per la ricarica delle falde di pianura, per il recupero ambientale di aree degradate, per la conservazione di aree umide, etc.). Gli enti e le autorità interessate, anche in forma coordinata, promuovono, nelle aree di pertinenza fluviale, la definizione di interventi e misure idonei a garantire il recupero, la salvaguardia e il miglioramento ambientale. In tali aree, ove se ne verifichi la fattibilità e l'efficacia, devono essere realizzati interventi che contribuiscano ad un miglioramento del regime idraulico ed idrogeologico ai fini della difesa del territorio così come definito negli strumenti programmatori e pianificatori di competenza.

Con riferimento alla Norma n. 6 di cui al D.P.C:M. n. 226/1999 (carta guida delle aree allagate redatta sulla base degli episodi alluvionali significativi 1966-1999) gli azzonamenti sono consultabili sugli stralci cartografici n. 29, 40, 41, 53 e 54 della Autorità di Bacino dell'Arno (scala 1:25.000) che mostrano le aree soggette a suddetta norma (link: <http://www.adbarno.it/adb/flag> su Piano di Bacino - Stralcio Rischio Idraulico).

Tale cartografia è stata elaborata sulla base degli eventi alluvionali significativi, posteriori e comprendenti quello del novembre 1966; rappresenta, con la indeterminazione legata alla scala di riporto, una carta che fornisce indicazioni propedeutiche alla pericolosità idraulica.

In tali aree, le eventuali opere o trasformazioni edilizie ed urbanistiche potranno essere realizzate a condizione che venga comprovato il superamento delle condizioni di rischio legate a fenomeni di esondazione o ristagno, o che siano individuati gli interventi necessari alla mitigazione di tale rischio da realizzarsi contestualmente alla esecuzione delle opere richieste”.

6. CARTA DELLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA ai sensi del R.R. n. 53/R

Il Regolamento Regionale n. 53/R (vedi allegato A, paragrafo 2, comma C.2) precisa i criteri di attribuzione delle classi di pericolosità idraulica in funzione del rischio esistente.

I criteri regionali di attribuzione di classe di pericolosità idraulica nelle zone di fondovalle si basano, pertanto, essenzialmente su:

- criterio morfologico con discriminazione in corrispondenza dell'altimetria (dislivello) di 2,0 metri dalla quota del piede esterno dell'argine o dal ciglio di sponda;
- criterio connesso all'esistenza o meno di opere idrauliche a protezione e loro stato di manutenzione ed efficienza;
- criterio storico inventariale legato ai trascorsi episodi di inondazione e allagamento;
- criterio basato su valutazioni quantitative tramite modellazioni idrauliche per prefissati tempi di ritorno.

Pertanto il tema pericolosità idraulica è stato sviluppato mediante:

- studi di modellazione idraulica (Autorità di Bacino Fiume Arno – Autorità di Distretto Appennino Settentrionale) per le porzioni di territorio mappate a pericolosità idraulica nel P.G.R.A. ;
- studi di modellazione sui tributari d'Arno in destra idraulica e sul Torrente Mugnone a monte di Ponte alla Badia e sui suoi affluenti, redatti per il presente supporto al nuovo Piano Strutturale da West Systems srl_divisione Physis (Ing. D. Settesoldi, gennaio 2019). Studio svolto ed adeguato anche alle indicazioni tecniche contenute nella L.R. n. 41/2018 di recente promulgazione;
- mediante considerazioni di carattere qualitativo (criterio morfologico e esondazioni storico inventariali) per le rimanenti porzioni delle aste fluviali con particolare riferimento a quelli la cui modellazione è stata richiesta nella programmazione fornita al Comune di Fiesole dal Genio Civile Valdarno Superiore sede di Firenze.

Sulla base delle considerazioni generali sopra indicate e dei dati sul contesto idraulico raccolti bibliograficamente ed in fase di ricerca e verifica sui luoghi è stata articolata la seguente classificazione per l'attribuzione della pericolosità idraulica (vedi tav. STR.I02):

Pericolosità idraulica molto elevata (I.4):

- aree censite in P3 (pericolosità elevata) del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (P.G.R.A.) dell'Appennino Settentrionale.
- aree interessate da allagamenti per eventi con Tr minore/uguale 30 anni.

Fuori dalle UTOE potenzialmente interessate da previsioni insediative e infrastrutturali, in presenza di aree non riconducibili agli ambiti di applicazione degli atti di pianificazione di bacino e in assenza di studi idrologici e idraulici, rientrano in classe di pericolosità molto elevata le aree di fondovalle non protette da opere idrauliche per le quali ricorrano contestualmente le seguenti condizioni:

- a) vi siano notizie storiche di inondazioni;
- b) sono morfologicamente in situazione sfavorevole di norma a quote altimetriche inferiori rispetto alla quota posta a metri 2 sopra il piede esterno dell'argine o, in mancanza, sopra il ciglio di sponda.

Pericolosità idraulica elevata (I.3):

- aree censite in P2 (pericolosità media) del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (P.G.R.A.) dell'Appennino Settentrionale.
- aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra $30 < TR < 200$ anni.

Fuori dalle UTOE potenzialmente interessate da previsioni insediative e infrastrutturali, in presenza di aree non riconducibili agli ambiti di applicazione degli atti di pianificazione di bacino e in assenza di studi idrologici e idraulici, rientrano in classe di pericolosità elevata le aree di fondovalle per le quali ricorra almeno una delle seguenti condizioni:

- a) vi siano notizie storiche di inondazioni;
- b) sono morfologicamente in condizione sfavorevole di norma a quote altimetriche inferiori rispetto alla quota posta a metri 2 sopra il piede esterno dell'argine o, in mancanza, sopra il ciglio di sponda.

Pericolosità idraulica media (I.2):

- aree censite in P1 (pericolosità bassa) del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (P.G.R.A.) dell'Appennino Settentrionale.
- aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra $200 < TR < 500$ anni.

Fuori dalle UTOE potenzialmente interessate da previsioni insediative e infrastrutturali, in presenza di aree non riconducibili agli ambiti di applicazione degli atti di pianificazione di bacino e in assenza di studi idrologici e idraulici rientrano in classe di pericolosità media le aree di fondovalle per le quali ricorrano entrambe le seguenti condizioni:

- a) non vi sono notizie storiche di inondazioni;
- b) sono in situazione di alto morfologico rispetto alla piana alluvionale adiacente, di norma a quote altimetriche superiori a metri 2 rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda.

Pericolosità idraulica bassa (I.1):

- aree collinari o montane prossime ai corsi d'acqua per le quali ricorrono le seguenti condizioni:
- a) non vi sono notizie storiche di inondazioni;
- b) sono in situazioni favorevoli di alto morfologico, di norma a quote altimetriche superiori a metri 2 rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda.

Nella cartografia di pericolosità idraulica (Tav. STR.I02) è stato anche riportato il reticolo idrografico di cui alla L.R. n. 79 del 27.12.2012 aggiornato con D.P.G.R. n. 898/2018 che comprende anche i corsi d'acqua di cui all'elenco del P.I.T. di recente approvazione. Per tali corsi d'acqua non potranno prevedersi nuove edificazioni, manufatti di qualsiasi natura o trasformazioni morfologiche negli alvei, nelle golene, sugli argini o nelle aree comprendenti le due fasce di larghezza di 10,0 ml dal piede esterno dell'argine o, in mancanza di questo, dal ciglio di sponda.

7. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

Per effettuare gli studi di MS si è provveduto alla raccolta e all'archiviazione organizzata di dati pregressi (vedi tavv. QC.G05a/b in scala 1:5.000) e alla realizzazione di una specifica e inedita campagna di indagini (vedi elaborati indagini eseguite da ENKI s.r.l. elaborato QS.G10).

Le Carte delle indagini mostra, nel dettaglio per ciascuna delle frazioni indagate, l'ubicazione di tutte le prove eseguite precedentemente al presente studio reperibili da fonti "bibliografiche" e/o banche dati, nonché l'ubicazione delle indagini geofisiche all'uopo realizzate su indicazione del Coordinamento Regionale Prevenzione Sismica come supporto al presente studio di Microzonazione Sismica di 1° Livello (vedi certificazioni ed allegati forniti dalla ditta ENKI s.r.l. di cui all'elaborato QS.G10).

La raccolta dei dati esistenti si è basata sull'acquisizione, laddove reperibili, di stratigrafie relative a pozzi e sondaggi, di certificati di prove penetrometriche dinamiche e statiche, di indagini geofisiche (prove di sismica a rifrazione, prove down-hole, MASW, HVSR e stendimenti geoelettrici già realizzati nelle zone di studio).

Si citano di seguito le fonti di reperimento dei dati raccolti nel citato "data base" (per i dati di base da bibliografia):

- Studi geologici e geomorfologici di dettaglio, commissionati dalla Amministrazione Comunale, a supporto alla progettazione di opere di opere pubbliche e/o interventi infrastrutturali;
- Data base della Regione Toscana delle indagini di sottosuolo;
- Data base ISPRA relativamente a stratigrafie di pozzi idrici profondi;
- Archivi comunali in merito alle pratiche urbanistiche, edilizie e lavori pubblici.

La nomenclatura delle diverse tipologie di indagine ubicate sulla CTR, è stata definita sulla base delle indicazioni riportate al par. 1.1.1. degli "Standard di rappresentazione e archiviazione informatica per la Microzonazione Sismica".

Per la predisposizione del presente di *studio di Microzonazione Sismica* è stato necessario realizzare una specifica campagna di indagini geofisiche la cui distribuzione all'interno delle frazioni ed ubicazione in relazione alle problematiche da indagare è stata concordata con i funzionari del Coordinamento Regionale Prevenzione Sismica:

- n. 5 linee di sismica a rifrazione con onde P ed onde SH, con restituzione secondo tecniche di analisi a rifrazione classica e tomografica, delle velocità V_p e V_s nel sottosuolo, per caratterizzare dinamicamente sia la copertura presente sia il substrato roccioso ed individuarne la morfologia del tetto del substrato roccioso;
- n. 5 prove sismiche a rifrazione di tipo Masw per caratterizzare la velocità delle onde sismiche di taglio nel suolo e definire la categoria sismica di sottosuolo secondo le N.T.C. 2008;
- n. 42 prospezioni geofisiche con acquisizione ed analisi dei microtremiti (HVSR), e con processo di inversione e interpretazione secondo la metodologia di analisi del rapporto spettrale H/V o di Nakamura, per la definizione della frequenza naturale dei terreni e per la determinazione dell'eventuale comportamento amplificativo degli stessi (tempo di esposizione non inferiore a 40 minuti).

Si fornisce il dettaglio delle indagini appositamente eseguite dalla ditta ENKI s.r.l. di Firenze, con la loro distribuzione nelle varie frazioni, a corredo del presente studio.

L'ubicazione di tali indagini all'interno delle frazioni, in relazione alle problematiche da indagare, è mostrata nelle sopra citate cartografie, mentre per le risultanze si rimanda agli elaborati ed allegati forniti dalla ENKI s.r.l..

Sigla Indagine secondo ICMS	Id indagine	Località	Rifrazione P	MASW	HVSR
P61	01_HVSR	Fiesole Capoluogo			X
P62	02_HVSR	Fiesole Capoluogo			X
P63	03_HVSR	Fiesole Capoluogo			X
P64	04_HVSR	Fiesole Capoluogo			X
P65	05_HVSR	Fiesole Capoluogo			X
P66	06_HVSR	Fiesole Capoluogo			X
P67	07_HVSR	Fiesole Capoluogo			X
P68	08_HVSR	Fiesole Capoluogo			X
P69	09_HVSR	Fiesole Capoluogo			X
	10_SR	Fiesole Capoluogo	X		
	11_MASW	Fiesole Capoluogo		X	
P70	12_HVSR	Girone - Anchetta			X
P71	13_HVSR	Girone - Anchetta			X
P72	14_HVSR	Girone - Anchetta			X
P73	15_HVSR	Girone - Anchetta			X
P74	16_HVSR	Compiobbi - Ellera			X
P75	17_HVSR	Compiobbi - Ellera			X
P76	18_HVSR	Compiobbi - Ellera			X
P77	19_HVSR	Compiobbi - Ellera			X
P78	20_HVSR	Compiobbi - Ellera			X
P79	21_HVSR	Compiobbi - Ellera			X
	22_SR	Compiobbi - Ellera	X		
	23_MASW	Compiobbi - Ellera		X	
P80	24_HVSR	Montebeni			X
P81	25_HVSR	Montebeni			X
	26_HVSR				X
P82	27_HVSR	Poggio Gherardo			X
P83	28_HVSR	Olmo			X
P84	29_HVSR	Olmo			X
P85	30_HVSR	Olmo			X
P86	31_HVSR	Pian di San Bartolo			X
P87	32_HVSR	Pian di San Bartolo			X
P88	33_HVSR	Pian di San Bartolo			X
	34_SR	Pian di San Bartolo	X		
	35_MASW	Pian di San Bartolo		X	
P89	36_HVSR	Pian di Mugnone			X
P90	37_HVSR	Pian di Mugnone			X
P91	38_HVSR	Pian di Mugnone			X
	39_SR	Pian di Mugnone	X		
	40_MASW	Pian di Mugnone		X	
P92	41_HVSR	Caldine			X
P93	42_HVSR	Caldine			X

P94	43_HVSR	Caldine			X
P95	44_HVSR	Caldine			X
P96	45_HVSR	Caldine			X
	46_SR	Caldine	X		
	47_MASW	Caldine		X	
P97	48_HVSR	Querciola			X
P98	49_HVSR	Querciola			X
P99	50_HVSR	Querciola			X
P100	51_HVSR	Ponte alla Badia – San Domenico			X
P101	52_HVSR	Ponte alla Badia – San Domenico			X
P102	53_HVSR	Ponte alla Badia – San Domenico			X

Per ogni misura HVSR, è stata attribuita una delle seguenti 3 classi di appartenenza (vedi allegata relazione della ditta ENKI s.r.l.):

Classe A: registrazione affidabile ed interpretabile che può essere utilizzata anche da sola;

Classe B: registrazione sospetta da utilizzare con cautela ed in presenza di altre misure ottenute nelle vicinanze;

Classe C: registrazione scadente e di difficile interpretazione.

Per ciascuna delle frazioni indagate, nel seguito del presente rapporto in cui si descrivono le caratteristiche rilevate per ogni centro urbano studiato, si fornisce indicazione della Classe di qualità ottenuta applicando la “Procedura semiquantitativa per stabilire la qualità della carta di livello 1 di MS, i cui criteri e dati di input sono riassunti nella sotto riportata tabella 1 e i cui “range” di accettabilità sono indicati nel seguente abaco per le classi A, B e C.

CLASSE	VALORI	INDICAZIONI
A	$\geq 75 \%$	Carta di livello 1 di ottima qualità
B	50 % - 74 %	Sarebbero auspicabili migliorare almeno uno dei parametri
C	25 % - 49 %	Sarebbero auspicabili ulteriori indagini che mancano o che sono valutate di scarsa qualità
D	$\leq 25 \%$	Carta di livello 1 di scarsa qualità: non risponde ai requisiti minimi richiesti da ICMS08 e Linee Guida Regione Toscana

Parametro	Peso Parametro	Indicatore (peso=0.33)	Valutazione indicatore (punteggio)			
			Nulla (0)	Bassa (0.33)	Media (0.66)	Alta (1)
Carta geologico - tecnica	1	Anno rilevamento	No data	< 2000		> 2000
		Progetto	No data	Altro	Allegato piano urbanistico	Ad hoc
		Scala rilevamento	No data	50.000-26.000	25.000-11.000	10.000-2.000
Sondaggi a distruzione	0.50	Numero di sondaggi a distruzione	No data	1-5	6-10	>10
		Percentuale di celle occupate da sondaggi a distruzione	No data	1-33%	34-66%	>66%
		Numero sondaggi che arrivano al substrato rigido	No data	1-5	6-10	>10
Sondaggi a carotaggio continuo	1	Numero di sondaggi a carotaggio	No data	1-5	6-10	>10
		Percentuale di celle occupate da sondaggi a carotaggio	No data	1-33%	34-66%	>66%
		Numero sondaggi che arrivano al substrato rigido	No data	1-5	6-10	>10
Indagini geofisiche	0.50	Numero di misure	No data	1-5	6-10	>10
		Percentuale di celle occupate da indagini	No data	1-33%	34-66%	>66%
		Percentuale indagini che arrivano al substrato rigido	No data	1-33%	34-66%	>66%
Prove geotecniche in situ (Prove Penetrometriche, ecc.) e di laboratorio	0.25	Numero di prove	No data	1-5	6-10	>10
		Percentuale di celle occupate da prove	No data	1-33%	34-66%	>66%
		Percentuale prove che arrivano al substrato rigido	No data	1-33%	34-66%	>66%
Misure delle frequenze del sito	0.75	Numero di misure	No data	1-5	6-10	>10
		Percentuale di celle occupate da misure	No data	1-33%	34-66%	>66%
		Classe di affidabilità misure (Albarelli et alii)*	No data	Classe A < 33%	Classe A 34-66%	Classe A >66%

Relativamente alle notazioni litotecniche e geotecniche, sulla scorta dei risultati degli studi geologici e geologico tecnici dell'attuale Piano Regolatore è possibile distinguere i terreni presenti nel territorio da un punto di vista litotecnico. Infatti i terreni che possono manifestare comportamento meccanico omogeneo vengono accorpati in “unità litotecniche” distinte. Per cui vengono raggruppati nella stessa unità litotecnica quei litotipi che presentano caratteristiche tecniche simili, indipendentemente dalla formazione geologica a cui appartengono, dalla posizione stratigrafica, dai relativi rapporti geometrici, seguendo quindi solamente il criterio del comportamento meccanico omogeneo.

Relativamente alla caratterizzazione geotecnica e litotecnica dei terreni, con riferimento alla descrizione geologica relativa a ciascuna formazione, individuata e distinta nelle zone di studio, è stata definita la classe di appartenenza ad “unità litologico-tecnica – U.L.T.” secondo le indicazioni formulate dal Programma VEL.

Le "unità litologico tecniche", cui si fa riferimento per le formazioni geologiche riscontrate nelle aree indagate, sono state distinte in gruppi principali in base alle diverse successioni di terreni che li caratterizzano uniformandosi alla “*Legenda per la definizione di unità litologico-tecniche (U.L.T.)*” del programma regionale VEL “*Istruzioni tecniche per le indagini geologiche, geofisiche, geognostiche e geotecniche per la valutazione degli effetti locali nei comuni classificati sismici della Toscana*”.

Di seguito si riporta brevemente la descrizione delle varie “unità litologico-tecniche” con il dettaglio delle varie formazioni geologiche che a ciascuna di esse si è ritenuto far corrispondere.

Unità litologico tecnica B

Si tratta di materiali lapidei stratificati o costituiti da alternanze di diversi litotipi con rapporto lapideo/pelite variabile. Questo raggruppamento comprende una unità litologico tecniche cartografate secondo i seguenti criteri:

- **Unità litologico-tecnica B2:** rocce stratificate, con strati da medi a fini, strutturalmente ordinate con materiale lapideo nettamente prevalente. E' riconducibile a tale unità la formazione geologica del Macigno (MAC),
- **Unità litologico-tecnica B3:** alternanze ordinate di livelli lapidei e pelitici, con materiale lapideo > 75%. E' riconducibile a tale unità la formazione geologica della Pietraforte (PTF),
- **Unità litologico-tecnica B4:** alternanze ordinate di livelli lapidei e pelitici, con materiale pelitico compreso tra 25% e 75%. Sono riconducibili a tale unità le formazioni geologiche delle Arenarie di Monte Senario (SEN), della Formazione di Monte Morello (MLL) e delle Marne di Pievepelago (PIE).
- **Unità litologico-tecnica B5:** alternanze ordinate di livelli lapidei e pelitici, con materiale lapideo < 25%. Ne fa parte l'unità geologica della Formazione di Sillano (SIL).

Unità litologico tecnica C

Si tratta di materiali granulari cementati, con grado di cementazione medio basso, che presentano caratteristiche intermedie fra quelle delle rocce e quelle dei terreni in s.s.. Si ritiene convenzionalmente che il limite fra l'unità litologico tecnica C e l'unità E (materiali granulari non cementati o poco cementati) possa essere considerato corrispondere ad un numero di colpi della prova Spt uguale a 50.

Questa unità comprende tre raggruppamenti (sottounità litologico tecniche) suddivisi secondo i seguenti criteri:

- **Unità litologico-tecnica C2** - comprende conglomerati e brecce con medio grado di cementazione sostenuti da matrice granulare. A questa unità appartengono i depositi continentali rusciniani e villafranchiani a composizione sabbioso conglomeratica (VILe).

Unità litologico tecnica D

Si tratta di materiali coesivi consistenti la cui consistenza (per lo più elevata) può essere stimata mediante prove manuali o mediante misura della resistenza alla penetrazione con penetrometro tascabile o scissometro. Le argilliti e le siltiti ricadono nella U.L.T. "B". Le argille ed i limi poco consistenti ricadono nella unità "F". Il limite tra le unità "D" ed "F" può essere convenzionalmente considerato corrispondente a un valore di resistenza a compressione uniassiale (non drenata) pari a 250 kPa.

Questo raggruppamento comprende:

- **Unità litologico-tecnica D1** – con depositi coesivi a granulometria dominante limosa. A questa unità appartengono i depositi continentali rusciniani e villafranchiani a composizione limoso argilloso sabbiosa e argilloso limoso sabbiosa (VILh).

Unità litologico tecnica E

Vi sono compresi i terreni con stato di addensamento da addensato a sciolto costituiti da materiali granulari non cementati o con lieve grado di cementazione. Per le varie granulometria può essere valutato lo stato di addensamento mediante prove manuali. Le sabbie, le brecce ed i conglomerati con grado di cementazione medio basso ricadono nella unità "C". Il limite fra le unità litologiche "C" ed "E" può essere considerato convenzionalmente corrispondente ad un numero di colpi della prova Spt uguale a 50.

- **Unità litologico-tecnica E:** materiali granulari non cementati. Si tratta di materiali granulari eterogenei ed eterometrici. Ne fanno parte i detriti appartenenti ai corpi di frana (a1a, a1q e a1s), ai depositi di versante (aa) e ai detriti di falda (a3a).
- **Unità litologico-tecnica E2:** ghiaie (elementi lapidei compresi mediamente tra 2 - 60 mm). Si tratta di materiali granulari generalmente grossolani. Ne fanno parte i depositi alluvionali attuali (b) e i depositi alluvionali terrazzati di età pleistocenica (bnb).
- **Unità litologico-tecnica E3:** sabbie (granuli di dimensioni comprese tra 2 mm e 0.06 mm). Si tratta di materiali granulari a prevalente composizione sabbiosa. Ne fanno parte i depositi eluvio-colluviali (b2a) e i depositi alluvionali recenti e terrazzati (bna).

8. MODELLO DEL SOTTOSUOLO

Viene definito come modello del sottosuolo “una rappresentazione tridimensionale approssimata di una porzione di sottosuolo, nella quale devono essere distinguibili gli elementi qualitativi e quantitativi necessari per il suo impiego nelle valutazioni funzionali alla specifica applicazione. Metodologicamente è il risultato di un processo interattivo e iterativo di trattamento di dati provenienti da diverse fonti informative, riconducibili a specifiche aree disciplinari: geologia, geofisica e geotecnica”.

In sintesi, il processo è indirizzato e finalizzato alla definizione del minimo numero di parametri necessari a fornire una ricostruzione di Unità Omogenee, cioè quelle unità caratterizzate da valori simili dei parametri rilevanti ai fini dello studio. Il processo prevede di passare da unità strettamente litologiche a unità caratterizzate da parametri geotecnici e geofisici simili.

In particolare, si devono definire per le diverse unità:

- le geometrie e i limiti superiori, laterali e inferiori; in particolare, è importante stabilire il rapporto stratigrafico tra i terreni di copertura e il substrato geologico, per definire l'andamento morfologico del tetto del substrato geologico sepolto;
- l'assetto strutturale degli ammassi rocciosi ed eventualmente delle formazioni fortemente sovracconsolidate e/o cementate;
- le proprietà fisiche e meccaniche, sebbene secondo le loro intrinseche variazioni e valutazioni di incertezza;
- la posizione delle falde acquifere e le loro eventuali oscillazioni, con definizione delle condizioni idrodinamiche e di pressione interstiziale.

Il processo di costruzione del modello del sottosuolo è partito, quindi, dalla ricostruzione dell'assetto geologico-geomorfologico e strutturale dell'area indagata, effettuato sia mediante cartografie già a disposizione e redatte in passato, come la Carta Geologica Regionale (1:10.000), la Carta Geologica del P.R.G., ecc..., sia attraverso un'inedita revisione con mirati itinerari di rilievo di campagna.

Tutta l'informazione geologica acquisita, coadiuvata dai dati geotecnici e geofisici, è stata tradotta in un modello, sintetizzato nelle Carte Geologico Tecniche, fornite in scala 1:5.000, riguardanti i settori del territorio del Comune di Fiesole scelti per gli studi di Microzonazione Sismica.

L'insieme dei dati geologici finalizzati a definire modelli del sottosuolo, particolarmente inerenti alla Microzonazione Sismica, hanno consentito di:

- distinguere il substrato geologico dai terreni di copertura;
- definire le loro geometrie;
- individuare, nei terreni di copertura, le aree soggette a fenomeni di instabilità dei versanti;
- individuare le criticità geomorfologiche.

Ai dati di superficie sono stati aggiunti i dati prelevati in profondità con le indagini geognostiche:

- successioni litostratigrafiche;
- contatto terreni di copertura – substrato geologico.

Inoltre, come riportato al precedente capitolo sono stati trattati i dati e gli aspetti di carattere geotecnico e geofisico delle varie unità litologico tecniche riconosciute.

9. INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE

La finalità delle indagini geotecniche negli studi di Microzonazione Sismica è pervenire alla conoscenza dettagliata dello stato del sito e dei terreni presenti nell'area in funzione di un evento sismico attraverso lo studio delle condizioni naturali del terreno in sito mediante indagini geognostiche, prove geotecniche in sito e di laboratorio e di indagini geofisiche, che devono contribuire a definire tutte le caratteristiche morfologiche, stratigrafiche, idrogeologiche, e che, soprattutto, devono identificare il comportamento dinamico dei vari terreni presenti nel sito, assegnando dei valori ai parametri dinamici indispensabili per la valutazione della risposta del sito mediante modelli analitici e numerici.

Il programma delle indagini geotecniche va perciò commisurato sia al problema nonché ai modelli di calcolo di analisi numerica.

Pertanto, ad esempio, dovranno essere eseguite specifiche indagini per la valutazione della velocità delle onde sismiche, indagini per la caratterizzazione dinamica dei terreni finalizzate alla definizione dell'analisi di risposta sismica locale, indagini in sito per la valutazione del potenziale di liquefazione, indagini finalizzate alla determinazione dei parametri residui in caso di analisi di stabilità di pendii.

Inoltre dovranno essere implementate le conoscenze relative ai parametri geotecnici desunti da indagini in situ e di laboratorio.

Oltre alle prove geotecniche e indagini in situ dovranno essere implementate le prove geofisiche finalizzate sia alla ricostruzione sismostratigrafica del territorio (i.e. mediante l'esecuzione di indagini di sismica a rifrazione in onde P) sia alla determinazione dei valori di V_s (i.e. indagini Down-Hole, Masw, ecc...).

Infine, data la categoria granulometrica del fondo, in prima analisi (lettura ed interpretazione delle descrizioni presenti nelle stratigrafie) possono escludersi fenomeni di liquefazione. Le indagini geotecniche di cui si è accennato in precedenza (prove CPT, analisi granulometriche, limiti di Atterberg, ecc...) dovranno chiarire e garantire, a livello di indagini sitospecifica di supporto ad atti progettuali, l'eventuale assenza di questa tipologia permanente di deformazione in caso di sisma.

10. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI

Per una completa ed esaustiva trattazione delle indagini geofisiche svolte, della loro elaborazione e dei risultati conseguiti, si rimanda alle allegate “Indagini geofisiche integrate di caratterizzazione sismica propedeutiche alla redazione di cartografie di microzonazione sismica e MOPS” redatte dalla ditta ENKI s.r.l. (elaborato QS.G10) contenenti l’illustrazione e le certificazioni delle indagini geofisiche svolte, nel novero del presente studio, per la caratterizzazione sismica e propedeutiche alla redazione della cartografia MOPS.

11. ELABORATI CARTOGRAFICI

Gli studi di Microzonazione Sismica Comunale (di seguito MS) svolti per il Comune di Fiesole sono stati condotti secondo le indicazioni formulate dal Settore Coordinamento Regionale Prevenzione Sismica 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. 144/2015.

Nei citati ICMS vengono definite le procedure, le metodologie di analisi al fine di individuare e caratterizzare le zone stabili, le zone stabili suscettibili di amplificazione locale del moto sismico e le zone suscettibili di instabilità.

Nello specifico la MS individua e caratterizza:

- Le **Zone Stabili**, sono zone 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**, sono le zone in cui il moto sismico viene modificato a causa delle caratteristiche litostratigrafiche e/o geomorfologiche del territorio;
- Le **Zone di Attenzione per Instabilità**, sono le zone suscettibili di attivazione dei fenomeni di deformazione permanente del territorio indotti o innescati dal sisma (instabilità di versante, liquefazioni, fagliazione superficiale, cedimenti differenziali e sovrapposizione di differenti fenomeni di instabilità).

Per la definizione delle zone e della loro perimetrazione si rimanda a quanto definito al par. 1.1.3 e 1.1.4 degli standard ICMS (versione 4.1 dell'ottobre 2017).

Gli studi di MS rivestono una notevole importanza nella pianificazione territoriale, fornendo una base conoscitiva della pericolosità sismica locale, al fine di stabilire gerarchie di pericolosità utili per la programmazione di interventi di riduzione del rischio sismico a varie scale, orientare la scelta di aree per nuovi insediamenti, definire gli interventi ammissibili in una determinata area, programmare le indagini e i livelli di approfondimento, stabilire orientamenti, modalità e priorità di intervento nelle aree urbanizzate.

In relazione ai diversi contesti geologico-tecnici, alla pericolosità sismica di base ed in funzione dei diversi obiettivi degli studi di MS, possono essere effettuati n. 3 livelli di approfondimento, con complessità e impegno economico crescente.

In particolare possono essere predisposti i seguenti livelli:

- il **livello 1** è un livello propedeutico ai successivi studi di MS, che consiste esclusivamente in una raccolta organica e ragionata di dati di natura geologica, geofisica e geotecnica e delle informazioni preesistenti e/o acquisite appositamente al fine di suddividere il territorio in microzone qualitativamente omogenee dal punto di vista del comportamento sismico. Tale approfondimento è finalizzato alla realizzazione della carta delle “Microzone Omogenee in prospettiva sismica (MOPS)”;
- il **livello 2** è un livello successivo in cui si introduce l'elemento quantitativo associato alle zone omogenee mediante metodologie di analisi numerica di tipo semplificato (abachi regionalizzati, modellazione 1D, leggi empiriche) e l'esecuzione di ulteriori e più mirate indagini. Tale approfondimento è finalizzato alla realizzazione della “Carta di Microzonazione Sismica”;

- 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. Tale approfondimento è finalizzato alla realizzazione della “Carta di Microzonazione Sismica con approfondimenti”.

Per la Microzonazione Sismica del Comune di Fiesole sono stati eseguiti pertanto studi di livello 1.

Ciascuno dei livelli di approfondimento prevede una serie di adempimenti come sotto elencati e dettagliati nella tabella riassuntiva al fine della definizione del quadro conoscitivo minimo che debba essere raggiunto per ogni livello sulla scorta delle indicazioni contenute negli ICMS:

- la realizzazione di opportune indagini geologiche, geofisiche e geotecniche per definire il quadro conoscitivo;
- l'effettuazione di opportune analisi ed elaborazioni;
- la predisposizione di risultati finali.

INDAGINI MINIME Raccolta di tutti i dati pregressi esistenti nell'area: rilievi geologici, geomorfologici, geologico-tecnici, indagini geofisiche, sondaggi e stratigrafie desunte da pozzi;
Rilevamenti geologici di controllo sul terreno;
Nuove indagini: Esecuzione di ulteriori indagini geofisiche e geotecniche, qualora la raccolta dei dati pregressi non consenta la ricostruzione di un quadro conoscitivo sufficientemente attendibile rispetto agli obiettivi del livello 1;
Misura passiva del rumore ambientale, mediante tecnica a stazione singola.

ANALISI ED ELABORAZIONI Sintesi dei dati e delle cartografie disponibili;
Rilettura, sintesi dei dati ed eventuali nuovi rilievi geologici.

PRODOTTI FINALI Carta delle indagini (sia esistenti che di nuova realizzazione);
Carta geologico-technica per la microzonazione sismica almeno alla scala 1:5.000-1.10.000;
Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS) almeno alla scala 1:5.000-1.10.000;
Relazione tecnica illustrativa della carta MOPS;
Carta delle frequenze fondamentali dei depositi.

Sintesi del quadro conoscitivo del livello 1

Questo livello può quindi essere caratterizzato essenzialmente 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.

Le finalità degli studi di MS di livello 1 sono:

- individuare qualitativamente le aree che necessitano di approfondimenti;
- definire le tipologie di effetti attesi;
- individuare il modello geologico di sottosuolo preliminare.

Il principale elaborato previsto in questo livello è la **Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS)**. Questa carta individua le microzone ove, sulla base di osservazioni geologiche e geomorfologiche e in relazione all'acquisizione, valutazione ed analisi dei dati geognostici e di alcune tipologie di dati geofisici, è prevedibile l'occorrenza di diverse tipologie di effetti prodotti dall'azione sismica (amplificazioni, instabilità di versante, liquefazione, ecc.). Di particolare importanza a questo scopo risulta la ricostruzione del modello geologico-technico dell'area, l'individuazione dei litotipi che possono costituire il substrato rigido (ovvero dei materiali caratterizzati da valori delle velocità di propagazione delle onde di taglio S significativamente maggiori

di quelli relativi alle coperture localmente presenti) accompagnata da una stima approssimativa della loro profondità rispetto al piano di campagna (del tipo: “qualche metro”, “una decina di metri”, “alcune decine di metri”, “oltre i 100 metri”), una stima di massima del contrasto di impedenza sismica atteso (del tipo: “alto” o “basso”). Di particolare importanza sarà l'individuazione di eventuali discontinuità e morfologie sepolte potenzialmente in grado di causare inversioni della velocità di propagazione delle onde di taglio ed effetti di RSL bi- e tri-dimensionali.

Pertanto, per acquisire tali informazioni di tipo semiquantitativo al fine di consentire la predisposizione della cartografia delle *Microzone Omogenee in prospettiva sismica (MOPS)* si è provveduto alla acquisizione, oltre alle informazioni già previste al par. 1.1.3 degli ICMS, dei risultati di indagini geofisiche utili alla ricostruzione geometrica dei corpi sepolti (sismica a rifrazione, ERT, gravimetria, ecc.) e alla individuazione di eventuali contrasti di impedenza sismica e possibili fenomeni di risonanza (campagne di misura delle frequenze naturali di sito da vibrazioni ambientali o da terremoti).

Per meglio rappresentare queste caratteristiche la carta dovrà essere corredata da sezioni geolitologiche rappresentative della situazione lito-stratigrafica e strutturale presente.

Attraverso questo livello, quindi, sarà possibile:

- la definizione delle caratteristiche litologiche e geometriche delle unità geologiche del sottosuolo;
- l'individuazione delle aree a minore pericolosità locale (zone stabili);
- l'individuazione delle aree per le quali sono necessari ulteriori livelli di approfondimento;
- definire il livello di approfondimento richiesto nelle aree che necessitano di approfondimenti;
- la programmazione di indagini di approfondimento, sulla base delle diverse tipologie di effetti attesi.

Per la indicazioni tecniche cui attenersi per la predisposizione delle **cartografie delle indagini e delle cartografie delle Microzonazione Omogenee in prospettiva sismica (MOPS)** si rimanda ai par. 1.1.1, 1.1.2 e 1.1.3 degli ICMS in cui vengono presentate le procedure di riferimento per la realizzazione delle suddette carte.

11.1 INDIVIDUAZIONE DELLE AREE DI INDAGINE

Gli studi di MS si sono concentrati in corrispondenza dei centri urbani maggiormente significativi che l'Amministrazione Comunale ha individuato di concerto con la Struttura Regionale deputata.

Tali aree coincidono necessariamente con le zone del territorio comunale occupate da insediamenti abitativi, industriali e/o elementi antropici di interesse e sono state, pertanto, sottoposte a studi e indagini specifiche finalizzate alla redazione delle carte di dettaglio con rilievo in scala 1:2.000 e restituzione grafica ed “editing” in scala 1:5.000 (Carta delle indagini, Carta geologico tecnica per la microzonazione sismica, Carta delle frequenze, Carta delle MOPS) previste per gli studi di microzonazione sismica di 1° Livello.

Tali zone prescelte e selezionate in base ai criteri VEL corrispondono alle estensioni territoriali delle principali frazioni di seguito elencate:

- capoluogo di Fiesole (comprensivo delle località di Ponte alla Badia, San Domenico e Borgunto)
- frazioni di Pian di Mugnone, Caldine e Bersaglio
- frazioni di Girone e Anchetta
- frazioni di Compibbi ed Ellera

- frazione di Pian di San Bartolo
- frazioni di poggio Gherardo e di L'Arcolaio
- frazione di Olmo
- frazioni di Querciola e Spedaluzzo
- frazione di Montebeni

Al fine di una migliore rappresentazione delle strutture geologiche e delle fenomenologie geomorfologiche, i tematismi cartografici allestiti sono inoltre stati estesi a quelle porzioni di territorio in adiacenza ai centri urbani.

11.2 CARTA DELLE INDAGINI E CARTA DELLE FREQUENZE

Le Carte delle indagini (tavole QC.G05a/b) mostrano, nel dettaglio per ciascuna delle frazioni indagate, l'ubicazione di tutte le prove eseguite precedentemente al presente studio reperibili da fonti "bibliografiche" e/o banche dati, nonché l'ubicazione delle indagini geofisiche appositamente realizzate nel novero dello svolgimento delle attività di cui al presente studio di microzonazione sismica di 1° livello (cfr. relazione collazionata in apposito fascicolo unitamente alle certificazioni ed elaborazione grafiche e tabellari delle prove stesse).

La nomenclatura delle diverse tipologie di indagine ubicate sulla CTR, è stata definita sulla base delle indicazioni riportate al par. 1.1.1. degli "Standard di rappresentazione e archiviazione informatica per la Microzonazione Sismica".

Nelle Carte delle frequenze (tavole QC.G06a/b) vengono fornite le informazioni ottenute (frequenza e ampiezza del picco di risonanza, classe di appartenenza) dall'interpretazione delle misure di rumore sismico eseguite nelle aree urbanizzate del Comune di Fiesole assoggettate alla presente indagine.

Per ogni misura è stata ottenuta la curva del rapporto H/V del segnale sismico acquisito, sulla quale sono stati eventualmente individuati picchi di risonanza per un certo valore di frequenza.

Tale cartografia riassume e fornisce indicazioni qualitative sulla classe di frequenza fondamentale allo scopo di distinguere:

- aree caratterizzate da assenza di fenomeni di risonanza significativi (ad esempio nessun massimo relativo significativo di f_0 nell'intervallo 0,1-20Hz);
- aree caratterizzata da presenza di fenomeni di risonanza, distinguendo fra:
 - spessori attesi > di 100 m (indicativamente con $f_0 < 1$),
 - spessori compresi fra 100 e 50 m (indicativamente con $1\text{Hz} < f_0 < 2\text{Hz}$),
 - spessori compresi fra 50 e 30 m (indicativamente con $2\text{Hz} < f_0 < 3\text{Hz}$),
 - spessori compresi fra 30 e 20 m (indicativamente con $3\text{Hz} < f_0 < 5\text{Hz}$),
 - spessori compresi fra 20 e 10 m (indicativamente con $5\text{ Hz} < f_0 < 8\text{Hz}$),
 - spessori compresi fra 10 e 5 m (indicativamente con $8\text{ Hz} < f_0 < 20\text{Hz}$),
 - spessori minori di 5 m (indicativamente con $f_0 > 20\text{Hz}$).

Il range significativo a cui fare riferimento per la valutazione della suscettibilità all'amplificazione sismica di un sito è circa 1-10 Hz. Picchi con frequenze di circa 1-2 Hz sono rappresentativi mediamente di contrasti di impedenza sismica collocati a profondità dell'ordine di qualche centinaia di metri. Frequenze di risonanza,

invece, comprese nell'intervallo 8-12 Hz sono rappresentative di limiti stratigrafici, esistenti tra coperture detritiche e substrato roccioso, la cui profondità è dell'ordine di qualche metro (mediamente compresa tra 0 e 10 m).

Per la rappresentazione dei risultati, sono stati considerati i seguenti intervalli di frequenza (Hz):

- ▲ nessuna risonanza
- ▲ 0,1 - 0,5
- ▲ 0,5 - 1,0
- ▲ 1,0 - 2,5
- ▲ 2,5 - 5,0
- ▲ 5,0 - 7,5
- ▲ 7,5 - 10,0
- ▲ 10,0 - 15,0
- ▲ 15,0 - 20,0

Al fine di riportare in carta il dato relativo all'ampiezza del picco fondamentale, sono stati considerati i seguenti intervalli di ampiezza:

- ▲ nessuna risonanza
- ▲ 1,1 - 2,0
- ▲ 2,0 - 3,0
- ▲ 3,0 - 5,0
- ▲ > 5,0

Ogni coppia di valori (frequenza/ampiezza) individuati, è stato riportato in apposita tabella sulla relativa cartografia di ubicazione indagini.

Per la valutazione dell'entità del contrasto d'impedenza sismica, individuato con l'interpretazione delle misure di rumore, si è fatto riferimento al seguente criterio di classificazione:

- per ampiezze < 3, il contrasto d'impedenza sismico è basso
- per ampiezze > 3, il contrasto d'impedenza sismico è elevato (alto).

Tale discriminazione è stata applicata solo a valori di ampiezza riferite al picco principale.

Per ulteriori dettagli si rimanda alla relazione allegata al presente documento redatta dall'impresa realizzatrice delle indagini sismiche (vedi allegati ditta ENKI s.r.l. – elaborati QC.G10).

L'entità del contrasto di impedenza sismica non è stato riportato direttamente sulla carta delle frequenze, ma sulle colonne stratigrafiche del modello geologico di sottosuolo, mostrate sulla carta delle MOPS e sulle sezioni geologiche.

Tale elaborato ha il duplice scopo di fornire un adeguato strumento per la predisposizione della Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica di livello 1, ma anche offrire una indicazione delle profondità di investigazione per i successivi livelli superiori di MS. L'utilizzo della tabella di confronto tra lo spessore di copertura stimato e la frequenza fondamentale del terreno, riportata nel lavoro di *Albarello ed alii, 2010.*, costituisce un valido ausilio. Utilizzando questa tabella, infatti, è quindi possibile ottimizzare i costi ed evitare eventuali indagini geognostiche spinte a profondità eccessive o al contrario a profondità insufficienti a raggiungere il contrasto di impedenza sismico principale.

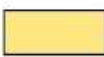
Una sintetica descrizione delle risultanze delle misure di rumore sismico effettuate con tecnica HVSR presso le aree di indagine nel territorio comunale di Fiesole è riportata nel seguito del presente rapporto in cui si descrivono le caratteristiche rilevate per ogni frazione studiata.

11.3 CARTA GEOLOGICO TECNICA PER LA MICROZONAZIONE SISMICA

La carta geologico tecnica è stata redatta in scala 1:5.000 (tavole QC.G08a/b) e rappresenta, secondo quanto previsto dalle norme ICMS (versione 4.1 dell'ottobre 2017), l'elaborato di compendio di tutte le informazioni di base (geologia, geomorfologia, caratteristiche litotecniche, geotecniche ed idrogeologiche) necessarie alla definizione del modello di sottosuolo e funzionali alla carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS).

Le unità geologico-litologiche vengono distinte tra terreni di copertura, con spessore minimo di 3,0 m, e substrato geologico rigido o non rigido, per giungere ad una standardizzazione delle informazioni relative agli aspetti geologici e litotecnici. La suddivisione dei litotipi in classi predefinite permette, così, di identificare situazioni litostratigrafiche potenzialmente suscettibili di amplificazione locale o di instabilità. Le tipologie dei terreni di copertura in base alle caratteristiche litologiche e i relativi codici corrispondenti vengono descritti utilizzando l'Unified Soil Classification System (ASTM, 1985, modificato) come di seguito presentato:

In aggiunta per i terreni di copertura vengono riportati i codici relativi agli ambienti di possibile genesi e deposizione dei terreni di copertura.

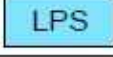
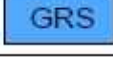
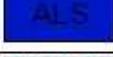
Terreni di copertura		
	RI	Terreni contenenti resti di attività antropica
	GW	Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbie
	GP	Ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia
	GM	Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo
	GC	Ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla
	SW	Sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose
	SP	Sabbie pulite con granulometria poco assortita
	SM	Sabbie limose, miscela di sabbia e limo
	SC	Sabbie argillose, miscela di sabbia e argilla
	OL	Limi organici, argille limose organiche di bassa plasticità
	OH	Argille organiche di media-alta plasticità, limi organici
	MH	Limi inorganici, sabbie fini, Limi micacei o diatomitici
	ML	Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità
	CL	Argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre
	CH	Argille inorganiche di alta plasticità, argille grasse
	PT	Torbe ed altre terre fortemente organiche

Legenda della Carta Geologico Tecnica: terreni di copertura

Ambiente vulcanico	
Colate/spandimenti/cupole/domi/dicchi/coni lavici	la
Coni scorie/ceneri	sc
Coltri ignimbritiche	ig
Lahar (colate di fango)	lh
Ambiente di versante	
Falda detritica	fd
Conoide detritica	cd
Conoide di delezione	cz
Eluvi/colluvi	ec
Ambiente fluvio - lacustre	
Argine/barre/canali	es
Piana deltizia	dl
Piana pedemontana	pd
Bacino (piana) intramontano	in
Conoide alluvionale	ca
Terrazzo fluviale	tf
Lacustre	lc
Palustre	pa
Piana inondabile	pi
Ambiente carsico	
Riempimento di dolina/karren/vaschetta/sinkhole	do
Forme costruite presso sorgenti	so
Forme costruite in canyon carsici	cy
Croste calcaree	cc
Ambiente glaciale	
Morena	mr
Deposito fluvio glaciale	fg
Deposito lacustre glaciale	fl
Till	ti
Ambiente eolico	
Duna eolica	de
Loess	ls
Ambiente costiero	
Spiaggia	sp
Duna costiera	dc
Cordone litoraneo	cl
Terrazzo marino	tm
Palude/laguna/stagno/lago costiero	pl
Altro ambiente	zz

Legenda della Carta Geologico Tecnica: ambienti genetico-deposizionali dei terreni di copertura

Le unità del substrato geologico vengono definite tenendo conto della tipologia (lapideo, granulare cementato, coesivo sovraconsolidato, alternanza di litotipi), della stratificazione (qualora esistente) e del grado di fratturazione (secondo una valutazione qualitativa).

Substrato geologico		
	LP	Lapideo
	GR	Granulare cementato
	CO	Coesivo sovraconsolidato
	AL	Alternanza di litotipi
	LPS	Lapideo, stratificato
	GRS	Granulare cementato, stratificato
	COS	Coesivo sovraconsolidato, stratificato
	ALS	Alternanza di litotipi, stratificato
	SFLP	Lapideo fratturato / alterato
	SFGR	Granulare cementato fratturato / alterato
	SFCO	Coesivo sovraconsolidato fratturato / alterato
	SFAL	Alternanza di litotipi fratturato / alterato
	SFLPS	Lapideo, stratificato fratturato / alterato
	SFGRS	Granulare cementato, stratificato fratturato / alterato
	SFCOS	Coesivo sovraconsolidato, stratificato fratturato / alterato
	SFALS	Alternanza di litotipi, stratificato fratturato / alterato

Legenda della Carta Geologico Tecnica: substrato geologico

In tale cartografia sono stati riportati gli elementi tettonico strutturali (faglie e strutture tettoniche certe o presunte con relativo stato di attività, stratificazioni) e gli elementi geologico e idrogeologici puntuali derivanti dai dati di base (profondità del substrato geologico raggiunto da sondaggio o pozzo, profondità di sondaggio o pozzo che non ha raggiunto il substrato geologico, profondità della falda).

Inoltre vengono fornite indicazioni relativamente alle fenomenologie di instabilità di versante (tipologia di instabilità e stato di attività), per le cui definizioni riguardanti lo stato di attività dei versanti il riferimento è il progetto IFFI. Infine vengono presentate le forme morfologiche di superficie e sepolte.

Di seguito si riporta brevemente la descrizione delle varie “unità geologico-tecniche” individuate nelle aree sottoposte a studio di Microzonazione Sismica, con il dettaglio delle varie formazioni geologiche che a ciascuna di esse si è ritenuto far corrispondere.

Terreni di copertura

- **Unità geologico-tecnica RI**: corrisponde ai terreni di riporto contenenti resti di attività antropica (h5).
- **Unità geologico-tecnica GMfd**: si tratta di terreni costituiti da ghiaie limose, miscela di ghiaie, sabbia e limo di ambiente genetico di versante (falda detritica). A questi corrispondono i corpi appartenenti ai detriti di falda (a3a) e ai depositi di versante (aa).
- **Unità geologico-tecnica GMes**: si tratta di terreni costituiti da ghiaie limose, miscela di ghiaie, sabbia e limo di ambiente genetico fluvio lacustre (argine/barre/canali). A questi corrispondono i depositi alluvionali in evoluzione (b) e i depositi alluvionali terrazzati di età pleistocenica (bnb).
- **Unità geologico-tecnica GMtf-lc**: si tratta di terreni costituiti da ghiaie limose, miscela di ghiaie, sabbia e limo di ambiente genetico fluvio lacustre (terrazzo fluviale, lacustre). A questa unità appartengono i depositi continentali rusciniani e villafranchiani a composizione sabbioso conglomeratica (VILe).
- **Unità geologico-tecnica SMes**: si tratta di terreni costituiti da sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente genetico fluvio lacustre (argine/barre/canali). A questi corrispondono i depositi alluvionali terrazzati (bna).
- **Unità geologico-tecnica SMec**: si tratta di terreni costituiti da sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente genetico di versante (eluvi/colluvi). A questi corrispondono i depositi eluvio-colluviali (b2a).
- **Unità geologico-tecnica MLtf-lc**: si tratta di terreni costituiti da limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità di ambiente genetico fluvio lacustre (terrazzo fluviale, lacustre). A questa unità appartengono i depositi continentali rusciniani e villafranchiani a composizione limoso argillosa (VILh).

Substrato geologico

- **Unità geologico-tecnica LPS**: corrisponde al substrato geologico costituito da formazioni lapidee, stratificate. A questa unità appartengono i depositi appartenenti alla Formazione di Monte Morello (MLL), alla Pietraforte (PTF), alle Arenarie di Monte Senario (SEN) e al Macigno (MAC).
- **Unità geologico-tecnica ALS**: corrisponde al substrato geologico costituito da un'alternanza di litotipi stratificati. A questa unità appartengono i depositi appartenenti alla Formazione di Sillano (SIL) e alle Marne di Pievepelago (PIE).
- **Unità geologico-tecnica SFALS**: corrisponde al substrato geologico costituito dall'alternanza di litotipi stratificati fratturati e/o alterati. A questa unità appartengono gli spessori, generalmente superficiali, particolarmente fratturati e/o alterati appartenenti alla Formazione di Sillano (SIL) e alle Marne di Pievepelago (PIE).

Di seguito viene riportata una tabella comparativa delle classi di attribuzione, per ciascun deposito lito-stratigrafico o formazione geologica, della cartografia litologico-tecnica, secondo le norme VEL, e della cartografia geologico-tecnica per la microzonazione sismica, secondo le norme ICMS, versione 4.1 dell'ottobre 2017.

SIGLA FORMAZIONE	NOME FORMAZIONE	UNITA' GEOLOGICO- TECNICA (ICMS)
h5	Discariche	RI

a3a	Detrito di falda	GMfd
aa	Depositi di versante	GMfd
b2a	Depositi colluviali ed eluvio-colluviali	SMec
b	Depositi alluvionali attuali	GMes
bna	Depositi alluvionali recenti e terrazzati	SMes
bnb	Depositi alluvionali terrazzati pleistocenici	GMes
VILe	Sabbie e conglomerati continentali rusciniane-villafranchiane	GMtf-lc
VILh	Limi argilloso sabbiosi e argille limoso sabbiose continentali rusciniano-villafranchiani	MLtf-lc
MLL	Formazione di Monte Morello	LPS
PTF	Pietraforte	LPS
SIL	Formazione di Sillano	ALS
		SFALS (se alterata / fratturata)
SEN	Arenarie di Monte Senario	LPS
MAC	Macigno	LPS
PIE	Marne di Pievepelago	ALS
		SFALS (se alterata / fratturata)

11.4 CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS)

La “Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica” rappresenta l’elaborato cartografico fondamentale degli studi di microzonazione sismica di livello 1. Scopo della realizzazione di tale elaborato è la definizione di zone ad eguale comportamento sismico. La produzione della carta MOPS è basata sulla sintesi delle informazioni di carattere geologico, geomorfologico, litotecnico-tecnico e sismico desunti dalle cartografie tematiche realizzate per lo studio di microzonazione e i “dati di base raccolti” quali stratigrafie e certificazioni di prove penetrometriche, analisi di laboratorio e indagini sismiche per la definizione della velocità delle onde P e SH e misure di frequenza caratteristica dei terreni. Inoltre, al fine di valutare l’influenza degli aspetti topografici di versate, si sono tenute in considerazione le caratteristiche cliviometriche dei luoghi deducibili dalla cartografia ufficiale C.T.R. della Regione Toscana.

Per classificare le aree in esame si è stato fatto riferimento (come da paragrafo 1.1.3 degli ICMS) alle seguenti categorie di microzone:

- **zone stabili**
- **zone stabili suscettibili di amplificazioni locali**
- **zone di attenzione per le instabilità**

Le **zone stabili** sono quelle nelle quali si ipotizza che non si verifichino significativi fenomeni di amplificazione sismica (presenza di substrato geologico/sismico in affioramento) e per le quali, perciò, in caso di evento sismico, sono attesi scuotimenti equivalenti a quelli forniti dagli studi di pericolosità sismica di base dell’INGV. Considerando che la pericolosità sismica di base di un sito è definita sull’ipotesi di substrato litoide affiorante su superficie pianeggiante o con inclinazione inferiore a 15°, rientrano nella classe delle zone stabili tutte quelle aree che presentano substrato roccioso in affioramento (con eventuale copertura costituita dalla coltre di

alterazione con spessore massimo di 3 m) e per le quali si abbiano condizioni di bassa fratturazione dell'ammasso ($J_v \leq 10-15$), nonché inclinazione del pendio $< 15^\circ$. Inoltre, qualora studi pregressi evidenzino una velocità di propagazione delle onde S nei primi 30 m di sottosuolo inferiore a 800 m/s, il substrato affiorante può non essere considerato substrato sismico, ma solamente geologico. La numerazione delle zone stabili è progressiva a partire dalla n.1 fino alla n. K.

Le **zone stabili suscettibili di amplificazioni locali** sono le aree nelle quali si presume che, in presenza di sisma, si possano verificare fenomeni di amplificazione sismica. Sono caratterizzate o dalla presenza solamente di substrato roccioso affiorante con caratteristiche strutturali e/o topografiche e/o sismiche tali da non permettere la delimitazione di una zona stabile, oppure dall'esistenza di coperture riconducibili a depositi di origine alluvionale, a coltri detritiche di versante (detriti di versante, depositi eluvio-colluviali, frane), a depositi di origine antropica. La numerazione è progressiva a partire da k+1 fino a n.

Le **zone di attenzione per le instabilità** sono le zone per le quali, in caso di terremoto, si ipotizza si possano manifestare deformazioni permanenti del sottosuolo. I fenomeni deformativi individuati dagli ICMS come causa dell'evento sismico sono:

- **instabilità di versante (frane attive, quiescenti, inattive)**
- **liquefazione**
- **cedimenti differenziali**
- **faglie attive e capaci**

Le **instabilità di versante** sono legate all'attivazione di nuove frane o alla riattivazione di frane quiescenti o antiche stabilizzate. Le tipologie di movimenti sulla base delle quali possono essere discriminate le frane sono: crollo o ribaltamento, scorrimento, colata, frana complessa.

La **liquefazione** è legata alla presenza di materiali granulari sciolti riconducibili a sabbie, sabbie e limi, sabbie e ghiaie. Inoltre si considerano terreni potenzialmente liquefacibili, quelli nei quali la superficie piezometrica della falda freatica superficiale o di falde confinate più profonde si trovi ad una profondità da p.c. ≤ 15 m. Comunque per gli aspetti legati alla liquefacibilità dei terreni, gli aspetti di cui tenere conto sono quelli indicati al par. 7.11.3.4 delle NTC 2008 (per le quali sicuramente la natura granulometrica, la profondità della falda e la magnitudo attesa costituiscono i principali fattori predisponenti) e gli ulteriori approfondimenti riportati al par. 3.1.3 degli ICMS. Relativamente a tale aspetto si è tenuto conto delle indicazioni di cui alle *“Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da liquefazione”* editate dalla Commissione Tecnica per la microzonazione sismica – (versione 1.0 del luglio 2013 e versione 1.20 beta del 2014).

I **cedimenti differenziali** sono attesi lungo le zone di contatto tra unità geologiche aventi caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse (es. depositi alluvionali su substrato roccioso). Tale differenza si traduce in una diversa risposta sismica, la quale può indurre, in caso di terremoto, cedimenti significativi, soprattutto nei terreni presenti a ridosso del contatto stratigrafico. Le zone di instabilità per cedimenti differenziali possono perciò essere rappresentate tramite buffer.

Le **faglie attive e capaci** sono faglie per le quali si ipotizza che:

- si siano mosse almeno una volta negli ultimi 40.000 anni
- che potenzialmente manifestano deformazioni che si possono propagare fino in superficie.

Come descritto negli ICMS, le potenziali faglie attive da inserire nella cartografia geologica-geomorfologica devono essere confermate da studi di geologia strutturale di comprovata validità. Inoltre l'identificazione di eventuali faglie capaci, deve essere eseguita facendo riferimento allo studio ITACA dell'INGV, con il quale è stato realizzato un archivio delle faglie capaci presenti sul territorio italiano. Anche nel caso di instabilità per faglie attive e capaci, come per i cedimenti differenziali, si tende a definire un buffer in corrispondenza della lineazione tettonica.

Al fine di integrare le informazioni acquisite con la definizione delle microzone, la carta delle MOPS riporta le morfologie che hanno rilevanza ai fini dell'amplificazione sismica (**forme di superficie e forme/elementi sepolti**). Tali morfologie sono riconducibili a forme deposizionali come conoidi alluvionali e falde detritiche, ma anche a forme di versante quali orli di scarpata morfologica con $10 < h < 20$ m e $h > 20$ m, creste e picchi isolati (cocuzzoli), forme fluviali come orli di terrazzi fluviali con $10 < h < 20$ m e $h > 20$ m, forme erosive (scarpate e valli) e carsiche (cavità) sepolte.

Nel proseguo sono descritte le risultanze relative alla elaborazione dei vari tematismi cartografici e della carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica per ciascun centro urbano analizzato.

Per ogni singola frazione sono state identificate e definite, secondo lo schema riassuntivo di seguito riportato, le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali e le zone di instabilità presenti nel territorio comunale (come presentate negli elaborati G.04/1 e G.04/2 in scala 1:5.000).

Lo studio di microzonazione sismica di livello 1 dei principali centri urbani del territorio comunale di Reggello ha evidenziato che potenzialmente non sono individuabili zone stabili, definite come quelle zone laddove sia presente un substrato affiorante senza la presenza di ulteriori fattori che potessero comportare una qualche suscettibilità nei confronti dell'amplificazione sismica (fattore strutturale e/o fattore topografico).

Infatti, nei settori di interesse, anche laddove è stata riscontrata la presenza di un substrato roccioso (LPS e/o ALS) in affioramento e/o sub-affiorante si è ritenuto opportuno considerare la presenza di una zona di fratturazione e/o di alterazione, che interessa uno spessore inferiore ai 10,0 m.

Pertanto detti areali, non riferibili ad un substrato geologico prettamente e/o tipicamente fratturato in quanto il grado di fratturazione e/o alterazione si ipotizza interessare solamente una porzione superficiale dell'ammasso roccioso, sono stati, in via cautelativa, classificati fra le zone stabili suscettibili di amplificazione locale.

Lo studio di microzonazione sismica di livello 1 dei centri urbani del territorio comunale di Fiesole ha evidenziato che potenzialmente sono individuabili zone stabili, definite come quelle zone laddove sia presente un substrato affiorante (di natura LPS) senza la presenza di ulteriori fattori che potessero comportare una qualche suscettibilità nei confronti dell'amplificazione sismica (fattore strutturale e/o fattore topografico).

Infatti, nei settori di interesse, anche laddove è stata riscontrata la presenza di un substrato roccioso di tipo ALS in affioramento e/o sub-affiorante, si è ritenuto opportuno e cautelativo considerare la presenza di una zona di fratturazione e/o di alterazione, che interessa uno spessore inferiore ai 10,0 m.

Pertanto detti areali, riferibili ad un substrato geologico fratturato e/o alterato (SFALS) sono stati, in via cautelativa, classificati fra le zone stabili suscettibili di amplificazione locale.

Inoltre, si precisa, che la differenziazione delle zone stabili suscettibili di amplificazione locale in funzione delle classi di pendenza è stata sviluppata solamente laddove siamo in presenza di un substrato geologico, con basso contrasto di impedenza sismica e non fratturato/alterato, e non in presenza di terreni di copertura e/o in presenza di un substrato geologico con alto contrasto di impedenza sismica.

Infine, dato il loro spessore inferiore ai 3,0 m, laddove presenti, nella definizione delle microzone non sono stati considerati i terreni di riporto antropico (RI).

Zone stabili

ID	Descrizione Zona
	Substrato lapideo, stratificato (LPS), $i < 15^\circ$, c.i. basso.

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

ID	Descrizione Zona
2001 (Zona 1)	Substrato lapideo, stratificato (LPS), $i > 15^\circ$, c.i. basso.
2002 (Zona 2)	Substrato lapideo, stratificato (LPS), c.i. alto.
2003 (Zona 3)	Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato fratturato /alterato (SFALS), spessore compreso tra 1,0 e 10,0 m, su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS), c.i. basso.
2004 (Zona 4)	Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato fratturato /alterato (SFALS), spessore compreso tra 1,0 e 5,0 m, su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS), c.i. alto.
2005 (Zona 5)	Copertura di natura limoso argillosa (ML) di ambiente fluvio lacustre (tf, lc), spessore 5,0-25,0 m, poggianti su Substrato lapideo, stratificato (LPS), c.i. basso.
2006 (Zona 6)	Copertura di natura limoso argillosa (ML) di ambiente fluvio lacustre (tf, lc), spessore 30,0-50,0 m, poggianti su Substrato lapideo, stratificato (LPS), c.i. basso.
2007 (Zona 7)	Copertura di natura limoso argillosa (ML) di ambiente fluvio lacustre (tf, lc), spessore 3,0-25,0 m, poggianti su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato fratturato /alterato (SFALS), spessore compreso tra 1,0 e 10,0 m, su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS), c.i. basso.
2008 (Zona 8)	Copertura di natura limoso argillosa (ML) di ambiente fluvio lacustre (tf, lc), spessore 3,0-25,0 m, poggianti su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato fratturato /alterato (SFALS), spessore compreso tra 1,0 e 10,0 m, su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS), c.i. alto.
2009 (Zona 9)	Copertura di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente fluvio lacustre (es) e di versante (ec), spessore 3,0-5,0 m, su copertura di natura limoso argillosa (ML) di ambiente fluvio lacustre (tf, lc), spessore 30,0-50,0 m, poggianti su Substrato lapideo, stratificato (LPS), c.i. basso.
2010 (Zona 10)	Copertura di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente fluvio lacustre (es), spessore 3,0-5,0 m, su copertura di natura limoso argillosa (ML) di ambiente fluvio lacustre (tf, lc), spessore 3,0-25,0 m, poggianti su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato fratturato /alterato (SFALS), spessore compreso tra 1,0 e 10,0 m, su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS), c.i. basso.
2011 (Zona 11)	Copertura di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente fluvio lacustre (es), spessore 3,0-5,0 m, su copertura di natura limoso argillosa (ML) di ambiente fluvio lacustre (tf, lc), spessore 3,0-25,0 m, poggianti su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato fratturato /alterato (SFALS), spessore compreso tra 1,0 e 10,0 m, su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS), c.i. alto.
2012 (Zona 12)	Copertura di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente fluvio lacustre (es), spessore 3,0-5,0 m, su copertura di natura limoso argillosa (ML) di ambiente fluvio lacustre (tf, lc), spessore 3,0-25,0 m, poggianti su Substrato lapideo, stratificato (LPS), c.i. basso.
2013 (Zona 13)	Copertura di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente fluvio lacustre (es) e di versante (ec), spessore 3,0-10,0 m, su Substrato lapideo, stratificato (LPS), c.i. basso.

- 2014 (Zona 14)** Copertura di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente fluvio lacustre (es) e di versante (ec), spessore 3,0-10,0 m, su Substrato lapideo, stratificato (LPS), c.i. alto.
- 2015 (Zona 15)** Copertura di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente fluvio lacustre (es) e di versante (ec), spessore 3,0-10,0 m, su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato fratturato /alterato (SFALS), spessore compreso tra 1,0 e 10,0 m, su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS), c.i. basso.
- 2016 (Zona 16)** Copertura di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente fluvio lacustre (es) e di versante (ec), spessore 3,0-10,0 m, su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato fratturato /alterato (SFALS), spessore compreso tra 1,0 e 10,0 m, su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS), c.i. alto.
- 2017 (Zona 17)** Copertura di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente fluvio lacustre (es) e di versante (fd), spessore 3,0-15,0 m, su Substrato lapideo, stratificato (LPS), c.i. basso.
- 2018 (Zona 18)** Copertura di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente fluvio lacustre (es) e di versante (fd), spessore 3,0-10,0 m, su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato fratturato /alterato (SFALS), spessore compreso tra 1,0 e 10,0 m, su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS), c.i. basso.
- 2019 (Zona 19)** Copertura di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente fluvio lacustre (es), spessore 3,0-10,0 m, su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato fratturato /alterato (SFALS), spessore compreso tra 1,0 e 10,0 m, su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS), c.i. alto.
- 2020 (Zona 20)** Copertura di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente fluvio lacustre (es), spessore 3,0-10,0 m, su copertura di natura limoso argillosa (ML) di ambiente fluvio lacustre (tf, lc), spessore 3,0-25,0 m, poggiante su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato fratturato /alterato (SFALS), spessore compreso tra 1,0 e 10,0 m, su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS), c.i. basso.
- 2021 (Zona 21)** Copertura di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente di versante (fd), spessore 3,0-5,0 m, su Copertura di natura limoso argillosa (ML) di ambiente fluvio lacustre (tf, lc), spessore 30,0-50,0 m, poggiante su Substrato lapideo, stratificato (LPS), c.i. basso.

Zone di attenzione per le instabilità

ID	Descrizione Zona
ZAFR1....n	Instabilità di versante per frana (con indicato il numero della zona stabile suscettibile di amplificazione locale a cui il corpo franoso è sovrastante).
ZACD	Cedimenti differenziali.
ZAID	Sovrapposizione di instabilità differenti.

11.5 CONSIDERAZIONI RELATIVE AGLI APPROFONDIMENTI CONDOTTI SULLE VARIE PORZIONI DI TERRITORIO INDAGATE

Si raccolgono nel presente capitolo considerazioni riassuntive in merito agli aspetti relativi alle indagini eseguite e alla definizione delle MOPS per ciascuna area oggetto di approfondimento.

FIESOLE – Capoluogo, Ponte alla Badia, San Domenico e Borgunto

(vedi tavv. QC.G05b, QC.G06b, QC.G07b e QC.G08b in scala 1:5.000)

Inquadramento geologico e geomorfologico

L'area su cui sorge l'abitato di Fiesole è caratterizzata dalla presenza di terreni riconducibili principalmente alle formazioni della Falda Toscana (Dominio Toscano) e in particolare alla formazione del Macigno (MAC) e delle Marne di Pievepelago (PIE) e secondariamente a quelle dell'Unità di Monte Morello (Dominio Ligure) rappresentate dalla Formazione di Sillano (SIL).

Le formazioni della Falda Toscana presentano generalmente immersioni verso i quadranti settentrionali e inclinazioni 10° e 25°, mentre quella dell'Unità di Monte Morello, la Formazione di Sillano (SIL), presenta immersioni verso occidente con inclinazioni comprese tra 20° e 50°.

Nel settore presso San Domenico alle formazioni della Falda Toscana si sovrappongono i depositi continentali rusciniano-villafranchiani costituiti nell'area in esame da limi sabbioso argillosi e argille sabbiose (VILh)

Le varie formazioni riconosciute sono talora sormontate da coltri eluvio-colluviali (b2a) nei settori di raccordo tra le aree a morfologia semi-pianeggiante e i settori collinari a maggior acclività.

Nei settori pianeggianti e in corrispondenza dei corsi fluviali si ha la presenza di depositi alluvionali terrazzati (bna) e di depositi alluvionali in evoluzione (b).

Il quadro geomorfologico è contraddistinto in alcuni areali da fenomenologie gravitative con i relativi coronamenti il cui stato di attività è da attiva a quiescente. Il contesto geomorfologico completato dalla presenza di scarpate di erosione sia attive che non e di orli rimodellati di scarpata o deboli rotture di pendio, orli di scarpate antropiche, terrazzamenti antropici, nonché, in corrispondenza dei corsi d'acqua di fenomeni di erosione lineare o incanalata.

Di detti elementi, nel complesso, si deve tenere conto nella definizione delle MOPS prodromiche alla classificazione di pericolosità sismica del sito.

Indagini geognostiche realizzate e/o pregresse

Per il Capoluogo sono stati reperiti tutti i dati geognostici (stratigrafici, geotecnici e geofisici) contenuti nella banca dati dell'Archivio Comunale, implementati con i dati geognostici (in particolare stratigrafici) ricavati dalla banca dati ISPRA.

In corrispondenza dell'abitato del Capoluogo sono inoltre stata effettuata ulteriori indagini sismiche finalizzate alla definizione dell'analisi e della risposta sismica dei terreni.

In particolare è stata svolta specificatamente una inedita campagna di indagini geofisiche consistente in n. 1 indagine di sismica a rifrazione con onde P e Sh, n. 1 indagine di sismica tipo MASW e n. 12 prove di sismica passiva mediante tecnica a stazione singola sulle vibrazioni ambientali (HVSr).

Modello geologico del sottosuolo

L'alto morfologico su cui sorge l'abitato di Fiesole risulta costituito interamente da terreni appartenenti alla formazione del Macigno (MAC), che si riconosce anche in località Borgunto e nel versante collinare che scende verso il corso del Torrente Mugnone interessando le località di Calderaio e Fonte Lucente. Presso Villa Papiniano si ha, invece, la presenza di litologie riferibili alle Marne di Pievepelago.

La porzione orientale dell'area di interesse è, invece, contraddistinta dalla presenza di litologie riferibili alla Formazione di Sillano (SIL), presente, in particolare, presso Poggio Magherini.

Nel settore di ponte alla Badia, della Badia Fiesolana e di San Domenico alle formazioni della Falda Toscana si sovrappongono spessori di depositi continentali di età rusciniano-villafranchiana a prevalente composizione limoso argillosa (VILh).

Le varie formazioni riconosciute sono talora sormontate da depositi di frana e coltri eluvio-colluviali (b2a), così come in corrispondenza dei corsi fluviali si ha la presenza di depositi alluvionali terrazzati (bna) e/o depositi alluvionali recenti (b).

Modello geologico tecnico

Le formazioni geologiche presenti nell'area in esame sono state assimilate, in funzione delle loro caratteristiche geo-lito-sedimentologiche, a delle specifiche unità geologico-tecniche.

In particolare, per quanto riguarda i terreni di copertura recente sono stati attribuiti all'unità geologico-tecnica GMes (ghiaie limose, miscela di ghiaie, sabbia e limo di ambiente genetico fluvio lacustre - argine/barre/canali) i depositi alluvionali in evoluzione (b), all'unità geologico-tecnica SMes (Sabbie limose, miscela di sabbia e limo

di ambiente fluvio lacustre - argine/barre/canali) i depositi alluvionali terrazzati (bna), all'unità geologico tecnica SMec (Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente di versante – eluvi/colluvi) i depositi eluvio-colluviali (b2a), infine all'unità geologico tecnica MLtf-lc (Lmi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità di ambiente genetico fluvio lacustre - terrazzo fluviale, lacustre i depositi continentali rusciniiani e villafranchiani a composizione limoso argillosa (VILh).

Per quanto riguarda i terreni riferibili al substrato geologico sono stati attribuiti all'unità geologico-tecnica LPS (Lapideo, stratificato) i termini della formazione del Macigno (MAC), all'unità geologico-tecnica SFALS (Alternanza di litotipi, stratificato fratturato / alterato) i litotipi delle Marne di Pievepelago (PIE) e della Formazione di Sillano (SIL) alterati/fratturati e all'unità geologico-tecnica ALS (Alternanza di litotipi, stratificato) i litotipi delle Marne di Pievepelago (PIE) e della Formazione di Sillano (SIL) integri.

Indicazione della classe di qualità mediante “Procedura semiquantitativa per stabilire la qualità della carta di livello 1 di MS”

Per l'area in esame caratterizzata da rilievo geologico e geomorfologico appositamente eseguito in scala 1:2.000 e presentato in scala 1:5.000, dalla disponibilità delle indagini geognostiche e sismiche di cui al dettaglio precedentemente e da n. 12 misure HVSr di cui n. 1 classificata in A1, n. 9 classificate in A2 e n. 2 classificate in B2 si ricava una valutazione di qualità pari a 71,3 che la colloca in classe di accettabilità B.

Misure di frequenza naturale e indagini di sismica a rifrazione

In corrispondenza dell'area di indagine sono state eseguite n. 12 misure di sismica passiva con metodo HVSr (01_HVSr/P61, 02_HVSr/P62, 03_HVSr/P63, 04_HVSr/P64, 05_HVSr/P65, 06_HVSr/P66, 07_HVSr/P67, 08_HVSr/P68, 09_HVSr/P69, 51_HVSr/P100, 52_HVSr/P101 e 53_HVSr/P102) nell'ambito dello studio in oggetto. Le registrazioni 05_HVSr/P65, 06_HVSr/P66, 07_HVSr/P67, eseguite nel settore orientale in corrispondenza dei terreni appartenenti alla Formazione di Sillano non hanno mostrato la presenza di picchi significativi. Medesima risultanza è stata ricavata anche delle prove (02_HVSr/P62, 04_HVSr/P64, 08_HVSr/P68 e 09_HVSr/P69) eseguite in corrispondenza del capoluogo e nel versante verso il corso del Torrente Mugnone, ad eccezione delle prove 01_HVSr/P61 e 03_HVSr/P63 che hanno mostrato alti contrasti di impedenza (A0 rispettivamente uguale a 4,66 e 3,68). Questi risultati sono tuttavia da imputarsi al fatto che nel primo caso la prova è stata eseguita presso il Convento di San Francesco dove il piazzale che si affaccia sulla vallata di Firenze è probabilmente realizzato su di un riempimento antropico che ha fatto manifestare un contrasto di impedenza tra questi depositi antropici e il sottostante substrato litoide ($f_0 = 12,81$ Hz). La prova 03_HVSr/P63, invece, ha mostrato un contrasto di impedenza superficiale ($f_0 = 19,53$ Hz) al passaggio tra coperture di frana e il sottostante substrato litoide.

La misura (52_HVSr/P101) eseguita presso Villa Papiniano non ha mostrato la presenza di picchi significativi. Mentre le misure eseguite presso Ponte alla Badia – San Domenico (51_HVSr/P100 e 53_HVSr/P102) non hanno mostrato alti contrasti di impedenza.

Presso la prova 07_HVSr/P67 sono state realizzate l'indagine Masw 11_MASW e l'indagine di sismica a rifrazione 10_SR. L'indagine di sismica a rifrazione 10_SR ha mostrato la presenza di un primo sismostrato dello spessore di ca. 2,0 m avente Vs comprese tra 197 e 206 m/s, a cui segue un secondo sismostrato di spessore compreso tra 3,0 e 5,0 m con Vs comprese tra 591 e 593 m/s. A cui segue un terzo e ultimo sismostrato con Vs comprese tra 1096 e 1612 m/s. Questa variazione di velocità nello strato più profondo potrebbe essere correlato al passaggio tra le litologie prevalentemente argillitico marnose della Formazione di Sillano (SIL) e quelle arenacee della formazione del Macigno (MAC). La prova Masw (11_MASW) ha mostrato la presenza un primo

sismostrato dello spessore di 1,1 m avente $V_s = 394$ m/s, a cui segue un secondo sismostrato di spessore di 6,75 m con $V_s = 591$ m/s, un terzo sismostrato di spessore di 5,6 m con $V_s = 917$ m/s e un quarto sismostrato di spessore di 8,6 m con $V_s = 1064$ m/s, a cui seguono velocità di V_s pari a 1376 m/s.

Illustrazione della carta delle Microzone Omogenee in prospettiva sismica (MOPS)

Zone stabili

- aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un substrato lapideo stratificato (LPS) con $i < 15^\circ$ e basso c.i.. Il substrato compreso all'interno della zona è riconducibile alla presenza della formazione del Macigno (MAC).

Dallo studio complessivo di indagine sismica eseguita e in particolare dalla prova 04_HVSR/P64, e data la successione stratigrafica rilevata si ritiene verificata la non possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

La zona viene individuata in corrispondenza di gran parte dell'abitato di Fiesole capoluogo.

Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica locale

- **2001 (zona 1):** questa zona comprende le aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un Substrato lapideo stratificato (LPS), con $i > 15^\circ$ e basso c.i.. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione del Macigno (MAC).

Dallo studio complessivo di indagine sismica eseguita e data la successione stratigrafica rilevata si ritiene verificata la non possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Data l'inclinazione dei versanti si possono manifestare fenomeni di amplificazione sismica per possibili effetti topografici.

La zona viene individuata nei settori a maggior acclività del rilievo collinare su cui sorge l'abitato di Fiesole, in particolare lungo i versanti meridionali, verso la pianura di Firenze, e occidentali, verso il corso del Torrente Mugnone.

- **2003 (zona 3):** questa zona comprende le aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato fratturato /alterato (SFALS), spessore compreso tra 1,0 e 10,0 m, poggiante su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS), con $i < 15^\circ$, c.i. basso. Il substrato è riconducibile alla presenza della Formazione di Sillano (SIL) e delle Marne di Pievepelago (PIE).

Dallo studio complessivo di indagine sismica eseguita e in particolare dalle prove 05_HVSR/P65, 06_HVSR/P66 e 52_HVSR/P101, e data la successione stratigrafica rilevata si ritiene verificata la non possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

La zona viene individuata in un ampio settore della porzione nord-occidentale del settore di indagine e in particolare presso Borgunto, Poggio Magherini e i settori a nord-ovest di questi e in una fascia ad andamento circa nord-ovest/sud-est a nord di San Domenico e della Badia Fiesolana.

- **2005 (zona 5):** questa zona comprende le aree nelle quali si ha la presenza di una Copertura costituita da litotipi di natura limoso argillosa (ML) di ambiente fluvio lacustre (tf, lc), spessore 5,0-25,0 m, poggiante su Substrato lapideo, stratificato (LPS), c.i. basso. I depositi di copertura di natura limoso argillosa sono riferibili ai depositi continentali di età rusciniano-villafranchiana (VILh), mentre il substrato è riconducibile alla presenza della formazione del Macigno (MAC).

Dallo studio complessivo di indagine sismica eseguita e data la successione stratigrafica rilevata si ritiene verificata la non possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

La zona è presente in un limitato settore a est di San Domenico.

- **2007 (zona 7):** questa zona comprende le aree nelle quali si ha la presenza di una Copertura costituita da litotipi di natura limoso argillosa (ML) di ambiente fluvio lacustre (tf, lc), spessore 5,0-25,0 m, poggiante su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato fratturato /alterato (SFALS), spessore compreso tra 1,0 e 10,0 m, su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS), c.i. basso. I depositi di copertura di natura limoso argillosa sono riferibili ai depositi continentali di età rusciniiano-villafranchiana (VILh), mentre il substrato è riconducibile alla presenza della formazione delle Marne di Pievepelago (PIE).

Dallo studio complessivo di indagine sismica eseguita e in particolare dalle prove 51_HVSR/P100 e 53_HVSR/P102, e data la successione stratigrafica rilevata si ritiene verificata la non possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

La zona è presente presso la località Ponte alla Badia e di San Domenico.

- **2010 (zona 10):** questa zona comprende le aree nelle quali si ha la presenza di una Copertura costituita da litotipi di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente fluvio lacustre (es) e di versante (ec), dello spessore di 3,0-5,0 m, poggiante su copertura di natura limoso argillosa (ML) di ambiente fluvio lacustre (tf, lc), spessore 3,0-25,0 m, poggiante su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato fratturato/alterato (SFALS), spessore compreso tra 1,0 e 10,0 m, su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS), c.i. basso. I depositi di copertura di natura limoso argillosa sono riferibili ai depositi continentali di età rusciniiano-villafranchiana (VILh), mentre il substrato è riconducibile alla presenza della formazione delle Marne di Pievepelago (PIE).

Dallo studio complessivo di indagine sismica eseguita e data la successione stratigrafica rilevata si ritiene verificata la non possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

La zona è presente in una fascia ad andamento circa nord-ovest/sud-est a nord di San Domenico e della Badia Fiesolana e in corrispondenza della località Ponte alla Badia.

- **2012 (zona 12):** questa zona comprende le aree nelle quali si ha la presenza di una Copertura costituita da litotipi di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente fluvio lacustre (es), dello spessore di 3,0-5,0 m, poggiante su copertura di natura limoso argillosa (ML) di ambiente fluvio lacustre (tf, lc), spessore 3,0-25,0 m, poggiante su Substrato lapideo, stratificato (LPS), c.i. basso. I depositi di copertura di natura limoso argillosa sono riferibili ai depositi continentali di età rusciniiano-villafranchiana (VILh), mentre il substrato è riconducibile alla presenza della formazione del Macigno (MAC).

Dallo studio complessivo di indagine sismica eseguita e data la successione stratigrafica rilevata si ritiene verificata la non possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

La zona è presente in un limitato settore a nord-est di San Domenico.

- **2013 (zona 13):** questa zona comprende le aree nelle quali si ha la presenza di una Copertura costituita da litotipi di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente fluvio lacustre (es) e di versante (ec), dello spessore di 3,0-10,0 m, poggiante su Substrato lapideo, stratificato (LPS), c.i. basso. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione del Macigno (MAC).

Dallo studio complessivo di indagine sismica eseguita e data la successione stratigrafica rilevata si ritiene verificata la non possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

La zona è presente in un limitato settore a nord-est di San Domenico.

- **2015 (zona 15):** questa zona comprende le aree nelle quali si ha la presenza di una Copertura costituita da litotipi di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente fluvio lacustre (es) e di versante (ec), dello spessore di 3,0-10,0 m, poggiante su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato fratturato/alterato (SFALS),

spessore compreso tra 1,0 e 10,0 m, su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS), c.i. basso. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione delle Marne di Pievepelago (PIE).

Dallo studio complessivo di indagine sismica eseguita e data la successione stratigrafica rilevata si ritiene verificata la non possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

La zona è presente in una fascia ad andamento circa nord-ovest/sud-est a nord di San Domenico e della Badia Fiesolana.

- **2017 (zona 17):** questa zona comprende le aree nelle quali si ha la presenza di una Copertura costituita da litotipi di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente fluvio lacustre (es), dello spessore di 3,0-15,0 m, poggiante su Substrato lapideo, stratificato (LPS), c.i. basso. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione del Macigno (MAC).

Dallo studio complessivo di indagine sismica eseguita e data la successione stratigrafica rilevata si ritiene verificata la non possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

La zona è presente in alcuni settori in corrispondenza del corso del Torrente Mugnone a valle delle località Il Calderaio e Fonte Lucente.

- **2018 (zona 18):** questa zona comprende le aree nelle quali si ha la presenza di una Copertura costituita da litotipi di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente fluvio lacustre (es), dello spessore di 3,0-15,0 m, poggiante su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato fratturato/alterato (SFALS), spessore compreso tra 1,0 e 10,0 m, su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS), c.i. basso. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione delle Marne di Pievepelago (PIE).

Dallo studio complessivo di indagine sismica eseguita e data la successione stratigrafica rilevata si ritiene verificata la non possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

La zona è presente in alcuni settori in corrispondenza del corso del Torrente Mugnone a sud e a valle della località Manzolo.

- **2020 (zona 20):** questa zona comprende le aree nelle quali si ha la presenza di una Copertura costituita da litotipi di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente fluvio lacustre (es), dello spessore di 3,0-10,0 m, poggiante su copertura di natura limoso argillosa (ML) di ambiente fluvio lacustre (tf, lc), spessore 3,0-25,0 m, su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato fratturato/alterato (SFALS), spessore compreso tra 1,0 e 10,0 m, su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS), c.i. basso. I depositi di copertura di natura limoso argillosa sono riferibili ai depositi continentali di età rusciniano-villafranchiana (VILh), mentre il substrato è riconducibile alla presenza della formazione delle Marne di Pievepelago (PIE).

Dallo studio complessivo di indagine sismica eseguita e data la successione stratigrafica rilevata si ritiene verificata la non possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

La zona è presente in alcuni settori in corrispondenza del corso del Torrente Mugnone presso Ponte alla Badia.

Zone di attenzione per instabilità

Le zone suscettibili di attenzione per instabilità di versante (ZAFR1....n) sono state discriminate considerando l'ordine di rappresentazione indicato al paragrafo 1.1.3-3 degli ICMS e mantenendo le informazioni sulla litostratigrafia delle zone stabili suscettibili di amplificazione locale a cui sono associate.

In corrispondenza del limite stratigrafico individuato tra i depositi di copertura (coperture alluvionali, coperture eluvio-colluviali, coltri detritiche e di frana, coperture continentali pleistoceniche) e il substrato lapideo stratificato (Macigno - MAC), così come tra questo e il substrato costituito dall'alternanza di litotipi fratturato / alterato (Formazione di Sillano – Sil e Marne di Pievepelago -PIE) sono state delineate le zone potenzialmente

interessate da **cedimenti differenziali (ZACD)**. Le zone sono state individuate tracciando un areale (“buffer”) di circa 20 m di ampiezza, a partire dal limite stratigrafico. Il buffer rappresenta in questo caso, pertanto, una zona di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse. In questo caso, in accordo con gli indirizzi e criteri, non è stata utilizzata alcuna nomenclatura.

Infine sono state evidenziate le aree dove si ha la **sovrapposizione di zone di attenzione di instabilità differenti (ZAID)**.

PIAN DI MUGNONE - CALDINE

(vedi tavv. QC.G05b, QC.G06b, QC.G07b e QC.G08b in scala 1:5.000)

Inquadramento geologico e geomorfologico

L'area su cui sorgono gli abitati di Pian di Mugnone di Caldine è caratterizzata dalla presenza di terreni riconducibili principalmente a depositi alluvionali terrazzati (bna) poggianti su un substrato litoide di varia natura.

In particolare il substrato litoide è riferibile sia alle formazioni della Falda Toscana (Dominio Toscano) e in particolare alla formazione del Macigno (MAC) e delle Marne di Pievepelago (PIE), che a quelle dell'Unità di Monte Morello (Dominio Ligure) rappresentate dalla Formazione di Sillano (SIL) e, secondariamente dalla Formazione di Monte Morello (MLL).

Le formazioni della Falda Toscana presentano giaciture estremamente variabili mentre quelle dell'Unità di Monte Morello presenta immersioni principalmente verso i quadranti meridionali con inclinazioni comprese tra 5° e 40°.

Le varie formazioni riconosciute sono talora sormontate da depositi detritici (a3a) nei settori di raccordo tra le aree a morfologia semi-pianeggiante e i settori collinari a maggior acclività.

In corrispondenza del corso del Torrente Mugnone si ha la presenza di depositi alluvionali in evoluzione (b).

Il quadro geomorfologico è contraddistinto in alcuni areali da fenomenologie gravitative con i relativi coronamenti il cui stato di attività è da attiva a quiescente. Il contesto geomorfologico completato dalla presenza di scarpate di erosione sia attive che non e di orli rimodellati di scarpata o deboli rotture di pendio, orli di scarpate antropiche, terrazzamenti antropici, nonché, in corrispondenza dei corsi d'acqua di fenomeni di erosione lineare o incanalata.

Di detti elementi, nel complesso, si deve tenere conto nella definizione delle MOPS prodromiche alla classificazione di pericolosità sismica del sito.

Indagini geognostiche realizzate e/o pregresse

Per l'area di Pian di Mugnone - Caldine sono stati reperiti tutti i dati geognostici (stratigrafici, geotecnici e geofisici) contenuti nella banca dati dell'Archivio Comunale, implementati con i dati geognostici (in particolare stratigrafici) ricavati dalla banca dati ISPRA.

In corrispondenza dell'abitato del Capoluogo sono inoltre stata effettuata ulteriori indagini sismiche finalizzate alla definizione dell'analisi e della risposta sismica dei terreni.

In particolare è stata svolta specificatamente una inedita campagna di indagini geofisiche consistente in n. 2 indagini di sismica a rifrazione con onde P e Sh, n. 2 indagini di sismica tipo MASW e n. 8 prove di sismica passiva mediante tecnica a stazione singola sulle vibrazioni ambientali (HVSr).

Modello geologico del sottosuolo

Il fondovalle dove sorgono gli abitati di Pian di Mugnone e di Caldine è contraddistinto dalla presenza di depositi alluvionali terrazzati (bna) poggianti sia su formazioni appartenenti alla Falda Toscana (Dominio Toscano), formazione del Macigno (MAC) e Marne di Pievepelago (PIE), che su formazioni appartenenti all'Unità di Monte Morello (Dominio Ligure), Formazione di Sillano (SIL) e, secondariamente, Formazione di Monte Morello (MLL). Queste formazioni caratterizzano, inoltre, i settori collinari adiacenti alle aree di fondovalle.

In particolare la formazione del Macigno (MAC) rappresenta il substrato litoide dell'estrema porzione meridionale dell'abitato di Pian di Mugnone e del settore compreso tra la porzione settentrionale dell'abitato di Pian di Mugnone e la località Il Bersaglio.

Le Marne di Pievepelago (PIE) risultano il substrato litoide di gran parte dell'abitato di Caldine, mentre la porzione settentrionale dello stesso abitato e le aree di nuova realizzazione edilizia a nord-ovest del nucleo storico di Caldine vedono come substrato la Formazione di Sillano (SIL).

La Formazione di Monte Morello (MLL) affiora solamente a ovest di Villa Benni.

Le varie formazioni riconosciute sono talora sormontate da depositi di frana e depositi detritici (a3a), così come in corrispondenza del corso del Torrente Mugnone si ha la presenza di depositi alluvionali recenti (b).

Modello geologico tecnico

Le formazioni geologiche presenti nell'area in esame sono state assimilate, in funzione delle loro caratteristiche geo-lito-sedimentologiche, a delle specifiche unità geologico-tecniche.

In particolare, per quanto riguarda i terreni di copertura recente sono stati attribuiti all'unità geologico-tecnica GMfd (ghiaie limose, miscela di ghiaie, sabbia e limo di ambiente di versante – falda detritica) i corpi detritici appartenenti ai detriti di falda (a3a), all'unità geologico-tecnica GMes (ghiaie limose, miscela di ghiaie, sabbia e limo di ambiente genetico fluvio lacustre - argine/barre/canali) i depositi alluvionali in evoluzione (b) e all'unità geologico-tecnica SMes (Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente fluvio lacustre - argine/barre/canali) i depositi alluvionali terrazzati (bna).

Per quanto riguarda i terreni riferibili al substrato geologico sono stati attribuiti all'unità geologico-tecnica LPS (Lapideo, stratificato) i termini della formazione del Macigno (MAC) e della Formazione di Monte Morello (MLL), all'unità geologico-tecnica SFALS (Alternanza di litotipi, stratificato fratturato / alterato) i litotipi delle Marne di Pievepelago (PIE) e della Formazione di Sillano (SIL) alterati/fratturati e all'unità geologico-tecnica ALS (Alternanza di litotipi, stratificato) i litotipi delle Marne di Pievepelago (PIE) e della Formazione di Sillano (SIL) integri.

Indicazione della classe di qualità mediante “Procedura semiquantitativa per stabilire la qualità della carta di livello 1 di MS”

Per l'area in esame caratterizzata da rilievo geologico e geomorfologico appositamente eseguito in scala 1:2.000 e presentato in scala 1:5.000, dalla disponibilità delle indagini geognostiche e sismiche di cui al dettaglio precedentemente e da n. 8 misure HVSr di cui n. 1 classificata in A1, n. 6 classificate in A2 e n. 1 classificata in B2 si ricava una valutazione di qualità pari a 66,5 che la colloca in classe di accettabilità B.

Misure di frequenza naturale e indagini di sismica a rifrazione

In corrispondenza dell'area di indagine sono state eseguite n. 8 misure di sismica passiva con metodo HVSr (36_HVSr/P89, 37_HVSr/P90, 38_HVSr/P91, 41_HVSr/P92, 42_HVSr/P93, 43_HVSr/P94, 44_HVSr/P95 e 45_HVSr/P96) nell'ambito dello studio in oggetto.

Le registrazioni, nella maggior parte dei casi non hanno mostrato la presenza di picchi significativi, ad eccezione della prova 38_HVSR/P91 eseguita presso l'abitato di Pian di Mugnone che ha visto un picco con $f_0 = 14,38$ Hz e $A_0 = 2,56$ e della prova 41_HVSR/P92, eseguita presso l'abitato di Caldine che ha mostrato un alto contrasto di impedenza ($A_0 = 3,11$) con un picco a 9,92 Hz. Presumibilmente al passaggio tra copertura alluvionale e substrato litoide.

Presso la prova 38_HVSR/P91 sono state realizzate l'indagine Masw 40_MASW e l'indagine di sismica a rifrazione 39_SR. L'indagine di sismica a rifrazione 39_SR ha mostrato la presenza di un primo sismostrato dello spessore di ca. 3,0 – 5,0 m avente V_s comprese tra 294 e 316 m/s, a cui segue un secondo sismostrato di spessore compreso tra ca. 5,0 e 8,0 m con V_s comprese tra 509 e 689 m/s. A cui segue un terzo e ultimo sismostrato con V_s comprese tra 816 e 966 m/s. La prova Masw (40_MASW) ha mostrato la presenza un primo sismostrato dello spessore di 2,3 m avente $V_s = 266$ m/s, a cui segue un secondo sismostrato di spessore di ca. 2,8 m con $V_s = 413$ m/s, un terzo sismostrato di spessore di ca. 3,6 m con $V_s = 471$ m/s e un quarto sismostrato di spessore di ca. 4,9 m con $V_s = 810$ m/s, a cui seguono velocità di V_s pari a 869 m/s.

Presso le prove 42_HVSR/P93 e 43_HVSR/P94 sono state realizzate l'indagine Masw 47_MASW e l'indagine di sismica a rifrazione 46_SR. L'indagine di sismica a rifrazione 46_SR ha mostrato la presenza di un primo sismostrato dello spessore di ca. 5,0 m avente V_s comprese tra 210 e 226 m/s, a cui segue un secondo sismostrato di spessore di ca. 10,0 m con V_s comprese tra 537 e 549 m/s. A cui segue un terzo e ultimo sismostrato con V_s comprese tra 1348 e 1433 m/s. La prova Masw (47_MASW) ha mostrato la presenza un primo sismostrato dello spessore di ca. 3,0 m avente $V_s = 185$ m/s, a cui segue un secondo sismostrato di spessore di 2,85 m con $V_s = 363$ m/s, un terzo sismostrato di spessore di 2,85 m con $V_s = 577$ m/s e un quarto sismostrato di spessore di 4,15 m con $V_s = 795$ m/s, a cui seguono velocità di V_s pari a 850 m/s.

Illustrazione della carta delle Microzone Omogenee in prospettiva sismica (MOPS)

Zone stabili

- aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un substrato lapideo stratificato (LPS) con $i < 15^\circ$ e basso c.i.. Il substrato compreso all'interno della zona è riconducibile alla presenza della formazione del Macigno (MAC) della Formazione di Monte Morello (MLL).

Dallo studio complessivo di indagine sismica eseguita e data la successione stratigrafica rilevata si ritiene verificata la non possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

La zona viene individuata in una fascia in corrispondenza della porzione meridionale dell'abitato di Pian di Mugnone, in un ampio settore tra Pian di Mugnone e la località Il Bersaglio e a nord-ovest dell'abitato di Caldine.

Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica locale

- **2001 (zona 1):** questa zona comprende le aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un Substrato lapideo stratificato (LPS), con $i > 15^\circ$ e basso c.i.. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione del Macigno (MAC).

Dallo studio complessivo di indagine sismica eseguita e data la successione stratigrafica rilevata si ritiene verificata la non possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Data l'inclinazione dei versanti si possono manifestare fenomeni di amplificazione sismica per possibili effetti topografici.

La zona viene individuata nei rilievi collinari a sud di Pian di Mugnone.

- **2003 (zona 3):** questa zona comprende le aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato fratturato /alterato (SFALS), spessore compreso tra 1,0 e 10,0 m, poggiante su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS), con $i < 15^\circ$, c.i. basso. Il substrato è riconducibile alla presenza della Formazione di Sillano (SIL) e delle Marne di Pievepelago (PIE).

Dallo studio complessivo di indagine sismica eseguita e in particolare dalle prove 36_HVSR/P89, 44_HVSR/P95 e 45_HVSR/P96, e data la successione stratigrafica rilevata si ritiene verificata la non possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

La zona viene individuata nella maggior parte dei rilievi collinari dell'area di indagine a nord della località Il Bersaglio e nei rilievi collinari su cui sorge la porzione orientale dell'abitato di Pian di Mugnone.

- **2013 (zona 13):** questa zona comprende le aree nelle quali si ha la presenza di una Copertura costituita da litotipi di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente fluvio lacustre (es) e di versante (ec), dello spessore di 3,0-10,0 m, poggiante su Substrato lapideo, stratificato (LPS), c.i. basso. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione del Macigno (MAC).

Dallo studio complessivo di indagine sismica eseguita e data la successione stratigrafica rilevata si ritiene verificata la non possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

La zona è presente in alcuni settori di fondovalle lungo il corso del Torrente Mugnone nella porzione meridionale di Pian di Mugnone e tra la porzione settentrionale dello stesso paese e la località Il Bersaglio.

- **2015 (zona 15):** questa zona comprende le aree nelle quali si ha la presenza di una Copertura costituita da litotipi di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente fluvio lacustre (es) e di versante (ec), dello spessore di 3,0-10,0 m, poggiante su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato fratturato/alterato (SFALS), spessore compreso tra 1,0 e 10,0 m, su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS), c.i. basso. Il substrato è riconducibile alla presenza della Formazione di Sillano (SIL) e delle Marne di Pievepelago (PIE).

Dallo studio complessivo di indagine sismica eseguita e in particolare dalle prove 37_HVSR/P90, 42_HVSR/P93 e 43_HVSR/P94, e data la successione stratigrafica rilevata si ritiene verificata la non possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

La zona viene individuata nella maggior parte dei fondovalle, lungo il corso del Torrente Mugnone, a nord della località Il Bersaglio e nei rilievi collinari su cui sorge la porzione orientale dell'abitato di Pian di Mugnone.

- **2016 (zona 16):** questa zona comprende le aree nelle quali si ha la presenza di una Copertura costituita da litotipi di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente fluvio lacustre (es) e di versante (ec), dello spessore di 3,0-10,0 m, poggiante su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato fratturato/alterato (SFALS), spessore compreso tra 1,0 e 10,0 m, su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS), c.i. alto. Il substrato è riconducibile alla presenza delle Marne di Pievepelago (PIE).

Dallo studio di indagine sismica eseguita e in particolare dalle prove 41_HVSR/P92 si ritiene verificata la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

La zona viene individuata nel settore di fondovalle lungo il corso del Torrente Mugnone, in corrispondenza della località Il Bersaglio.

- **2018 (zona 18):** questa zona comprende le aree nelle quali si ha la presenza di una Copertura costituita da litotipi di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente fluvio lacustre (es) e di versante (fd), dello spessore di 3,0-15,0 m, poggiante su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato fratturato/alterato (SFALS), spessore compreso tra 1,0 e 10,0 m, su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS), c.i. basso.

Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione delle Marne di Pievepelago (PIE) e della Formazione di Sillano (SIL).

Dallo studio complessivo di indagine sismica eseguita e data la successione stratigrafica rilevata si ritiene verificata la non possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

La zona è presente in corrispondenza del corso del Torrente Mugnone presso l'abitato di Pian di Mugnone, a nord della località Il Bersaglio e in alcuni settori pedecollinari sempre in presso i medesimi settori.

Zone di attenzione per instabilità

Le zone suscettibili di attenzione per instabilità di versante (ZAFR1....n) sono state discriminate considerando l'ordine di rappresentazione indicato al paragrafo 1.1.3-3 degli ICMS e mantenendo le informazioni sulla litostratigrafia delle zone stabili suscettibili di amplificazione locale a cui sono associate.

In corrispondenza del limite stratigrafico individuato tra i depositi di copertura (coperture alluvionali, coperture eluvio-colluviali, coltri detritiche e di frana) e il substrato lapideo stratificato (Macigno – MAC, Formazione di Monte Morello - MLL), così come tra questo e il substrato costituito dall'alternanza di litotipi fratturato / alterato (Formazione di Sillano – SIL e Marne di Pievepelago -PIE) sono state delineate le zone potenzialmente interessate da **cedimenti differenziali (ZACD)**. Le zone sono state individuate tracciando un areale (“buffer”) di circa 20 m di ampiezza, a partire dal limite stratigrafico. Il buffer rappresenta in questo caso, pertanto, una zona di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse. In questo caso, in accordo con gli indirizzi e criteri, non è stata utilizzata alcuna nomenclatura.

Infine sono state evidenziate le aree dove si ha la **sovrapposizione di zone di attenzione di instabilità differenti (ZAID)**.

GIRONE - ANCHETTA

(vedi tavv. QC.G05a, QC.G06a, QC.G07a e QC.G08a in scala 1:5.000)

Inquadramento geologico e geomorfologico

Gli areali su cui sorgono gli abitati di Girone e di Anchetta è caratterizzata dalla presenza di un substrato litoide contraddistinto dalla presenza di litologie riconducibili all'Unità di Monte Morello (Dominio Ligure) rappresentata dalla Formazione di Sillano (SIL), che presenta immersioni verso meridione con inclinazioni di circa 30°.

Nel settore di nord-ovest dell'area di studio alla Formazione di Sillano si sovrappongono i depositi continentali rusciniano-villafranchiani costituiti nell'area in esame da limi sabbioso argillosi e argille sabbiose (VILh)

Nel settore di fondovalle, dove sorge gran parte dell'abitato di Girone, si ha la presenza di depositi alluvionali terrazzati (bna), mentre in corrispondenza del corso del Fiume Arno si hanno depositi alluvionali in evoluzione (b).

Il quadro geomorfologico è contraddistinto in alcuni areali da fenomenologie gravitative con i relativi coronamenti il cui stato di attività è principalmente quiescente. Il contesto geomorfologico completato dalla presenza di scarpate di erosione sia attive che non e di orli rimodellati di scarpata o deboli rotture di pendio, orli di scarpate antropiche, terrazzamenti antropici, nonché, in corrispondenza dei corsi d'acqua di fenomeni di erosione lineare o incanalata.

Di detti elementi, nel complesso, si deve tenere conto nella definizione delle MOPS prodromiche alla classificazione di pericolosità sismica del sito.

Indagini geognostiche realizzate e/o pregresse

Per l'area di Girone - Anchetta sono stati reperiti tutti i dati geognostici (stratigrafici, geotecnici e geofisici) contenuti nella banca dati dell'Archivio Comunale, implementati con i dati geognostici (in particolare stratigrafici) ricavati dalla banca dati ISPRA.

In corrispondenza del settore di interesse sono inoltre state effettuate ulteriori indagini sismiche finalizzate alla definizione dell'analisi e della risposta sismica dei terreni.

In particolare è stata svolta specificatamente una inedita campagna di indagini geofisiche consistente in n. 4 prove di sismica passiva mediante tecnica a stazione singola sulle vibrazioni ambientali (HVSr).

Modello geologico del sottosuolo

L'area su cui sorge l'abitato di Girone è caratterizzata dalla presenza di depositi alluvionali terrazzati (bna) poggianti su un substrato geologico rappresentato dalla Formazione di Sillano, che costituisce la litologia prevalente nei settori collinari a nord del tracciato della S.S. n. 67 – Via Aretina, come ad esempio in corrispondenza dell'abitato della località di San Jacopo al Girone.

Detta successione si rinviene anche in corrispondenza dell'abitato di Anchetta.

Le varie formazioni riconosciute sono sormontate, in particolare nei settori di raccordo tra i rilievi collinari e le aree pianeggianti di fondovalle coltri eluvio-colluviali (b2a). Così come, talora, come ad esempio in corrispondenza dell'abitato di Anchetta si ha la presenza di depositi di frana.

Nel settore di nord-ovest dell'area di studio alla Formazione di Sillano si sovrappongono i depositi continentali rusciniano-villafranchiani costituiti nell'area in esame da limi sabbioso argillosi e argille sabbiose (VILh)

Mentre in corrispondenza del corso del Fiume Arno si hanno depositi alluvionali in evoluzione (b).

Modello geologico tecnico

Le formazioni geologiche presenti nell'area in esame sono state assimilate, in funzione delle loro caratteristiche geo-lito-sedimentologiche, a delle specifiche unità geologico-tecniche.

In particolare, per quanto riguarda i terreni di copertura recente sono stati attribuiti all'unità geologico-tecnica GMe (ghiaie limose, miscela di ghiaie, sabbia e limo di ambiente genetico fluvio lacustre - argine/barre/canali) i depositi alluvionali in evoluzione (b), all'unità geologico-tecnica SMes (Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente fluvio lacustre - argine/barre/canali) i depositi alluvionali terrazzati (bna), all'unità geologico tecnica SMec (Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente di versante – eluvi/colluvi) i depositi eluvio-colluviali (b2a), infine all'unità geologico tecnica MLtf-lc (Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità di ambiente genetico fluvio lacustre - terrazzo fluviale, lacustre i depositi continentali rusciniani e villafranchiani a composizione limoso argillosa (VILh).

Per quanto riguarda i terreni riferibili al substrato geologico sono stati attribuiti all'unità geologico-tecnica SFALS (Alternanza di litotipi, stratificato fratturato / alterato) i litotipi della Formazione di Sillano (SIL) alterati/fratturati e all'unità geologico-tecnica ALS (Alternanza di litotipi, stratificato) i litotipi della Formazione di Sillano (SIL) integri.

Indicazione della classe di qualità mediante “Procedura semiquantitativa per stabilire la qualità della carta di livello 1 di MS”

Per l'area in esame caratterizzata da rilievo geologico e geomorfologico appositamente eseguito in scala 1:2.000 e presentato in scala 1:5.000, dalla disponibilità delle indagini geognostiche e sismiche di cui al dettaglio precedentemente e da n. 4 misure HVSr classificate in A1 si ricava una valutazione di qualità pari a 50,7 che la colloca in classe di accettabilità B.

Misure di frequenza naturale e indagini di sismica a rifrazione

In corrispondenza dell'area di indagine sono state eseguite n. 4 misure di sismica passiva con metodo HVSR (12_HVSR/P70, 13_HVSR/P71, 14_HVSR/P72 e 15_HVSR/P73) nell'ambito dello studio in oggetto. La totalità delle registrazioni hanno mostrato alti contrasti di impedenza sismica (A0 compresi tra 3,1 e 5,33) con picchi di frequenza compresi tra 10,25 Hz e 16,72 Hz, quindi a profondità comprese tra 5,0 e 10,0 m dal p.c. correlabili col passaggio tra depositi di copertura e substrato geologico, ad eccezione della prova 14_HVSR/P72, che ha mostrato un picco a 5,92 Hz, quindi a profondità di circa 20,0 m dal p.c., da correlarsi con passaggi litologici a diversa risposta sismica all'interno del substrato geologico litoide.

Illustrazione della carta delle Microzone Omogenee in prospettiva sismica (MOPS)

Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica locale

- **2004 (zona 4):** questa zona comprende le aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato fratturato /alterato (SFALS), spessore compreso tra 1,0 e 10,0 m, poggiante su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS), con $i < 15^\circ$, c.i. alto. Il substrato è riconducibile alla presenza della Formazione di Sillano (SIL).

Dallo studio complessivo di indagine sismica eseguita e in particolare dalla prova 14_HVSR/P72, e data la successione stratigrafica rilevata si ritiene verificata la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

La zona viene individuata nei rilievi collinari posti nella porzione settentrionale dell'area di indagine.

- **2008 (zona 8):** questa zona comprende le aree nelle quali si ha la presenza di una Copertura costituita da litotipi di natura limoso argillosa (ML) di ambiente fluvio lacustre (tf, lc), spessore 5,0-25,0 m, poggiante su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato fratturato /alterato (SFALS), spessore compreso tra 1,0 e 10,0 m, su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS), c.i. alto. I depositi di copertura di natura limoso argillosa sono riferibili ai depositi continentali di età rusciniano-villafranchiana (VILh), mentre il substrato è riconducibile alla presenza della Formazione di Sillano (SIL).

Dallo studio complessivo di indagine sismica eseguita e data la successione stratigrafica rilevata si ritiene verificata la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

La zona è presente a nord-ovest della località San Jacopo al Girone.

- **2011 (zona 11):** questa zona comprende le aree nelle quali si ha la presenza di una Copertura costituita da litotipi di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente fluvio lacustre (es) e di versante (ec), dello spessore di 3,0-5,0 m, poggiante su copertura di natura limoso argillosa (ML) di ambiente fluvio lacustre (tf, lc), spessore 3,0-25,0 m, poggiante su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato fratturato/alterato (SFALS), spessore compreso tra 1,0 e 10,0 m, su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS), c.i. alto. I depositi di copertura di natura limoso argillosa sono riferibili ai depositi continentali di età rusciniano-villafranchiana (VILh), mentre il substrato è riconducibile alla presenza della Formazione di Sillano (SIL).

Dallo studio complessivo di indagine sismica eseguita e data la successione stratigrafica rilevata si ritiene verificata la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

La zona è presente in un settore limitato nella porzione nord-occidentale dell'area di studio.

- **2016 (zona 16):** questa zona comprende le aree nelle quali si ha la presenza di una Copertura costituita da litotipi di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente fluvio lacustre (es) e di versante (ec), dello spessore di 3,0-10,0 m, poggiante su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato fratturato/alterato (SFALS), spessore compreso tra 1,0 e 10,0 m, su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS), c.i. basso. Il substrato è riconducibile alla presenza della Formazione di Sillano (SIL).

Dallo studio complessivo di indagine sismica eseguita e in particolare dalle prove 12_HVSR/P70, 13_HVSR/P71, 14_HVSR/P72 e 15_HVSR/P73, e data la successione stratigrafica rilevata si ritiene verificata la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

La zona rappresenta la maggior parte dei settori di fondovalle e pedecollinari dove sorgono gli abitati di Girone e di Anchetta.

- **2019 (zona 19):** questa zona comprende le aree nelle quali si ha la presenza di una Copertura costituita da litotipi di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente fluvio lacustre (es), dello spessore di 3,0-15,0 m, poggiante su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato fratturato/alterato (SFALS), spessore compreso tra 1,0 e 10,0 m, su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS), c.i. alto. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione delle Marne di Pievepelago (PIE).

Dallo studio complessivo di indagine sismica eseguita e data la successione stratigrafica rilevata si ritiene verificata la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

La zona è presente in corrispondenza del corso del Fiume Arno.

Zone di attenzione per instabilità

Le zone suscettibili di attenzione per instabilità di versante (ZAFR1....n) sono state discriminate considerando l'ordine di rappresentazione indicato al paragrafo 1.1.3-3 degli ICMS e mantenendo le informazioni sulla litostratigrafia delle zone stabili suscettibili di amplificazione locale a cui sono associate.

PIAN DI SAN BARTOLO

(vedi tavv. QC.G05a, QC.G06a, QC.G07a e QC.G08a in scala 1:5.000)

Inquadramento geologico e geomorfologico

L'area su cui sorge l'abitato di Pian di San Bartolo è caratterizzata dalla presenza di terreni riconducibili principalmente alle formazioni della Falda Toscana (Dominio Toscano) e in particolare alla formazione delle Marne di Pievepelago (PIE) e secondariamente a quelle dell'Unità di Monte Morello (Dominio Ligure) rappresentate dalla Formazione di Sillano (SIL).

Sia i litotipi della Formazione di Sillano (SIL) che le Marne di Pievepelago (PIE), quest'ultime sovrapposte tettonicamente alle prime presentano immersioni verso i quadranti settentrionali e inclinazioni di circa 70° - 80°.

Le varie formazioni riconosciute sono talora sormontate da depositi di frana.

Il quadro geomorfologico è contraddistinto in alcuni areali da fenomenologie gravitative con i relativi coronamenti il cui stato di attività è da attiva a quiescente. Il contesto geomorfologico completato dalla presenza di scarpate di erosione sia attive che non e di orli rimodellati di scarpata o deboli rotture di pendio, orli di scarpate antropiche, terrazzamenti antropici, nonché, in corrispondenza dei corsi d'acqua di fenomeni di erosione lineare o incanalata.

Di detti elementi, nel complesso, si deve tenere conto nella definizione delle MOPS prodromiche alla classificazione di pericolosità sismica del sito.

Indagini geognostiche realizzate e/o pregresse

Per l'area di Pian di San Bartolo sono stati reperiti tutti i dati geognostici (stratigrafici, geotecnici e geofisici) contenuti nella banca dati dell'Archivio Comunale, implementati con i dati geognostici (in particolare stratigrafici) ricavati dalla banca dati ISPRA.

In corrispondenza dell'abitato di Pian di San Bartolo sono inoltre stata effettuata ulteriori indagini sismiche finalizzate alla definizione dell'analisi e della risposta sismica dei terreni.

In particolare è stata svolta specificatamente una inedita campagna di indagini geofisiche consistente in n. 1 indagine di sismica a rifrazione con onde P e Sh, n. 1 indagine di sismica tipo MASW e n. 3 prove di sismica passiva mediante tecnica a stazione singola sulle vibrazioni ambientali (HVSr).

Modello geologico del sottosuolo

L'area su cui sorge l'abitato di Pian di San Bartolo risulta costituito interamente da terreni appartenenti alla formazione della Marne di Pievepelago (PIE).

Alcuni settori esterni all'abitato sono, invece, contraddistinti dalla presenza di litologie riferibili alla Formazione di Sillano (SIL).

Le formazioni riconosciute sono talora sormontate da depositi di frana.

Modello geologico tecnico

Le formazioni geologiche presenti nell'area in esame sono state assimilate, in funzione delle loro caratteristiche geo-lito-sedimentologiche, a delle specifiche unità geologico-tecniche.

In particolare, per quanto riguarda i terreni riferibili al substrato geologico sono stati attribuiti all'unità geologico-tecnica SFALS (Alternanza di litotipi, stratificato fratturato / alterato) i litotipi delle Marne di Pievepelago (PIE) e della Formazione di Sillano (SIL) alterati/fratturati e all'unità geologico-tecnica ALS (Alternanza di litotipi, stratificato) i litotipi delle Marne di Pievepelago (PIE) e della Formazione di Sillano (SIL) integri.

Indicazione della classe di qualità mediante “Procedura semiquantitativa per stabilire la qualità della carta di livello 1 di MS”

Per l'area in esame caratterizzata da rilievo geologico e geomorfologico appositamente eseguito in scala 1:2.000 e presentato in scala 1:5.000, dalla disponibilità delle indagini geognostiche e sismiche di cui al dettaglio precedentemente e da n. 3 misure HVSr classificate in A2 si ricava una valutazione di qualità pari a 51,4 che la colloca in classe di accettabilità B.

Misure di frequenza naturale e indagini di sismica a rifrazione

In corrispondenza dell'area di indagine sono state eseguite n. 3 misure di sismica passiva con metodo HVSr (31_HVSr/P86, 32_HVSr/P87 e 33_HVSr/P88) nell'ambito dello studio in oggetto. Le registrazioni 31_HVSr/P86 e 33_HVSr/P88, non hanno mostrato la presenza di picchi significativi, mentre la prova 32_HVSr/P87 ha mostrato un basso contrasto di impedenza ($A_0 = 2,54$) a profondità di circa 50,0 m dal p.c. ($f_0 = 1,98$ Hz).

A sud-est della prova 33_HVSr/P88 sono state realizzate l'indagine Masw 35_MASW e l'indagine di sismica a rifrazione 34_SR. L'indagine di sismica a rifrazione 34_SR ha mostrato la presenza di un primo sismostrato dello spessore di ca. 2,0 m avente Vs comprese tra 265 e 370 m/s, a cui segue un secondo sismostrato di spessore compreso tra 4,0 e 7,0 m con Vs comprese tra 726 e 728 m/s. A cui segue un terzo e ultimo sismostrato con Vs comprese tra 904 e 1020 m/s. La prova Masw (35_MASW) ha mostrato la presenza un primo sismostrato dello spessore di 4,45 m avente Vs = 456 m/s, a cui segue un secondo sismostrato di spessore di 5,55 m con Vs = 715 m/s, un terzo sismostrato di spessore di 10,1 m con Vs = 824 m/s e un quarto sismostrato di spessore di 9,6 m con Vs = 958 m/s, a cui seguono velocità di Vs pari a 1427 m/s.

Illustrazione della carta delle Microzone Omogenee in prospettiva sismica (MOPS)

Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica locale

- **2003 (zona 3):** questa zona comprende le aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato fratturato /alterato (SFALS), spessore compreso tra 1,0 e 10,0 m, poggiante su

Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS), con $i < 15^\circ$, c.i. basso. Il substrato è riconducibile alla presenza della Formazione di Sillano (SIL) e delle Marne di Pievepelago (PIE).

Dallo studio complessivo di indagini sismica eseguita e in particolare dalle prove 31_HVSR/P86, 32_HVSR/P87 e 33_HVSR/P88, e data la successione stratigrafica rilevata si ritiene verificata la non possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

La zona rappresenta la totalità delle aree investigate in questo settore.

Zone di attenzione per instabilità

Le zone suscettibili di attenzione per instabilità di versante (ZAFR1....n) sono state discriminate considerando l'ordine di rappresentazione indicato al paragrafo 1.1.3-3 degli ICMS e mantenendo le informazioni sulla litostratigrafia delle zone stabili suscettibili di amplificazione locale a cui sono associate.

POGGIO GHERARDO - L'ARCOLAIO

(vedi tavv. QC.G05a, QC.G06a, QC.G07a e QC.G08a in scala 1:5.000)

Inquadramento geologico e geomorfologico

L'area su cui sorgono le località di Poggio Gherardo e di L'Arcolaio è caratterizzata dalla presenza di depositi continentali rusciniano-villafranchiani costituiti nell'area in esame da limi sabbioso argillosi e argille sabbiose (VILh).

Questi poggiano a profondità di ca. 50,0 m dal p.c. sulle formazioni della Falda Toscana (Dominio Toscano) e in particolare alla formazione del Macigno (MAC).

Spostandosi verso l'area di fondovalle i depositi continentali rusciniano-villafranchiani sono sormontati dai depositi alluvionali terrazzati (bna).

Le varie formazioni riconosciute sono talora sormontate da coltri eluvio-colluviali (b2a) e/o da depositi di versante (aa) in particolare nei settori collinari a maggior acclività.

Il quadro geomorfologico è contraddistinto in alcuni areali da fenomenologie gravitative con i relativi coronamenti il cui stato di attività è da attiva a quiescente. Il contesto geomorfologico completato dalla presenza di scarpate di erosione sia attive che non e di orli rimodellati di scarpata o deboli rotture di pendio, orli di scarpate antropiche, terrazzamenti antropici, nonché, in corrispondenza dei corsi d'acqua di fenomeni di erosione lineare o incanalata.

Di detti elementi, nel complesso, si deve tenere conto nella definizione delle MOPS prodromiche alla classificazione di pericolosità sismica del sito.

Indagini geognostiche realizzate e/o pregresse

Per l'area di Poggio Gherardo e L'Arcolaio sono stati reperiti tutti i dati geognostici (stratigrafici, geotecnici e geofisici) contenuti nella banca dati dell'Archivio Comunale, implementati con i dati geognostici (in particolare stratigrafici) ricavati dalla banca dati ISPRA.

In corrispondenza dell'area di interesse sono inoltre stata effettuata ulteriori indagini sismiche finalizzate alla definizione dell'analisi e della risposta sismica dei terreni.

In particolare è stata svolta specificatamente una inedita campagna di indagini geofisiche consistente in n. 1 prova di sismica passiva mediante tecnica a stazione singola sulle vibrazioni ambientali (HVSR).

Modello geologico del sottosuolo

L'area su cui sorgono gli abitati di poggio Gherardo e dell'Arcolaio è contraddistinta dalla presenza di depositi continentali rusciniano-villafranchiani costituiti nell'area in esame da limi sabbioso argillosi e argille sabbiose (VILh), poggianti, a profondità di circa 50,0 m dal p.c. su litotipi riferibili alla formazione del Macigno (MAC). Spostandosi verso l'area di fondovalle i depositi continentali rusciniano-villafranchiani sono sormontati dai depositi alluvionali terrazzati (bna); così come in alcuni settori sono sormontati da coltri eluvio-colluviali (b2a) e/o da depositi di versante (aa).

Modello geologico tecnico

Le formazioni geologiche presenti nell'area in esame sono state assimilate, in funzione delle loro caratteristiche geo-lito-sedimentologiche, a delle specifiche unità geologico-tecniche.

In particolare, per quanto riguarda i terreni di copertura recente sono stati attribuiti all'unità geologico-tecnica GMfd (ghiaie limose, miscela di ghiaie, sabbia e limo di ambiente genetico di versante – falda detritica) i depositi di versante (aa), all'unità geologico-tecnica SMes (Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente fluvio lacustre - argine/barre/canali) i depositi alluvionali terrazzati (bna), all'unità geologico tecnica SMec (Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente di versante – eluvi/colluvi) i depositi eluvio-colluviali (b2a), infine all'unità geologico tecnica MLtf-lc (Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità di ambiente genetico fluvio lacustre - terrazzo fluviale, lacustre i depositi continentali rusciniani e villafranchiani a composizione limoso argillosa (VILh).

Indicazione della classe di qualità mediante “Procedura semiquantitativa per stabilire la qualità della carta di livello 1 di MS”

Per l'area in esame caratterizzata da rilievo geologico e geomorfologico appositamente eseguito in scala 1:2.000 e presentato in scala 1:5.000, dalla disponibilità delle indagini geognostiche e sismiche di cui al dettaglio precedentemente e da n. 1 misura HVSR classificata in A2 si ricava una valutazione di qualità pari a 43,9 che la colloca in classe di accettabilità C.

Misure di frequenza naturale e indagini di sismica a rifrazione

In corrispondenza dell'area di indagine è stata eseguita n. 1 misura di sismica passiva con metodo HVSR (27_HVSR/P82) nell'ambito dello studio in oggetto. La registrazione non ha mostrato la presenza di picchi significativi.

Illustrazione della carta delle Microzone Omogenee in prospettiva sismica (MOPS)

Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica locale

- **2006 (zona 6):** questa zona comprende le aree nelle quali si ha la presenza di una Copertura costituita da litotipi di natura limoso argillosa (ML) di ambiente fluvio lacustre (tf, lc), spessore 30,0-50,0 m, poggianti su Substrato lapideo, stratificato (LPS), c.i. basso. I depositi di copertura di natura limoso argillosa sono riferibili ai depositi continentali di età rusciniano-villafranchiana (VILh), mentre il substrato è riconducibile alla presenza della formazione del Macigno (MAC).

Dallo studio complessivo di indagine sismica eseguita e in particolare dalla prova 27_HVSR/P82, e data la successione stratigrafica rilevata si ritiene verificata la non possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

La zona rappresenta la maggior parte dell'area di indagine.

- **2009 (zona 9):** questa zona comprende le aree nelle quali si ha la presenza di una Copertura costituita da litotipi di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente fluvio lacustre (es) e di versante (ec), dello spessore di 3,0-5,0 m, poggianti su copertura di natura limoso argillosa (ML) di ambiente fluvio lacustre (tf, lc), spessore 30,0-50,0 m,

poggianti su Substrato lapideo, stratificato (LPS), c.i. basso. I depositi di copertura di natura limoso argillosa sono riferibili ai depositi continentali di età rusciniano-villafranchiana (VILh), mentre il substrato è riconducibile alla presenza della formazione del Macigno (MAC).

Dallo studio complessivo di indagine sismica eseguita e in particolare dalla prova 27_HVSR/P82, e data la successione stratigrafica rilevata si ritiene verificata la non possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

La zona è presente in corrispondenza del settore di fondovalle dell'area di indagine e in corrispondenza di limitate aree nella fascia collinare.

- **2021 (zona 21):** questa zona comprende le aree nelle quali si ha la presenza di una Copertura costituita da litotipi di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente di versante (fd), dello spessore di 3,0-5,0 m, poggianti su copertura di natura limoso argillosa (ML) di ambiente fluvio lacustre (tf, lc), spessore 30,0-50,0 m, su Substrato lapideo, stratificato (LPS), c.i. basso. I depositi di copertura di natura limoso argillosa sono riferibili ai depositi continentali di età rusciniano-villafranchiana (VILh), mentre il substrato è riconducibile alla presenza della formazione del Macigno (MAC).

Dallo studio complessivo di indagine sismica eseguita e data la successione stratigrafica rilevata si ritiene verificata la non possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

La zona è presente in corrispondenza di un'area limitata nella porzione occidentale dell'area di indagine.

Zone di attenzione per instabilità

Le zone suscettibili di attenzione per instabilità di versante (ZAFR1....n) sono state discriminate considerando l'ordine di rappresentazione indicato al paragrafo 1.1.3-3 degli ICMS e mantenendo le informazioni sulla litostratigrafia delle zone stabili suscettibili di amplificazione locale a cui sono associate.

OLMO

(vedi tavv. QC.G05a, QC.G06a, QC.G07a e QC.G08a in scala 1:5.000)

Inquadramento geologico e geomorfologico

L'area su cui sorge la località Olmo è caratterizzata dalla presenza di terreni riconducibili principalmente alle formazioni dell'Unità di Monte Morello (Dominio Ligure) rappresentate principalmente dalla Formazione di Sillano (SIL) e secondariamente dalla formazione della Pietraforte (PTF). Le formazioni presentano giaciture con immersioni verso i quadranti meridionali (principalmente sud-est) e inclinazioni attorno ai 50°.

Le varie formazioni riconosciute sono talora sormontate da depositi di frana.

Il quadro geomorfologico è contraddistinto in alcuni areali da fenomenologie gravitative con i relativi coronamenti il cui stato di attività è da attiva a quiescente. Il contesto geomorfologico completato dalla presenza di scarpate di erosione sia attive che non e di orli rimodellati di scarpata o deboli rotture di pendio, orli di scarpate antropiche, terrazzamenti antropici, nonché, in corrispondenza dei corsi d'acqua di fenomeni di erosione lineare o incanalata.

Di detti elementi, nel complesso, si deve tenere conto nella definizione delle MOPS prodromiche alla classificazione di pericolosità sismica del sito.

Indagini geognostiche realizzate e/o pregresse

Per l'area di Olmo sono stati reperiti tutti i dati geognostici (stratigrafici, geotecnici e geofisici) contenuti nella banca dati dell'Archivio Comunale, implementati con i dati geognostici (in particolare stratigrafici) ricavati dalla banca dati ISPRA.

In corrispondenza dell'area di studio sono inoltre state effettuate ulteriori indagini sismiche finalizzate alla definizione dell'analisi e della risposta sismica dei terreni.

In particolare è stata svolta specificatamente una inedita campagna di indagini geofisiche consistente in n. 3 prove di sismica passiva mediante tecnica a stazione singola sulle vibrazioni ambientali (HVSr).

Modello geologico del sottosuolo

L'area su cui sorge l'abitato di Olmo risulta costituito interamente da terreni appartenenti alla Formazione di Sillano (SIL).

Alcuni settori esterni all'abitato e marginali all'area di studio (estrema porzione nord-occidentale), sono, invece, contraddistinti dalla presenza di litologie riferibili alla formazione della Pietraforte (PTF).

Le formazioni riconosciute sono talora sormontate da depositi di frana, in particolare nel settore a sud dell'abitato.

Modello geologico tecnico

Le formazioni geologiche presenti nell'area in esame sono state assimilate, in funzione delle loro caratteristiche geo-lito-sedimentologiche, a delle specifiche unità geologico-tecniche.

In particolare, per quanto riguarda i terreni riferibili al substrato geologico sono stati attribuiti all'unità geologico-tecnica LPS (Substrato lapideo, stratificato) i litotipi appartenenti alla Pietraforte (PTF), all'unità geologico-tecnica SFALS (Alternanza di litotipi, stratificato fratturato / alterato) i litotipi della Formazione di Sillano (SIL) alterati/fratturati e all'unità geologico-tecnica ALS (Alternanza di litotipi, stratificato) i litotipi della Formazione di Sillano (SIL) integri.

Indicazione della classe di qualità mediante “Procedura semiquantitativa per stabilire la qualità della carta di livello 1 di MS”

Per l'area in esame caratterizzata da rilievo geologico e geomorfologico appositamente eseguito in scala 1:2.000 e presentato in scala 1:5.000, dalla disponibilità delle indagini geognostiche e sismiche di cui al dettaglio precedentemente e da n. 3 misure HVSr classificate in A2 si ricava una valutazione di qualità pari a 39,1 che la colloca in classe di accettabilità C.

Misure di frequenza naturale e indagini di sismica a rifrazione

In corrispondenza dell'area di indagine sono state eseguite n. 3 misure di sismica passiva con metodo HVSr (28_HVSr/P83, 29_HVSr/P84 e 30_HVSr/P85) nell'ambito dello studio in oggetto. La totalità delle registrazioni non hanno mostrato la presenza di picchi significativi.

Illustrazione della carta delle Microzone Omogenee in prospettiva sismica (MOPS)

Zone stabili

- aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un substrato lapideo stratificato (LPS) con $i < 15^\circ$ e basso c.i.. Il substrato compreso all'interno della zona è riconducibile alla presenza della formazione della Pietraforte (PTF).

Dallo studio complessivo di indagine sismica eseguita e data la successione stratigrafica rilevata si ritiene verificata la non possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

La zona viene individuata in alcuni limitati settori nella porzione nord-occidentale dell'area di indagine.

Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica locale

- **2003 (zona 3):** questa zona comprende le aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato fratturato /alterato (SFALS), spessore compreso tra 1,0 e 10,0 m, poggiante su

Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS), con $i < 15^\circ$, c.i. basso. Il substrato è riconducibile alla presenza della Formazione di Sillano (SIL).

Dallo studio complessivo di indagini sismica eseguita e in particolare dalle prove 28_HVSR/P83, 29_HVSR/P84 e 30_HVSR/P85, e data la successione stratigrafica rilevata si ritiene verificata la non possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

La zona rappresenta la quasi totalità dell'area di indagine.

Zone di attenzione per instabilità

Le zone suscettibili di attenzione per instabilità di versante (ZAFR1....n) sono state discriminate considerando l'ordine di rappresentazione indicato al paragrafo 1.1.3-3 degli ICMS e mantenendo le informazioni sulla litostratigrafia delle zone stabili suscettibili di amplificazione locale a cui sono associate.

In corrispondenza del limite stratigrafico individuato tra il substrato lapideo stratificato (Pietraforte – PTF) e il substrato costituito dall'alternanza di litotipi fratturato / alterato (Formazione di Sillano – SIL) sono state delineate le zone potenzialmente interessate da **cedimenti differenziali (ZACD)**. Le zone sono state individuate tracciando un areale (“buffer”) di circa 20 m di ampiezza, a partire dal limite stratigrafico. Il buffer rappresenta in questo caso, pertanto, una zona di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse. In questo caso, in accordo con gli indirizzi e criteri, non è stata utilizzata alcuna nomenclatura.

QUERCIOLA - SPEDALUZZO

(vedi tavv. QC.G05a, QC.G06a, QC.G07a e QC.G08a in scala 1:5.000)

Inquadramento geologico e geomorfologico

L'area dove sono inseriti i centri abitati di Querciola e Spedaluzzo è caratterizzata dalla presenza di terreni riconducibili sia alle formazioni dell'Unità di Monte Morello (Dominio Ligure) rappresentate dalla Formazione di Sillano (SIL), che a quelle dell'Unità di Canetolo (Dominio Subligure) rappresentate dalle Arenarie di Monte Senario (SEN).

Le formazioni di entrambe le Unità, giustapposte tettonicamente con la sovrapposizione delle Unità del Dominio Ligure su quelle del Dominio Subligure, presentano generalmente immersioni verso i quadranti meridionali e inclinazioni variabili tra 20° e 30° .

Nei settori pianeggianti e in corrispondenza del corso del Torrente Mugnone si ha la presenza di depositi alluvionali terrazzati (bna) e di depositi alluvionali in evoluzione (b).

Il quadro geomorfologico è contraddistinto in alcuni areali da fenomenologie gravitative con i relativi coronamenti il cui stato di attività è da attiva a quiescente. Il contesto geomorfologico completato dalla presenza di scarpate di erosione sia attive che non e di orli rimodellati di scarpata o deboli rotture di pendio, orli di scarpate antropiche, terrazzamenti antropici, nonché, in corrispondenza dei corsi d'acqua di fenomeni di erosione lineare o incanalata.

Di detti elementi, nel complesso, si deve tenere conto nella definizione delle MOPS prodromiche alla classificazione di pericolosità sismica del sito.

Indagini geognostiche realizzate e/o pregresse

Per l'area di Querciola - Spedaluzzo sono stati reperiti tutti i dati geognostici (stratigrafici, geotecnici e geofisici) contenuti nella banca dati dell'Archivio Comunale, implementati con i dati geognostici (in particolare stratigrafici) ricavati dalla banca dati ISPRA.

In corrispondenza dell'abitato di interesse sono inoltre state effettuate ulteriori indagini sismiche finalizzate alla definizione dell'analisi e della risposta sismica dei terreni.

In particolare è stata svolta specificatamente una inedita campagna di indagini geofisiche consistente in n. 3 prove di sismica passiva mediante tecnica a stazione singola sulle vibrazioni ambientali (HVSr).

Modello geologico del sottosuolo

Gran parte dell'area in esame, e in particolare il settore su cui sorge l'abitato di Querciola vede la presenza di litologie appartenenti alla Formazione di Sillano (SIL) talora, come proprio nel caso in corrispondenza della località Querciola, sormontata da depositi di frana.

La porzione settentrionale dell'area di indagine, in particolare presso la località Massetino si rinvencono le litologie riferibili alla formazione delle Arenarie di Monte Senario (SEN).

Le varie formazioni riconosciute sono sormontate, lungo il corso del Torrente Mugnone da depositi alluvionali terrazzati (bna) e da depositi alluvionali recenti (b).

Modello geologico tecnico

Le formazioni geologiche presenti nell'area in esame sono state assimilate, in funzione delle loro caratteristiche geo-lito-sedimentologiche, a delle specifiche unità geologico-tecniche.

In particolare, per quanto riguarda i terreni di copertura recente sono stati attribuiti all'unità geologico-tecnica GMe (ghiaie limose, miscela di ghiaie, sabbia e limo di ambiente genetico fluvio lacustre - argine/barre/canali) i depositi alluvionali in evoluzione (b) e all'unità geologico-tecnica SMe (Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente fluvio lacustre - argine/barre/canali) i depositi alluvionali terrazzati (bna).

Per quanto riguarda i terreni riferibili al substrato geologico sono stati attribuiti all'unità geologico-tecnica LPS (Lapideo, stratificato) i termini della formazione delle Arenarie di Monte Senario (SEN), all'unità geologico-tecnica SFALS (Alternanza di litotipi, stratificato fratturato / alterato) i litotipi della Formazione di Sillano (SIL) alterati/fratturati e all'unità geologico-tecnica ALS (Alternanza di litotipi, stratificato) i litotipi della Formazione di Sillano (SIL) integri.

Indicazione della classe di qualità mediante “Procedura semiquantitativa per stabilire la qualità della carta di livello 1 di MS”

Per l'area in esame caratterizzata da rilievo geologico e geomorfologico appositamente eseguito in scala 1:2.000 e presentato in scala 1:5.000, dalla disponibilità delle indagini geognostiche e sismiche di cui al dettaglio precedentemente e da n. 3 misure HVSr di cui n. 1 classificata in A1 e n. 2 classificate in A2 si ricava una valutazione di qualità pari a 50,7 che la colloca in classe di accettabilità B.

Misure di frequenza naturale e indagini di sismica a rifrazione

In corrispondenza dell'area di indagine sono state eseguite n. 3 misure di sismica passiva con metodo HVSr (48_HVSr/P37, 49_HVSr/P38 e 50_HVSr/P39) nell'ambito dello studio in oggetto. Le registrazioni 48_HVSr/P37 e 49_HVSr/P38, eseguite in corrispondenza dei terreni appartenenti alla Formazione di Sillano (SIL) hanno mostrato bassi contrasti di impedenza (A_0 rispettivamente pari a 2,43 e 2,92) a profondità comprese tra 10,0 e 20,0 m dal p.c. (f_0 rispettivamente pari a 4,38 Hz e 6,95 Hz). Invece la prova 50_HVSr/P39, eseguita in corrispondenza dei terreni appartenenti alle Arenarie di Monte Senario (SEN) ha mostrato alti contrasti di impedenza ($A_0 = 3,08$) a profondità di ca. 25,0 m dal p.c. ($f_0 = 4,16$ Hz), da correlarsi con presumibili variazioni litologiche all'interno del flysch torbiditico.

Illustrazione della carta delle Microzone Omogenee in prospettiva sismica (MOPS)

Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica locale

- **2002 (zona 2):** questa zona comprende le aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un Substrato lapideo stratificato (LPS), con alto c.i.. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione delle Arenarie di Monte Senario (SEN).

Dallo studio complessivo di indagine sismica eseguita e in particolare dalla prova 50_HVSR/P99, e data la successione stratigrafica rilevata si ritiene verificata la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

La zona viene individuata nella porzione settentrionale dell'area di indagine, in particolare presso la località Massetino.

- **2003 (zona 3):** questa zona comprende le aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato fratturato /alterato (SFALS), spessore compreso tra 1,0 e 10,0 m, poggiate su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS), con $i < 15^\circ$, c.i. basso. Il substrato è riconducibile alla presenza della Formazione di Sillano (SIL).

Dallo studio complessivo di indagine sismica eseguita e in particolare dalle prove 48_HVSR/P97 e 49_HVSR/P98, e data la successione stratigrafica rilevata si ritiene verificata la non possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

La zona viene individuata nella maggior parte dei settori centrali e meridionali dell'area di indagine.

- **2014 (zona 14):** questa zona comprende le aree nelle quali si ha la presenza di una Copertura costituita da litotipi di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente fluvio lacustre (es) e di versante (ec), dello spessore di 3,0-10,0 m, poggiate su Substrato lapideo, stratificato (LPS), c.i. alto. Il substrato è riconducibile alla presenza della formazione delle Arenarie di Monte Senario (SEN).

Dallo studio complessivo di indagine sismica eseguita e data la successione stratigrafica rilevata si ritiene verificata la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

La zona è presente in alcuni settori di fondovalle lungo il corso del Torrente Mugnone nella porzione settentrionale dell'area di indagine.

- **2015 (zona 15):** questa zona comprende le aree nelle quali si ha la presenza di una Copertura costituita da litotipi di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente fluvio lacustre (es) e di versante (ec), dello spessore di 3,0-10,0 m, poggiate su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato fratturato/alterato (SFALS), spessore compreso tra 1,0 e 10,0 m, su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS), c.i. basso. Il substrato è riconducibile alla presenza della Formazione di Sillano (SIL).

Dallo studio complessivo di indagine sismica eseguita e data la successione stratigrafica rilevata si ritiene verificata la non possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

La zona viene individuata lungo il corso del Torrente Mugnone.

Zone di attenzione per instabilità

Le zone suscettibili di attenzione per instabilità di versante (ZAFR1....n) sono state discriminate considerando l'ordine di rappresentazione indicato al paragrafo 1.1.3-3 degli ICMS e mantenendo le informazioni sulla litostratigrafia delle zone stabili suscettibili di amplificazione locale a cui sono associate.

In corrispondenza del limite stratigrafico individuato tra i depositi di copertura (coperture alluvionali, coperture eluvio-colluviali, coltri detritiche e di frana, coperture continentali pleistoceniche) e il substrato lapideo stratificato (Arenarie di Monte Senario (SEN), così come tra questo e il substrato costituito dall'alternanza di litotipi fratturato / alterato (Formazione di Sillano – SIL) sono state delineate le zone potenzialmente interessate da **cedimenti differenziali (ZACD)**. Le zone sono state individuate tracciando un areale (“buffer”) di circa 20 m

di ampiezza, a partire dal limite stratigrafico. Il buffer rappresenta in questo caso, pertanto, una zona di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse. In questo caso, in accordo con gli indirizzi e criteri, non è stata utilizzata alcuna nomenclatura.

Infine sono state evidenziate le aree dove si ha la **sovrapposizione di zone di attenzione di instabilità differenti (ZAID)**.

MONTEBENI

(vedi tavv. QC.G05a, QC.G06a, QC.G07a e QC.G08a in scala 1:5.000)

Inquadramento geologico e geomorfologico

L'area dove sorge l'abitato di Montebeni è caratterizzata dalla presenza di terreni riconducibili all'Unità di Monte Morello (Dominio Ligure), rappresentati dalla Formazione di Sillano (SIL), con litotipi che presentano un assetto giaciturale non uniforme.

La Formazione di Sillano (SIL) è talora sormontata da depositi di frana o da depositi detritici di versante (aa).

Il quadro geomorfologico è contraddistinto in alcuni areali da fenomenologie gravitative con i relativi coronamenti il cui stato di attività è da attiva a quiescente. Il contesto geomorfologico completato dalla presenza di scarpate di erosione sia attive che non e di orli rimodellati di scarpata o deboli rotture di pendio, orli di scarpate antropiche, terrazzamenti antropici, nonché, in corrispondenza dei corsi d'acqua di fenomeni di erosione lineare o incanalata.

Di detti elementi, nel complesso, si deve tenere conto nella definizione delle MOPS prodromiche alla classificazione di pericolosità sismica del sito.

Indagini geognostiche realizzate e/o pregresse

Per l'area di Montebeni sono stati reperiti tutti i dati geognostici (stratigrafici, geotecnici e geofisici) contenuti nella banca dati dell'Archivio Comunale, implementati con i dati geognostici (in particolare stratigrafici) ricavati dalla banca dati ISPRA.

In corrispondenza dell'abitato di interesse sono inoltre stata effettuata ulteriori indagini sismiche finalizzate alla definizione dell'analisi e della risposta sismica dei terreni.

In particolare è stata svolta specificatamente una inedita campagna di indagini geofisiche consistente in n. 2 prove di sismica passiva mediante tecnica a stazione singola sulle vibrazioni ambientali (HVSr).

Modello geologico del sottosuolo

La totalità dell'area in esame vede la presenza di litologie appartenenti alla Formazione di Sillano (SIL) talora sormontata da depositi di frana o da depositi detritici di versante (aa).

Modello geologico tecnico

Le formazioni geologiche presenti nell'area in esame sono state assimilate, in funzione delle loro caratteristiche geo-lito-sedimentologiche, a delle specifiche unità geologico-tecniche.

In particolare, per quanto riguarda i terreni di copertura recente sono stati attribuiti all'unità geologico-tecnica GMfd (ghiaie limose, miscela di ghiaie, sabbia e limo di ambiente genetico di versante – falda detritica) i depositi di versante (aa).

Per quanto riguarda i terreni riferibili al substrato geologico sono stati attribuiti all'unità geologico-tecnica SFALS (Alternanza di litotipi, stratificato fratturato / alterato) i litotipi della Formazione di Sillano (SIL) alterati/fratturati e all'unità geologico-tecnica ALS (Alternanza di litotipi, stratificato) i litotipi della Formazione di Sillano (SIL) integri.

Indicazione della classe di qualità mediante “Procedura semiquantitativa per stabilire la qualità della carta di livello 1 di MS”

Per l'area in esame caratterizzata da rilievo geologico e geomorfologico appositamente eseguito in scala 1:2.000 e presentato in scala 1:5.000, dalla disponibilità delle indagini geognostiche e sismiche di cui al dettaglio precedentemente e da n. 2 misure HVSR classificate in A2 si ricava una valutazione di qualità pari a 50,7 che la colloca in classe di accettabilità B.

Misure di frequenza naturale e indagini di sismica a rifrazione

In corrispondenza dell'area di indagine sono state eseguite n. 2 misure di sismica passiva con metodo HVSR (24_HVSR/P80 e 25_HVSR/P81) nell'ambito dello studio in oggetto. Le registrazioni non hanno mostrato la presenza di picchi significativi.

Illustrazione della carta delle Microzone Omogenee in prospettiva sismica (MOPS)

Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica locale

- **2003 (zona 3)**: questa zona comprende le aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato fratturato /alterato (SFALS), spessore compreso tra 1,0 e 10,0 m, poggiante su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS), con $i < 15^\circ$, c.i. basso. Il substrato è riconducibile alla presenza della Formazione di Sillano (SIL).

Dallo studio complessivo di indagine sismica eseguita e in particolare dalle prove 24_HVSR/P80 e 25_HVSR/P81, e data la successione stratigrafica rilevata si ritiene verificata la non possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

La zona viene individuata nella maggior parte dell'area di indagine.

- **2018 (zona 18)**: questa zona comprende le aree nelle quali si ha la presenza di una Copertura costituita da litotipi di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente fluvio lacustre (es) e di versante (fd), dello spessore di 3,0-15,0 m, poggiante su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato fratturato/alterato (SFALS), spessore compreso tra 1,0 e 10,0 m, su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS), c.i. basso. Il substrato è riconducibile alla presenza della Formazione di Sillano (SIL).

Dallo studio complessivo di indagine sismica eseguita e data la successione stratigrafica rilevata si ritiene verificata la non possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

La zona è presente in corrispondenza della porzione sud-occidentale dell'area di indagine.

Zone di attenzione per instabilità

Le zone suscettibili di attenzione per instabilità di versante (ZAFR1....n) sono state discriminate considerando l'ordine di rappresentazione indicato al paragrafo 1.1.3-3 degli ICMS e mantenendo le informazioni sulla litostratigrafia delle zone stabili suscettibili di amplificazione locale a cui sono associate.

COMPIOBBI - ELLERA

(vedi tavv. QC.G05a, QC.G06a, QC.G07a e QC.G08a in scala 1:5.000)

Inquadramento geologico e geomorfologico

L'area su cui sorgono gli abitati di Compibbi ed Ellera vede la presenza di un substrato litoide riconducibile all'Unità di Monte Morello (Dominio Ligure), rappresentata dalla Formazione di Sillano (SIL) e dalla Formazione di Monte Morello (MLL). Queste litologie costituiscono i rilievi collinari della zona e il sottosuolo di gran parte dell'abitato di Compibbi. Le formazioni presentano giaciture estremamente variabili.

Principalmente nel settore di fondovalle tra Compiobbi e Ellera su queste litologie si sovrappongono i terreni riconducibili ai depositi alluvionali terrazzati (bna).

In corrispondenza del corso del Fiume Arno si ha la presenza di depositi alluvionali in evoluzione (b).

Le varie formazioni riconosciute sono talora sormontate da depositi eluvio-colluviali (b2a) nei settori di raccordo tra le aree a morfologia semi-pianeggiante e i settori collinari a maggior acclività.

Il quadro geomorfologico è contraddistinto in alcuni areali da fenomenologie gravitative con i relativi coronamenti il cui stato di attività è da attiva a quiescente. Il contesto geomorfologico completato dalla presenza di scarpate di erosione sia attive che non e di orli rimodellati di scarpata o deboli rotture di pendio, orli di scarpate antropiche, terrazzamenti antropici, nonché, in corrispondenza dei corsi d'acqua di fenomeni di erosione lineare o incanalata.

Di detti elementi, nel complesso, si deve tenere conto nella definizione delle MOPS prodromiche alla classificazione di pericolosità sismica del sito.

Indagini geognostiche realizzate e/o pregresse

Per l'area di Compiobbi - Ellera sono stati reperiti tutti i dati geognostici (stratigrafici, geotecnici e geofisici) contenuti nella banca dati dell'Archivio Comunale, implementati con i dati geognostici (in particolare stratigrafici) ricavati dalla banca dati ISPRA.

Per questo settore sono inoltre stata effettuata ulteriori indagini sismiche finalizzate alla definizione dell'analisi e della risposta sismica dei terreni.

In particolare è stata svolta specificatamente una inedita campagna di indagini geofisiche consistente in n. 1 indagine di sismica a rifrazione con onde P e Sh, n. 1 indagine di sismica tipo MASW e n. 6 prove di sismica passiva mediante tecnica a stazione singola sulle vibrazioni ambientali (HVSr).

Modello geologico del sottosuolo

L'area su cui sorge l'abitato di Compiobbi si pone su formazioni appartenenti all'Unità di Monte Morello (Dominio Ligure), rappresentata sia dalla Formazione di Sillano (SIL) che dalla Formazione di Monte Morello (MLL). In particolare la prima si rinviene nella porzione meridionale e occidentale dell'abitato e nei retrostanti rilievi collinari, mentre la porzione settentrionale e occidentale vede la presenza di litologie riferibili alla Formazione di Monte Morello (MLL).

Principalmente nel settore di fondovalle tra Compiobbi e Ellera su queste litologie si sovrappongono i terreni riconducibili ai depositi alluvionali terrazzati (bna). L'abitato di Ellera si colloca in questo tipo di contesto geologico.

In corrispondenza del corso del Fiume Arno si ha la presenza di depositi alluvionali in evoluzione (b).

Le varie formazioni riconosciute sono talora sormontate da depositi eluvio-colluviali (b2a) nei settori di raccordo tra le aree a morfologia semi-pianeggiante e i settori collinari a maggior acclività. Le varie formazioni riconosciute sono talora sormontate da depositi di frana e depositi di versante detritici (aa).

Modello geologico tecnico

Le formazioni geologiche presenti nell'area in esame sono state assimilate, in funzione delle loro caratteristiche geo-lito-sedimentologiche, a delle specifiche unità geologico-tecniche.

In particolare, per quanto riguarda i terreni di copertura recente sono stati attribuiti all'unità geologico-tecnica GMfd (ghiaie limose, miscela di ghiaie, sabbia e limo di ambiente di versante – falda detritica) i corpi detritici di versante (aa), all'unità geologico-tecnica GMes (ghiaie limose, miscela di ghiaie, sabbia e limo di ambiente genetico fluvio lacustre - argine/barre/canali) i depositi alluvionali in evoluzione (b), all'unità geologico-tecnica

SMes (Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente fluvio lacustre - argine/barre/canali) i depositi alluvionali terrazzati (bna), mentre all'unità geologico-tecnica SMec (Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente genetico di versante – eluvi/colluvi) i depositi eluvio-colluviali (b2a).

Per quanto riguarda i terreni riferibili al substrato geologico sono stati attribuiti all'unità geologico-tecnica LPS (Lapideo, stratificato) i termini della Formazione di Monte Morello (MLL), all'unità geologico-tecnica SFALS (Alternanza di litotipi, stratificato fratturato / alterato) i litotipi della Formazione di Sillano (SIL) alterati/fratturati e all'unità geologico-tecnica ALS (Alternanza di litotipi, stratificato) i litotipi della Formazione di Sillano (SIL) integri.

Indicazione della classe di qualità mediante “Procedura semiquantitativa per stabilire la qualità della carta di livello 1 di MS”

Per l'area in esame caratterizzata da rilievo geologico e geomorfologico appositamente eseguito in scala 1:2.000 e presentato in scala 1:5.000, dalla disponibilità delle indagini geognostiche e sismiche di cui al dettaglio precedentemente e da n. 6 misure HVSR di cui n. 3 classificate in A1 e n. 3 classificate in A2 si ricava una valutazione di qualità pari a 69,9 che la colloca in classe di accettabilità B.

Misure di frequenza naturale e indagini di sismica a rifrazione

In corrispondenza dell'area di indagine sono state eseguite n. 6 misure di sismica passiva con metodo HVSR (16_HVSR/P74, 17_HVSR/P75, 18_HVSR/P76, 19_HVSR/P77, 20_HVSR/P78 e 21_HVSR/P79) nell'ambito dello studio in oggetto.

Le registrazioni 18_HVSR/P76, 19_HVSR/P77, 20_HVSR/P78 e 21_HVSR/P79 eseguite laddove si ha la presenza di terreni di copertura eluvio-colluviale e/o alluvionale su un substrato geologico costituito dalla Formazione di Monte Morello (MLL) hanno mostrato nella totalità alti contrasti di frequenza (A0 comprese tra 3,28 e 4,57) con picchi compresi tra 8,72 Hz e 17,19 Hz, quindi a profondità comprese tra 5,0 e 10,0 m dal p.c., correlabili col suddetto passaggio litologico.

La prova 16_HVSR/P74 eseguita in corrispondenza della presenza nel sottosuolo della Formazione di Sillano (SIL) ha mostrato un basso contrasto di impedenza (A0 = 2,4) mentre la prova 17_HVSR/P75 eseguita in corrispondenza della presenza nel sottosuolo della Formazione di Monte Morello (MLL) non ha mostrato la presenza di picchi significativi.

Nel settore di fondovalle tra le prove 18_HVSR/P76 e 20_HVSR/P78 sono state realizzate l'indagine Masw 23_MASW e l'indagine di sismica a rifrazione 22_SR. L'indagine di sismica a rifrazione 22_SR ha mostrato la presenza di un primo sismostrato dello spessore di ca. 1,0 – 3,0 m avente Vs comprese tra 153 e 182 m/s, a cui segue un secondo sismostrato di spessore compreso tra ca. 7,0 e 14,0 m con Vs comprese tra 490 e 506 m/s. A cui segue un terzo e ultimo sismostrato con Vs comprese tra 1233 e 2266 m/s. La prova Masw (23_MASW) ha mostrato la presenza un primo sismostrato dello spessore di ca. 1,5 m avente Vs = 134 m/s, a cui segue un secondo sismostrato di spessore di ca. 3,3 m con Vs = 200 m/s, un terzo sismostrato di spessore di ca. 4,7 m con Vs = 519 m/s e un quarto sismostrato di spessore di ca. 3,9 m con Vs = 591 m/s, a cui seguono velocità di Vs pari a 630 m/s.

Illustrazione della carta delle Microzone Omogenee in prospettiva sismica (MOPS)

Zone stabili

- aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un substrato lapideo stratificato (LPS) con $i < 15^\circ$ e basso c.i.. Il substrato compreso all'interno della zona è riconducibile alla presenza della Formazione di Monte Morello (MLL).

Dallo studio complessivo di indagine sismica eseguita e in particolare dalla prova 17_HVSR/P75, e data la successione stratigrafica rilevata si ritiene verificata la non possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

La zona viene individuata nei rilievi collinari a nord-est dell'abitato di Compiobbi e a nord dell'abitato di Ellera, nonché in un limitato settore presso la porzione meridionale dell'abitato di Compiobbi, lungo il corso del Fiume Arno.

Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica locale

- **2001 (zona 1):** questa zona comprende le aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un Substrato lapideo stratificato (LPS), con $i > 15^\circ$ e basso c.i.. Il substrato compreso all'interno della zona è riconducibile alla presenza della Formazione di Monte Morello (MLL).

Dallo studio complessivo di indagine sismica eseguita e data la successione stratigrafica rilevata si ritiene verificata la non possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Data l'inclinazione dei versanti si possono manifestare fenomeni di amplificazione sismica per possibili effetti topografici.

La zona viene individuata nei rilievi collinari a nord-est dell'abitato di Compiobbi.

- **2003 (zona 3):** questa zona comprende le aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato fratturato /alterato (SFALS), spessore compreso tra 1,0 e 10,0 m, poggiante su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS), con $i < 15^\circ$, c.i. basso. Il substrato è riconducibile alla presenza della Formazione di Sillano (SIL).

Dallo studio complessivo di indagine sismica eseguita e in particolare dalle prove 16_HVSR/P74, e data la successione stratigrafica rilevata si ritiene verificata la non possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

La zona viene individuata nella porzione meridionale e occidentale dell'abitato di Compiobbi e nei retrostanti rilievi collinari.

- **2014 (zona 14):** questa zona comprende le aree nelle quali si ha la presenza di una Copertura costituita da litotipi di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente fluvio lacustre (es) e di versante (ec), dello spessore di 3,0-10,0 m, poggiante su Substrato lapideo, stratificato (LPS), c.i. alto. Il substrato è riconducibile alla presenza della Formazione di Monte Morello (MLL).

Dallo studio complessivo di indagine sismica eseguita e in particolare dalle prove 17_HVSR/P75, 18_HVSR/P76, 19_HVSR/P77 e 20_HVSR/P78, e data la successione stratigrafica rilevata si ritiene verificata la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

La zona è presente in gran parte dei rilievi collinari posti a nord e ad ovest della rea di indagine e in corrispondenza del fondovalle su cui sorge la porzione orientale dell'abitato di Compiobbi e l'abitato di Ellera.

- **2015 (zona 15):** questa zona comprende le aree nelle quali si ha la presenza di una Copertura costituita da litotipi di natura sabbioso limosa (SM) di ambiente fluvio lacustre (es) e di versante (ec), dello spessore di 3,0-10,0 m, poggiante su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato fratturato/alterato (SFALS), spessore compreso tra 1,0 e 10,0 m, su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS), c.i. basso. Il substrato è riconducibile alla presenza della Formazione di Sillano (SIL).

Dallo studio complessivo di indagine sismica eseguita e data la successione stratigrafica rilevata si ritiene verificata la non possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

La zona viene individuata in alcuni piccoli settori presso l'abitato di Compiobbi e lungo il corso del Torrente Sambre.

- **2017 (zona 17)**: questa zona comprende le aree nelle quali si ha la presenza di una Copertura costituita da litotipi di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente fluvio lacustre (es) e di versante (fd), dello spessore di 3,0-15,0 m, poggiante su Substrato lapideo, stratificato (LPS), c.i. basso. Il substrato è riconducibile alla presenza della Formazione di Monte Morello (MLL).

Dallo studio complessivo di indagine sismica eseguita e data la successione stratigrafica rilevata si ritiene verificata la non possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

La zona è presente in corrispondenza del corso del Fiume Arno e del Borro delle Falle.

- **2018 (zona 18)**: questa zona comprende le aree nelle quali si ha la presenza di una Copertura costituita da litotipi di natura ghiaioso limosa (GM) di ambiente fluvio lacustre (es) e di versante (fd), dello spessore di 3,0-15,0 m, poggiante su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato fratturato/alterato (SFALS), spessore compreso tra 1,0 e 10,0 m, su Substrato costituito da alternanza di litotipi, stratificato (ALS), c.i. basso. Il substrato è riconducibile alla presenza della Formazione di Sillano (SIL).

Dallo studio complessivo di indagine sismica eseguita e data la successione stratigrafica rilevata si ritiene verificata la non possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

La zona è presente in corrispondenza del corso del Fiume Arno a sud-est dell'abitato di Compiobbi.

Zone di attenzione per instabilità

Le **zone suscettibili di attenzione per instabilità di versante (ZAFR1....n)** sono state discriminate considerando l'ordine di rappresentazione indicato al paragrafo 1.1.3-3 degli ICMS e mantenendo le informazioni sulla litostratigrafia delle zone stabili suscettibili di amplificazione locale a cui sono associate.

In corrispondenza del limite stratigrafico individuato tra i depositi di copertura (coperture alluvionali, coperture eluvio-colluviali, coltri detritiche e di frana) e il substrato lapideo stratificato (Formazione di Monte Morello - MLL), così come tra questo e il substrato costituito dall'alternanza di litotipi fratturato / alterato (Formazione di Sillano - SIL) sono state delineate le zone potenzialmente interessate da **cedimenti differenziali (ZACD)**. Le zone sono state individuate tracciando un areale ("buffer") di circa 20 m di ampiezza, a partire dal limite stratigrafico. Il buffer rappresenta in questo caso, pertanto, una zona di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse. In questo caso, in accordo con gli indirizzi e criteri, non è stata utilizzata alcuna nomenclatura.

Infine sono state evidenziate le aree dove si ha la **sovrapposizione di zone di attenzione di instabilità differenti (ZAID)**.

12. CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA

Dall'analisi e dalla valutazione integrata di quanto emerge dall'acquisizione delle conoscenze relative agli elementi esistenti di tipo geologico, geomorfologico e delle indagini geofisiche, con riferimento al regolamento regionale n. 53/R del 25 ottobre 2011, si deve tener conto, sulla base del quadro conoscitivo acquisito delle aree ove possono verificarsi effetti locali o di sito.

La valutazione preliminare degli effetti locali o di sito ai fini della riduzione del rischio sismico consente di rappresentare:

1. probabili fenomeni di amplificazione stratigrafica, topografica e per morfologie sepolte;
2. la presenza di faglie e/o strutture tettoniche;
3. i contatti tra litotipi a caratteristiche fisico-meccaniche significativamente differenti;
4. accentuazione della instabilità dei pendii;
5. terreni suscettibili a liquefazione e/o addensamento;
6. terreni soggetti a cedimenti diffusi e differenziali.

Tale valutazione è stata rappresentata nel presente piano strutturale, come in precedenza argomentato, attraverso la realizzazione di uno studio di MS di livello 1 secondo i criteri definiti nelle specifiche tecniche di cui all'o.d.p.c.m. 3907/2010.

Tale studio è stato realizzato in corrispondenza dei centri urbani maggiormente significativi o laddove vi sono previsioni di sviluppo urbanistico che il Comune, di concerto con la struttura regionale competente, ha individuato secondo le specifiche di cui al paragrafo 1.B.1.2 delle istruzioni tecniche del Programma VEL e perimetrato secondo i criteri definiti al par. 3.4.2 degli ICMS.

Lo studio di MS di livello 1 ha la finalità di determinare nella pianificazione attuativa scelte mirate e idonee che tendano ad assicurare la riduzione del rischio sismico.

In generale, la sintesi di tutte le informazioni derivanti dallo studio di MS di livello 1, deve consentire di valutare le condizioni di pericolosità sismica dei centri urbani studiati secondo le seguenti graduazioni di pericolosità sotto elencate in ordine decrescente con i criteri di attribuzione alle stesse così come rappresentate nelle tavole di pericolosità sismica G.11, G.16 e G.21 realizzata in scala 1:5.000:

Pericolosità sismica locale molto elevata (S.4): zone suscettibili di instabilità di versante attiva che pertanto potrebbero subire una accentuazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; terreni suscettibili di liquefazione dinamica in comuni classificati in zona sismica 2.

Pericolosità sismica locale elevata (S.3): zone suscettibili di instabilità di versante quiescente che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; zone 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; aree interessate da deformazioni legate alla presenza di faglie attive e faglie capaci (faglie che potenzialmente possono creare

deformazione in superficie); 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 (S.2): 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).

Pericolosità sismica locale bassa (S.1): 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.

Per ogni singola frazione sono state identificate le classi di pericolosità sismica secondo lo schema riassuntivo di seguito riportato, in funzione delle zone stabili suscettibili di amplificazioni locali e le zone di instabilità presenti nel territorio comunale (MOPS), così come precedentemente definite.

Si precisa che sono state inserite in classe di pericolosità sismica locale media (S.2) quelle zone stabili suscettibili di amplificazioni locali laddove eventuali alti contrasti di impedenza sismica sono stati riscontrati a profondità maggiori di 50,0 m dal piano campagna.

<i>ID ZONA MOPS</i>	<i>CLASSE PERICOLOSITA' SISMICA</i>
<u>Zone stabili</u>	
S.1	
<u>Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali</u>	
Z1	S.2
Z2	S.3
Z3	S.2
Z4	S.3
Z5	S.2
Z6	S.2
Z7	S.2
Z8	S.3
Z9	S.2
Z10	S.2
Z11	S.3
Z12	S.2
Z13	S.2
Z14	S.3
Z15	S.2
Z16	S.3
Z17	S.2
Z18	S.2
Z19	S.3
Z20	S.2
Z21	S.2
<u>Zone di attenzione per le instabilità</u>	
Z _{AFR1}n corpi di frana attiva o movimenti attivi non definiti	S.4
Z _{AFR1}n corpi di frana quiescente	S.3
Z _{AFR1}n corpi di frana inattivi su zona stabile suscettibile di amplificazione locale con classe di pericolosità sismica S.3	S.3
Z _{AFR1}n corpi di frana inattivi su zona stabile suscettibile di amplificazione locale con classe di pericolosità sismica S.2	S.2
Cedimenti differenziali	S.3
Sovrapposizione instabilità	S.3

13. CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DANNI DEGLI EVENTI PASSATI

Come già ampiamente trattato nel precedente capitolo 2, relativo agli eventi sismici di riferimento, il territorio comunale di Fiesole ha registrato nel passato episodi sismici anche di importante intensità; tuttavia non sono stati storicamente registrati particolari danni a opere civili e/o infrastrutture.

Tra questi l'evento sismico maggiormente significativo e ricordato è quello del maggio 1895, allorquando una forte scossa di terremoto colpì quasi tutta la provincia di Firenze, causando danni diffusi, in alcune zone anche gravi.

A Firenze i danni furono molto estesi, ma nel complesso non gravissimi. Numerosi danni interessarono l'edilizia residenziale e privata della città, con lesioni diffuse e cadute di soffitti. Complessivamente circa 100 edifici risultarono inagibili. A Firenze non vi furono vittime e si contarono solo alcuni feriti non gravi.

Danni diffusi interessarono diversi comuni e centri del circondario fiorentino, in un'area piuttosto ampia, estesa dal Valdarno Superiore a Prato e ai centri della Valle del Bisenzio, dal Chianti e la Val di Pesa fino al Mugello, bassa Val di Sieve e all'Empolese.

I danni più gravi furono registrati in diverse località nella zona posta immediatamente a sud di Firenze.

Per quanto riguardò il territorio comunale di Fiesole, lesioni e danni interessarono chiese e ville storiche di tutta la collina fiesolana, da Settignano alla villa-castello di Poggio Gherardo (in cui crollò parzialmente la torre) a San Domenico fino alla Badia Fiesolana, seriamente danneggiata. Fiesole e le ville circostanti invece ebbero solo danni lievi.

Da quanto detto è possibile desumere che le maggiori lesioni e danni sono state registrate laddove si ha la presenza di una coltre di copertura su un substrato litoide, dove possono avvenire fenomeni di contrasto di impedenza sismica.

14. BIBLIOGRAFIA

- Albarello D. (2013) - I dati di rumore ambientale per la MS di Livello I - Consiglio Nazionale delle Ricerche, Roma, 22-23 maggio 2013.
- Albarello D. (2013) - La risposta sismica locale. Seminario ODG – Fermo, 11 Ottobre 2013.
- Albarello D. (2013) - Sismica passiva con tecniche a stazione singola e antenna. Seminario ODG – Fermo, 11 Ottobre 2013.
- Albarello D. (2013) - Misure di rumore ambientale. Corso di microzonazione sismica e valutazione della risposta sismica locale per la ricostruzione post-terremoto.
- Albarello D. & Castellaro S. (2011) – Tecniche sismiche passive: indagini a stazione singola – Supplemento alla rivista trimestrale *Ingegneria Sismica* – Anno XXVIII, n. 2.
- Basili R., Valensise G., Vannoli P., Burrato P., Fracassi U., Mariano S., Tiberti M. M. & Boschi E. (2008) - DISS - Database of Individual Seismogenic Sources.
- Commissione tecnica per la microzonazione sismica (articolo 5, comma 7 dell’OPCM 13 novembre 2010, n. 3907) (2017) - Standard di rappresentazione ed archiviazione informatica. Microzonazione sismica. Versione 4.1. - Roma, ottobre 2017.
- Geotecnico MS (1998) – Indagini geologico-tecniche di supporto. Piano Strutturale, Comune di Fiesole.
- Geotecnico MS (2008) – Relazione geologico-tecnica di fattibilità. Secondo Regolamento Urbanistico, Comune di Fiesole.
- Gruppo di Lavoro MS (2008) - Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica. Conferenza delle Regioni e delle Province autonome - Dipartimento della protezione civile, Roma, 3 vol. e Dvd.
- Gruppo di Lavoro MS-AQ (2010) - Microzonazione sismica per la ricostruzione dell’area aquilana. Regione Abruzzo – Dipartimento della Protezione Civile, L’Aquila, 3 vol. e Cd-rom.
- Meletti C., Valensise G. (2004) - Zonazione sismogenetica ZS9 – App.2 al Rapporto Conclusivo - Gruppo di Lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica (Ordinanza PCM 20.03.03 n. 3274) - Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.
- Presidenza del Consiglio dei Ministri, Dipartimento della protezione civile, Ufficio rischio sismico e vulcanico (2012) - Classificazione sismica al 2012 Recepimento da parte delle Regioni e delle Province autonome dell’Ordinanza PCM 20 marzo 2003, n. 3274.
- Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B. & Gasperini P. (2016) - Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15 Release v1.5 2015 - Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia – <http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15>.
- SESAME European research project WP12 – Deliverable D23.12 - Guidelines for the implementation of the h/v spectral ratio technique on ambient vibrations measurements, processing and interpretation.
- Società Geologica Italiana (1993) – Guide Geologiche Regionali – Vol. 4, Appennino Tosco-Emiliano – BE-MA Editrice.

Firenze lì, 31.01.2019

Prof. Geol. Eros Aiello

Dott. Geol. Gabriele Grandini