



# COMUNE DI PELAGO

## Provincia di Firenze

SUPPORTO GEOLOGICO TECNICO ALLA VARIANTE  
GENERALE PER REITERAZIONE DEI VINCOLI DEL  
REGOLAMENTO URBANISTICO CON VARIANTI  
PUNTUALI AL PIANO STRUTTURALE



ALLEGATO G.0

RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA

*Professionista incaricato:*  
*Dott. Geol. Eros Aiello*

novembre 2013

**GEOECO**  
**PROGETTI**

Via Andrea del Castagno, 8 - 50132 FIRENZE  
Tel. e Fax 055.571393-575954  
C.F. e P.IVA 02287880484



# **SUPPORTO GEOLOGICO – TECNICO ALLA VARIANTE di ASSESTAMENTO al REGOLAMENTO URBANISTICO CON ADEGUAMENTO del PIANO STRUTTURALE**

## **PREMESSA**

L'Amministrazione Comunale di Pelago è dotata dei vigenti strumenti urbanistici elencati nel dettaglio che segue:

- il Piano Strutturale è stato adottato con deliberazione C.C. n. 46 del 13.07.1998 ed approvato definitivamente con deliberazione C.C. n. 14 del 24.03.1999. Lo strumento è corredato da studi geologico tecnici di supporto (Geo Eco, 1997) licenziati con parere favorevole dal competente Ufficio del Genio Civile di Firenze. Tali indagini sono costituite da tutti i tematismi cartografici previsti dalle Del. C.R. n. 94/85 e Del. C.R. n. 230/1994 redatti per l'intera estensione del territorio comunale in scala 1:10.000/5.000.

- il vigente Regolamento Urbanistico, succeduto al primo approvato con deliberazione di C.C. n. 37 del 25.05.2000, è stato adottato con deliberazione di C.C. n. 22 del 27.03.2007 ed approvato definitivamente con deliberazione C.C. n. 67 del 26.11.2007. Tale atto di pianificazione è corredato da studi geologico tecnici di supporto (Geo Eco Progetti, gennaio 2007) licenziati con parere favorevole dal competente Ufficio del Genio Civile di Firenze (prot. AOOGR.T.291262-047-005 del 9.11.2007) i cui elaborati sono stati allestiti in base alle indicazioni tecniche dettate dalle Del. C.R. n. 94/85 e Del. C.R. n. 12/2000.

Al Piano Strutturale non sono mai state apportate varianti; mentre il Regolamento Urbanistico sé stato oggetto di n. 11 Varianti ai sensi del comma 4 dell'art. 17 L.R. 1/05.

Ai sensi dell'art. 55 comma 5 e 6 della L.R. 1/2005, in data 27.12.2012 hanno perduto efficacia le previsioni di aree pubbliche o comunque destinate all'esproprio, per le quali nel quinquennio trascorso non siano stati approvati i progetti esecutivi delle relative opere; parimenti, hanno perduto efficacia le previsioni di Piani attuativi di iniziativa privata per i quali nel quinquennio non siano state firmate le convenzioni o atti d'obbligo per la loro attuazione.

In aggiunta a quanto sopra esposto è da evidenziare che in questi ultimi anni, nel tempo intercorso sia dalle date di approvazione del Piano Strutturale (anno 1999) e del primo Regolamento Urbanistico (anno 2000) che dalla data di approvazione del secondo Regolamento Urbanistico (anno 2007), sono intervenute radicali modifiche legislative regionali e nazionali che obbligano il Comune di Pelago ad adeguare i propri strumenti urbanistici. In particolare la Regione Toscana ha adottato il Piano di Indirizzo Territoriale (PIT) con valenza paesaggistica e la Provincia di Firenze nel Gennaio 2013 ha approvato il Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP). La Regione Toscana ha inoltre emanato il Regolamento Regionale n. 53/R che detta indicazioni di riferimento per in materia di indagini geologiche di supporto agli atti di pianificazione urbanistica.

Oltre a queste inderogabili esigenze, il Comune ha inteso provvedere, con il presente atto di pianificazione, ad aggiornare le previsioni dello strumento di pianificazione e dell'atto di governo del territorio, sulla base delle mutate esigenze e dei propri programmi di intervento garantendo nel contempo la loro continuità gestionale e gettando le basi per intraprendere un percorso che conduca ad una revisione generale del Piano Strutturale per renderlo coerente alle nuove politiche di governo del territorio sempre più orientate alla salvaguardia e alla valorizzazione del patrimonio territoriale inteso come bene comune e quindi garantendo la tutela delle risorse ambientali, paesaggistiche, culturali, sociali ed economiche.

## **METODOLOGIA**

Sulla scorta delle esperienze maturate nella gestione di questi anni l'amministrazione comunale di Pelago ha ritenuto opportuno unitamente alla "Variante di Assestamento del Regolamento Urbanistico", aggiornare il Piano Strutturale unitamente al relativo quadro conoscitivo di riferimento circa gli aspetti relativi ai rischi territoriali in attuazione alle recenti indicazioni in materia dettate dal D.P.G.R. 25 ottobre 2011, Regolamento Regionale 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".

In base alla Legge regionale n°1 del 3 gennaio 2005 "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. 62 della Legge regionale n°1/2005 si evidenzia che lo scopo ultimo delle indagini geologiche e idrologiche-idrauliche è "verificare la pericolosità del territorio sotto il profilo geologico" e anche "sotto il profilo idraulico sulla base dell'alluvionabilità dei terreni" e per la riduzione del rischio idraulico.

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 ha il suo strumento di pianificazione, la Regione approva il Piano di Indirizzo Territoriale (art. 48 della Legge regionale n°1/2005) che opera a grande scala e individuando delle linee guida, mentre la Provincia approva il Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale "P.T.C.P." (art. 51 della Legge regionale n°1/2005) operando già a una scala minore e infine il Comune partecipa alla formazione del Piano Strutturale (art. 48 della suddetta Legge regionale) realizzato 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.

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.

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 piano regolatore generale, 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:

- 1- 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;
- 2 - 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;
- 3- 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;
- 4- 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 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 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.

In relazione a tali normati:

- a) relativamente all’aspetto idraulico, non prevedendo l’Amministrazione Comunale formulazione di istanza di modifica alle perimetrazioni di pericolosità idraulica di PAI, **risulta conformità**;
- b) per quanto concerne gli aspetti inerenti la pericolosità geomorfologica gli elaborati del presente quadro conoscitivo costituiscono le basi per la modifica ed adeguamento delle perimetrazioni delle relative classi di

pericolosità geomorfologica (rispetto agli stralci cartografici editati dalla Autorità di Bacino del Fiume Arno nell'ottobre 2004) ai sensi degli artt. 27 e 32 delle stesse NTA di P.A.I.

Questa breve introduzione ha lo scopo di sottolineare come il presente adeguamento 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 salvaguardie di cui all'art. 36 della Disciplina di Piano del P.I.T. approvato con Del. C.R. 24 luglio 2007, n. 72.

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 riedizione o alla nuova elaborazione degli **elaborati e/o tematismi cartografici con cartografie tematiche in scala 1:10.000 e approfondimenti in scala 1:5.000 e/o 1:2.000** (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:

### **ELABORATI del SUPPORTO GEOLOGICO – TECNICO COSTITUENTI ADEGUAMENTO DEL QUADRO CONOSCITIVO del P.S.**

| <b>N° Tavola</b> | <b>Titolo</b>   | <b>Scala</b>  | <b>Data di emissione</b> |
|------------------|---|---|--------------------------|
| <b>G.0</b>       | <b><i>Relazione geologico-tecnica</i></b>   |   |                          |
| <b>G.01</b>      | Carta geologica   | <b>1:10.000</b>                                     | <b>novembre 2013</b>     |
| <b>G.02</b>      | Carta geomorfologica  | <b>1:10.000</b>                                     | <b>novembre 2013</b>     |
| <b>G.03</b>      | Carta litologico tecnica  | <b>1:10.000</b>                                     | <b>novembre 2013</b>     |
| <b>G.04</b>      | Carta delle pendenze  | <b>1:10.000</b>                                     | <b>novembre 2013</b>     |
| <b>G.05</b>      | <b>Carta della pericolosità geologica</b>   | <b>1:10.000</b>                                     | <b>novembre 2013</b>     |
| <b>G.06</b>      | Carta della vulnerabilità degli acquiferi   | <b>1:10.000</b>                                     | <b>novembre 2013</b>     |
| <b>G.07</b>      | Carta dei vincoli sovracomunali in materia di rischio idraulico (P.T.C.P. Provincia di Firenze)               | <b>1:10.000</b>                                     | <b>novembre 2013</b>     |
| <b>G.08</b>      | Carta dei vincoli sovracomunali in materia di rischio idraulico (Autorità di Bacino del F. Arno)              | <b>1:10.000</b>                                     | <b>novembre 2013</b>     |
| <b>G.09</b>      | Carta dei vincoli sovracomunali derivanti dal piano di assetto idrogeologico (Autorità di Bacino del F. Arno) | <b>1:10.000</b>                                     | <b>novembre 2013</b>     |
| <b>G.10</b>      | <b>Carta della pericolosità idraulica</b>   | <b>1:10.000</b><br><b>1:5.000</b><br><b>1:2.000</b> | <b>novembre 2013</b>     |

|  |  |         |                |
|--|--|---------|----------------|
|  | <b>Borselli - Consuma</b>  |         |                |
| G.11   | Carta delle indagini   | 1:5.000 | novembre 2013  |
| G.12   | Carta geologico tecnica per la microzonazione sismica e sezioni                        | 1:5.000 | novembre 2013  |
| G.13   | Carta delle frequenze  | 1:5.000 | novembre 2013  |
| G.14   | Carta delle MOPS   | 1:5.000 | novembre 2013  |
| G.15   | Carta della pericolosità sismica   | 1:5.000 | novembre 2013  |
| G.16   | Carta della pericolosità geologica   | 1:5.000 | novembre 2013  |
|  | <b>Pelago - Diaceto</b>  |         |                |
| G.17   | Carta delle indagini   | 1:5.000 | novembre 2013  |
| G.18   | Carta geologico tecnica per la microzonazione sismica e sezioni                        | 1:5.000 | novembre 2013  |
| G.19   | Carta delle frequenze  | 1:5.000 | novembre 2013  |
| G.20   | Carta delle MOPS   | 1:5.000 | novembre 2013  |
| G.21   | Carta della pericolosità sismica   | 1:5.000 | novembre 2013  |
| G.22   | Carta della pericolosità geologica   | 1:5.000 | novembre 2013  |
|  | <b>S.Francesco - Palaie</b>  |         |                |
| G.23   | Carta delle indagini   | 1:5.000 | novembre 2013  |
| G.24   | Carta geologico tecnica per la microzonazione sismica e sezioni                        | 1:5.000 | novembre 2013  |
| G.25   | Carta delle frequenze  | 1:5.000 | novembre 2013  |
| G.26   | Carta delle MOPS   | 1:5.000 | novembre 2013  |
| G.27   | Carta della pericolosità sismica   | 1:5.000 | novembre 2013  |
| G.28   | Carta della pericolosità geologica   | 1:5.000 | novembre 2013  |
|  | <b>Carbonile – Massolina – Fontisterni - Paterno</b>                                   |         |                |
| G.29   | Carta delle indagini   | 1:5.000 | novembre 2013  |
| G.30   | Carta delle frequenze  | 1:5.000 | novembre 2013  |
|  |  |         |                |
| G.A  | Allegato G.A – Dati di base – Sondaggi geognostici e pozzi                             |         | novembre 2013  |
| G.B  | Allegato G.B – Dati di base – Analisi geotecniche di laboratorio                       |         | novembre 2013  |
| G.C  | Allegato G.C – Dati di base – Prove penetrometriche                                    |         | novembre 2013  |
| G.D  | Allegato G.D – Dati di base – Indagini sismiche  |         | novembre 2013  |
|  |  |         |                |
| <b>Indagini sismiche in sito propedeutiche alla realizzazione della cartografia MOPS realizzate dalla Ditta Geoecho s.n.c.</b> |  |         |                |
|  | Indagine geofisica di sismica passiva, HVSR e rifrazione per la microzonazione sismica |         | Settembre 2013 |

Gli elaborati costituenti la “**sintesi delle conoscenze**” evidenziati **in nero** sono quelli del “quadro conoscitivo di riferimento” elaborato ed aggiornato rispetto al precedente supporto geologico al Piano Strutturale, (GeoEco Progetti, 1997).

Gli elaborati costituenti le “**analisi ed approfondimenti**” evidenziati **in colore blu** consistono in elaborazioni di tematismi cartografici, realizzati in scala di maggior dettaglio (1:5.000) per le frazioni sopra riportate e prescelte dall’Amministrazione congiuntamente ai funzionari Istruttori del Genio Civile di Firenze e del Servizio Prevenzione Sismica della Regione Toscana (verbale di Conferenza di servizi del 10.10.2013), finalizzati alla acquisizione di conoscenze prodromiche alla realizzazione della carta della pericolosità sismica.

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

- **Carta della pericolosità geologica** di nuovo allestimento, in attuazione del regolamento 53/R in scala 1:10.000 (Elaborato G.05) e in scala 1:5.000 (Elaborati G.16, G.22, G.28). Su tali elaborati 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 dell’ottobre 2004 che sono scaturite dall’istruttoria, eseguita in ottemperanza agli artt. 27 e 32 delle stesse NTA di PAI, nell’ottobre-novembre 2013) codificate negli elaborati grafici di P.A.I. approvato con D.P.C.M. 6.5.2005 e successivi Decreti C.I. di modifica e pertanto soggette alle relative salvaguardie.

- *Carta della pericolosità sismica* in scala 1:5.000 realizzata in attuazione alle indicazioni tecniche dettate dal Regolamento Regionale n. 53/R e dagli ICMS.
- *Carta della pericolosità idraulica* realizzata in scala 1:10.000 per l'intero territorio comunale ed in scala di dettaglio 1:5.000 per la frazione di San Francesco di Pelago ed un limitato settore del Capoluogo in fregio al Torrente Vicano di Pelago, in attuazione alle indicazioni tecniche dettate dal Regolamento Regionale n. 53/R . Per i tratti in fregio al torrente Sieve e al Fiume Arno si è provveduto mediante criteri di modellazione quantitativa in funzione della disponibilità dai dati della Autorità di Bacino del F. Arno e altra locale verifica idraulica (Capoluogo – vedi atto di pianificazione di cui al deposito Gen.Civ. di Firenze n. 2701/2010 e relativo favorevole parere di cui al protocollo n. 314464 del 7.12.2010) e secondo criteri qualitativi per le rimanenti porzioni del territorio comunale.

Infine, occorre sottolineare che la cartografia realizzata nel presente adeguamento del supporto geologico – tecnico al piano strutturale concorre a formare il quadro conoscitivo del territorio in esame e risulta di fondamentale importanza per utilizzare lo stesso secondo il principio dello sviluppo sostenibile.

A questo scopo è importante evidenziare che tutta la cartografia tematica del Piano 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.

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".

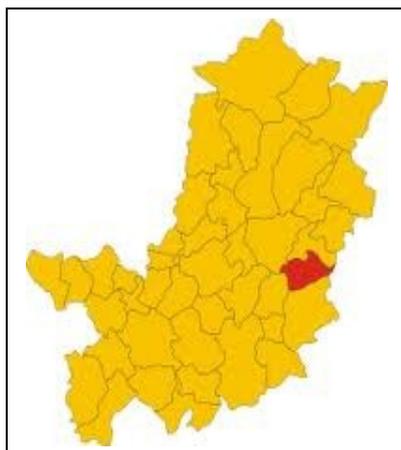
Le note illustrative, relative alle tavole elencate, sono contenute nel presente fascicolo "**Relazione tecnica**".

## **1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO e MORFOLOGICO**

L'area di studio è costituita dall'estensione territoriale del Comune di Pelago (Provincia di Firenze).

Coordinate geografiche 43°46'26''N e 11°30'17''E.

Posto nel settore occidentale della Provincia di Firenze al confine con quella di Arezzo, il territorio comunale ricade nella parte meridionale della Val di Sieve al passaggio con la porzione settentrionale del Valdarno Superiore e si sviluppa su una superficie di 54,78 kmq, lungo un'ampia fascia in direzione E-W, interamente ubicata in destra idraulica del Fiume Arno, delimitata dal suo corso e dalle pendici della catena montuosa del Pratomagno. L'area confina amministrativamente ad ovest con i Comuni di Pontassieve e Rignano sull'Arno (confini segnati rispettivamente dai fiumi Sieve e Arno), a nord con il Comune di Rufina, a ovest coi Comuni di Pratovecchio e Montemignaio, mentre a sud con il Comune di Reggello, in corrispondenza del corso del Torrente Vicano di Sant'Ellero.



*Figura 1 - Ubicazione del Comune di Pelago*

Il territorio comunale di Pelago fa parte dell'unità geografica del bacino del Fiume Arno, compreso tra i fondo valle dello stesso F. Arno e Torrente Sieve (corsi d'acqua che ne delimitano territorialmente il perimetro occidentale) e la catena montuosa del Pratomagno (che ne definisce il limite territoriale orientale).

Le quote variano dai circa 77 m s.l.m. della località Pian di Sieve alla confluenza tra il Fiume Arno e il Fiume Sieve, ai circa 1150 m s.l.m. del Poggio Tesoro posto poco a sud dell'abitato di Consuma.

Il paesaggio presenta una forte variabilità dei caratteri morfologici strettamente legati alla natura dei terreni.

In linea generale si possono distinguere tre grandi unità paesaggistiche, molto diverse tra loro, anche se ciascuna con caratteri omogenei. La prima comprende le aree di pianura alluvionale, mentre le altre corrispondono a due grandi fasce che si sviluppano in direzione circa N-S, parallele al corso dell'Arno e ai monti del Pratomagno.

I fondovalle del Fiume Arno, del Fiume Sieve e dei loro affluenti maggiori, sono caratterizzati da pianure alluvionali relativamente strette, formata in gran parte da terrazzi fluviali. Si tratta di aree antropizzate, in ciò favorite dalla morfologia pianeggiante e dalla presenza dei due corsi d'acqua che, fin dall'antichità, hanno rappresentato le principali direttrici di traffico.

In particolare, nella fascia lungo il Fiume Arno è presente l'aggregato dell'area produttiva della Massolina, mentre nella fascia lungo il Fiume Sieve si sono sviluppati gli urbanizzati di San Francesco di Pelago e di Stentatoio.

Subito a monte delle aree alluvionali si ha una fascia a morfologia prevalentemente collinare, con forme tondeggianti e pendenze contenute, che si estende circa N-S in corrispondenza dei depositi appartenenti principalmente al substrato da calcareo marnoso ad argillitico marnoso, in cui si è sviluppato un reticolo idrografico ramificato, afferente ai fiumi Arno, Sieve e ai loro principali affluenti (Vicano di Pelago e Vicano di Sant'Ellero). In corrispondenza di questi rilievi collinari si ubicano alcuni dei principali centri abitati, tra cui il Capoluogo, Palaie, Diacceto, Carbonile e Paterno. Intorno ai suddetti nuclei urbani rimangono numerose aree destinate ad attività agricole, in particolare colture seminative, vigneti e oliveti. In questo settore le valli sono generalmente larghe e piatte, i versanti convessi o rettilinei, sebbene i corsi d'acqua che vi scorrono abbiano talora generato numerose vallecole dai fianchi ripidi.

Infine la porzione orientale del territorio comunale è costituito da forme morfologiche con pendenze più accentate poste in corrispondenza dei settori di maggior rilievo del settore occidentale della catena montuosa del Pratomagno, caratterizzato da vegetazione a bosco ceduo e da un substrato geologico costituito principalmente da rocce di natura arenacea. In detti settori si trovano collocate le frazioni di Borselli e di Consuma.

## **2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO**

Il territorio comunale di Pelago risulta particolarmente interessante e complicato dal punto di vista geologico. Infatti è caratterizzato dalla presenza di terreni appartenenti a unità diverse che sono stati coinvolti in movimenti di sovrascorrimento legati alla orogenesi appenninica.

Il territorio del Comune di Pelago è collocato ai piedi e nella porzione nord-occidentale (versante valdarnese) della dorsale del Pratomagno che, da un punto di vista strutturale, consiste in una grossa monoclinale con immersione verso NE, con versanti, corrispondenti al versante di testata di strato, maggiormente ripidi e incisi da valli che, pur essendo incassate, sono comparativamente più brevi (Vicano di Pelago e Vicano di Sant'Ellero).

Dal punto di vista geologico il territorio comunale si può dividere, in maniera schematica, in due zone, una occidentale 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 orientale con presenza di terreni appartenenti alle formazioni torbiditiche arenacee del Dominio Toscano (Unità di M. Cervarola).

Per quanto riguarda i depositi alluvionali, questi sono presenti in maniera diffusa lungo i corsi d'acqua principali (Fiume Arno e Fiume Sieve) e dei loro affluenti.

Al fine di collocare correttamente da un punto di vista geologico-strutturale l'area, saranno riportate brevemente alcune informazioni riguardo la storia geologica di questa parte dell'Appennino Settentrionale.

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 (Unità di M. Cervarola - Falterona), 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. Le formazioni paleocenico-oligoceniche del Dominio Subligure sono costituite da formazioni prevalentemente argillitico-calcaree (i.e Argille e Calcari di Canetolo) e da depositi torbiditici arenacei (Arenarie di Monte Senario) con associati depositi calcareo marnosi e arenaceo calcarei (Brecce di Monte Senario).

Per quanto riguarda le formazioni torbiditiche oligo-mioceniche del Dominio Toscano, affiorano le litologie appartenenti alla formazione delle Arenarie del M. Falterona nelle sue varietà di litofacies, da quella arenaceo

torbida con intercalazioni pelitico siltitiche, a quella olistostromica caratterizzata da breccie argillose e calcaree in matrice argillitica.

Nei settori vallivi alle suddette formazioni si sovrappongono i terreni recenti di copertura costituiti dai depositi eluvio-colluviali, dai depositi detritici di versante, dalle alluvioni recenti e dai depositi alluvionali attuali.

In particolare il settore in esame è caratterizzato principalmente dalla presenza di depositi eluvio-colluviali, costituiti da materiale con elementi eterometrici prevalentemente fini in abbondante matrice sabbioso-limosa, derivanti da trasporto per ruscellamento e di depositi detritici di versante e di frana, costituiti da accumuli di materiale litoide eterometrico. Inoltre nei settori vallivi si riscontrano i depositi alluvionali recenti e attuali, costituiti da ciottolami in matrice limoso-sabbiosa con tessitura da clasto a matrice sostenuta, ghiaie, sabbie e limi talora variamente pedogenizzati

In corrispondenza dei settori urbanizzati si ha la presenza di terreni antropici di riporto.

## **2.1 CARTA GEOLOGICA**

La carta geologica (Tavola G.01) è stata redatta, in scala 1:10.000 (se base cartografica C.T.R.) e rappresenta la sintesi delle conoscenze geologiche dell'area. La sua redazione deriva dall'analisi della ricca documentazione cartografica disponibile in letteratura, verificata attraverso specifici sopralluoghi su affioramenti rappresentativi, effettuati anche allo scopo di documentare le scelte e le classificazioni adottate.

I dati geologici e geomorfologici sono stati estrapolati, come indicato nelle specifiche tecniche regionali e nazionali, sia da precedenti studi già eseguiti nel comprensorio comunale di Pelago, che da nuovi originali rilevamenti di dettaglio appositamente eseguiti nel corso del presente studio.

Per quanto riguarda il reperimento bibliografico di studi geologici e geomorfologici pregressi, ci si è riferiti alle seguenti indagini:

- Cartografia C.A.R.G. Regione Toscana (compresi originali d'Autore)
- Continuum Territoriale Geologico della Regione Toscana;
- Carta geologica e geomorfologica di supporto al Piano Strutturale di Pelago (Geo Eco Progetti, 1997);
- Studi geologici e geomorfologici di dettaglio di supporto alla progettazione di opere pubbliche e private;
- Progetto IFFI (ISPRA);
- Banca dati regionale S.I.R.A. e Provincia di Firenze Servizio Acque (Mappa pozzi e derivazioni) e ISPRA per i pozzi idrici.

Tutti i dati reperiti sono stati fra loro confrontati e "validati" mediante mirati percorsi di sopralluogo e rilevamenti originali, anche mirati alla realizzazione delle necessarie interpolazioni e interpretazioni geologiche, specialmente in corrispondenza delle aree coperte da terreno agrario, da boschi e da insediamenti urbani.

I terreni oggetto di studio appartengono 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.

Nel presente lavoro si è adottata una rappresentazione cartografica basata sulle simbologie proposte dal progetto regionale VEL-DOCUP (Valutazione Effetti Locali) in ottemperanza alle indicazioni delle ICMS 2012.

Per quanto riguarda le sigle ed i cromatismi delle unità geologiche, in assenza di riferimenti specifici del suddetto progetto, si è fatto riferimento alle indicazioni del Servizio Geologico – ISPRA, che adotta una classificazione in unità litostratigrafiche per le rocce del substrato litoide ed un criterio genetico per la suddivisione dei depositi quaternari definiti ubiquitari (frane, depositi di versante, coltri detritiche ecc.).

La legenda delle unità geologiche proposta si basa, pertanto, sulle sigle ed i criteri CARG mantenendo i tradizionali riferimenti alla nomenclatura classica, ormai consolidata nella letteratura e nella cultura geologica dell'area in esame.

Appare opportuno precisare che questa carta tematica rappresenta uno strumento indispensabile per l'impostazione di studi sistematici o finalizzati a particolari problemi, come quello rappresentato dalla pianificazione urbanistica.

A corredo delle carte geologico-tecniche (approfondimenti in scala 1:5.000), per ciascun centro urbano di interesse, sono state realizzate alcune sezioni geologiche rappresentative del modello geologico del sottosuolo. Tali sezioni sono state tracciate in modo tale da intersecare gli elementi strutturali e geomorfologici più rappresentativi anche in funzione delle condizioni di rischio sismico, nonché i rapporti stratigrafici più significativi per la valutazione della suscettibilità all'amplificazione sismica. Ciò ha permesso di rappresentare non solo il modello geologico-stratigrafico e strutturale locale, ma anche di mettere in evidenza le principali criticità legate al profilo dei versanti (scarpate con  $h = 10-20$  m o  $h > 20$  m, picchi isolati, zone di cresta, inclinazioni pendii elevate).

## **2.2 DESCRIZIONE DELLE FORMAZIONI**

In dettaglio, nell'area del Comune di Pelago, si ritrova, 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 ANTROPICI**

Sono terreni di origine antropica (h) individuati nelle aree urbane dei centri abitati.

### **DEPOSITI QUATERNARI**

Sono costituiti dalle coltri detritiche riconducibili a:

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

I depositi alluvionali attuali (b) sono i depositi dei letti fluviali attuali, soggetti ad evoluzione, attraverso processi fluviali ordinari, costituiti da sabbie, limi e ghiaie e da depositi prevalentemente limoso sabbiosi nel caso delle piane alluvionali minori.

I depositi alluvionali recenti, terrazzati o non terrazzati (bna) sono riconducibili a depositi di piana alluvionale, costituiti prevalentemente da ciottolati in matrice limoso-sabbiosa, ghiaie, sabbie e limi 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.

Il substrato litoide del territorio comunale è costituito dalle formazioni litoidi riconducibili al Dominio Subligure (Unità di Canetolo), al Dominio Ligure Esterno (Unità di Monte Morello) e al Dominio Toscano (Unità di M. Cervarola – Falterona).

#### **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.

##### **- Brecciole di Monte Senario (BMS) (*Eocene Medio*)**

Si tratta di calcari, calcari marnosi grigi, marne argillose alternate ad arenarie-arenarie calcaree torbiditiche, talvolta grossolane. Verso il tetto della formazione le arenarie aumentano, fino ad un rapporto arenaria/calcare > 3.

##### **- Argille e Calcari di Canetolo (ACC) (*Paleocene Inferiore - Eocene Medio*)**

Argilliti variegata, fissili, argille marnose verdi, bruno-rossastre e grigio scuro o nerastre, in strati da medi a molto spessi, con intercalazioni di ed alternate a strati da sottili a spessi di calcilutiti color avana, di calcareniti fini e finissime grigio scure, di marne calcaree biancastre e grigie, di calcari marnosi scheggiati e fratturati grigi o verdi con spalmature di ossido di manganese e di calcari torbiditici grigio-biancastri.

Nel complesso dei terreni appartenenti alla formazione si ritrovano in eteropia latero verticale depositi appartenenti alla litofacies calcarea (ACCb), di età eocenica medio-superiore delle Argille e Calcari di Canetolo. Si tratta di calcari e calcari marnosi fini, con base calcarenitica, silicei, in strati generalmente di spessore medio, intercalati a calcareniti in strati da medi a molto spessi, con sottili interstrati pelitico-marnosi. Si rinvengono, inoltre, marne e marne calcaree grigio chiaro, biancastre e talora rosate, calcari marnosi rossastri in strati sottili e medi alternati a argilliti variegata.

#### **DOMINIO LIGURE ESTERNO – 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 torbiditica (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 torbiditiche 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 torbiditici 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 torbiditici 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.

All'interno della Formazione di Sillano si rinviene una litofacies calcarea (SILa) costituita da livelli calcilutitici e argillitici color grigio e livelli di brecciole con clasti di calcari micritici, argillitici e di rocce verdi.

- Argille Varicolori (AVR) (*Cretaceo Superiore – Eocene Inferiore*)

Argilliti e argilliti marnose di colore rosso, rosso scuro e verdi, talora alternate a livelli calcarei bianco-grigi con stratificazione da sottile a media.

## **DOMINIO TOSCANO – UNITA' DI M. CERVAROLA-FALTERONA**

- Arenarie del Monte Falterona – Membro di Lonnano (FAL4) (*Miocene Inferiore*)

Siltiti, argilliti e marne prevalenti, A/P < 1/4, con presenza di sottili livelli di arenarie fini il cui spessore non supera mai i 20 cm. Le marne sono generalmente di colore grigio chiare, molto fratturate, mentre le altre peliti sono generalmente più scure. I livelli arenacei sono invece di colore grigio-marrone.

- Arenarie del Monte Falterona – Membro di Montalto (FAL3) (*Oligocene Superiore - Miocene Inferiore*)

Arenarie, marne, argilliti e siltiti con  $1/4 < A/P < 2$ . Stratificazione da molto sottile a molto spessa, talora in banchi. Si alternano pacchi decametrici di strati sottili con peliti prevalenti a banchi o strati molto spessi ravvicinati. Sono presenti, specialmente verso la base, numerosi livelli calcarenitici, in strati da medi a molto spessi. Nella parte alta del membro prevalenti peliti con rari banchi arenacei.

All'interno del Membro di Montalto si rinviene una litofacies siltoso arenacea (FAL3c) costituita da prevalenti livelli siltitico arenacei color grigio in strati da fini a medi, talora grossolani.

- Arenarie del Monte Falterona – Membro di Camaldoli (FAL2) (*Oligocene Superiore*)

Arenarie grigio chiare e grigio verdi in strati dello spessore di 0.5-2 metri e peliti subordinate.  $2 < A/P < 10$ , le arenarie sono sempre molto grossolane e con quasi totale assenza di componenti carbonatici (né clasti, né cemento), si presentano in pacchi di 7-10 strati di arenaria con assenza di pelite, alternati a livelli dello spessore di un paio di metri di siltiti e argilliti scure con poche marne. Sono presenti livelli calcarenitici in strati da medi a spessi.

- Arenarie del Monte Falterona – Litofacies olistostromica (FALa) (*Oligocene Superiore - Miocene Inferiore*)

Arenarie grigio chiare e grigio verdi in strati dello spessore di 0.5-2 metri e peliti subordinate.  $2 < A/P < 10$ , le arenarie sono sempre molto grossolane e con quasi totale assenza di componenti carbonatici (né clasti, né cemento), si presentano in pacchi di 7-10 strati di arenaria con assenza di pelite, alternati a livelli dello spessore di un paio di metri di siltiti e argilliti scure con poche marne. Sono presenti livelli calcarenitici in strati da medi a spessi.

### **3. GEOMORFOLOGIA E RISCHIO PER INSTABILITA' DEI VERSANTI**

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 le 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 Pelago è, come già accennato, caratterizzato dalla presenza di zone mediamente acclivi 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 del substrato geologico.

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 pianificazione territoriale 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.

La carta geomorfologica (Tavola G.02) è stata redatta in scala 1:10.000 in base ad osservazioni stereoscopiche di aerofotogrammi diacronici relativi a differenti voli eseguiti in periodi successivi a partire dal 1982, 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), i dati relativi al “Censimento delle aree in dissesto da frana” allestito da parte della Autorità di Bacino del Fiume Arno.

Le notazioni ricavate dalla fotointerpretazione e dall’analisi critica dei dati bibliografici sono state verificate in campagna ed integrate a mezzo rilevamento geomorfologico

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**

#### **Ruscigliamento 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.

## **4. CARTA LITOLOGICO-TECNICA**

Questa carta tematica (Tavola G.03) è stata realizzata accorpando i terreni che possono manifestare comportamento meccanico omogeneo in "unità litotecniche" distinte. Per cui sono stati 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.

La cartografia litotecnica in scala 1:10.000 è stata realizzata attraverso l'analisi critica dei documenti presenti per l'area di interesse e la comparazione tra dati provenienti da diverse fonti, tra cui i risultati delle indagini geognostiche disponibili sul territorio, in combinazione con la carta geologica a scala 1:10.000.

La suddivisione delle classi litotecniche è stata effettuata secondo i criteri descritti dal progetto regionale VEL-DOCUP in ottemperanza alle indicazioni delle ICMS 2008.

La cartografia allestita per il presente supporto riporta una legenda parzialmente modificata rispetto a quella indicata dal progetto regionale VEL-DOCUP in quanto quest'ultima mostra in certi punti una bassa variazione di tonalità per la descrizione delle molteplici classi litotecniche con conseguente difficoltà per l'utente di lettura ed interpretazione della carta.

Di seguito viene riportata, per semplicità di comprensione, la legenda modificata:

UNITA' LITOLOGICO-TECNICA: A

MATERIALE, LAPIDEO COSTITUITO DA UNICO LITOTIPO NON STRATIFICATO

L'U.L.T. comprende le rocce lapidee massicce.

 A - Rocce non stratificate o con bancate di spessore superiore a 3 mt.

Es: Calcare Massiccio, Basalto, Granito, ecc.

STRUTTURA DELL'AMMASSO



UNITA' LITOLOGICO-TECNICA: B

MATERIALE LAPIDEO STRATIFICATO O COSTITUITO DA ALTERNANZE DI DIVERSI LITOTIPI

L'U.L.T. comprende sia le rocce stratificate (B1, B2), che quelle costituite da alternanze ordinate di livelli lapidei e livelli pelitici (con contrasto di competenza) (B3, B4, B5), nonché quelle costituite da alternanze disordinate (caotiche) (Bc)

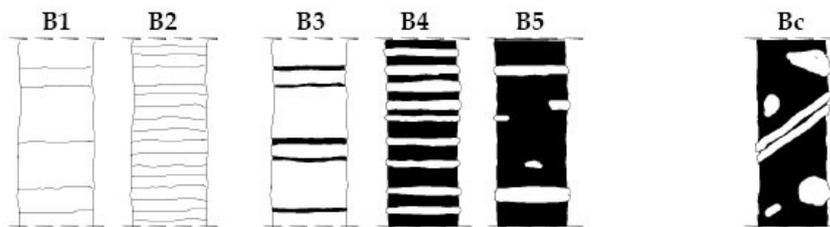
Le rocce pelitiche ricadono nella U.L.T. B5

 B - Rocce stratificate e/o costituite da alternanze di litotipi diversi.

STRUTTURA DELL'AMMASSO

STRUTTURALMENTE ORDINATI

STRUTTURALMENTE DISORDINATI



Nota: B1 può essere paragonato ad A

Distinzione in base ai rapporti %  
 >75%    25% <  <75%    75% >

 (Es. Calcari, Calcari marnosi, Marne, Calcareni, Arenarie, Radiolariti, ecc)

 Siltiti o argilliti

 Giunto di stratificazione

Nota: grossi olistoliti possono rientrare in A e B

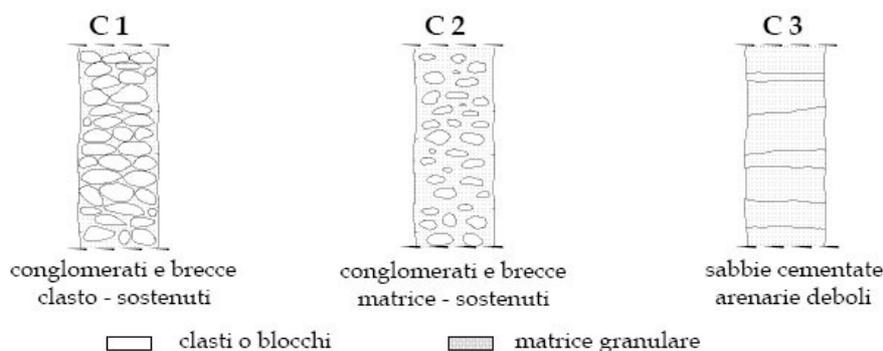
*UNITA' LITOLOGICO-TECNICA: C*  
MATERIALI GRANULARI CEMENTATI

In questa U.L.T. sono comprese rocce e rocce deboli costituite da materiale prevalentemente granulare con grado di cementazione medio basso, che presentano caratteristiche intermedie fra quelle delle rocce e quelle dei terreni in s.s.; Possono rientrare in questa U.L.T. anche le rocce lapidee intensamente degradate ed alterate (es. blocchi di arenaria "Macigno" in matrice sabbiosa residuale poco cementata).

Le breccie ed i conglomerati ad elevato grado di cementazione possono essere considerati rocce lapidee e pertanto ricadono nell'U.L.T. A. Le arenarie molto cementate ricadono nell'U.L.T. A o B. Le sabbie ed il detrito grossolano non cementato ricadono, fra i materiali di copertura, nell'U.L.T. E. Il limite fra l'U.L.T. C e l'U.L.T. E può essere considerato convenzionalmente corrispondente ad un numero di colpi della prova Spt uguale a 50.

 C - Breccie conglomerati e sabbie con medio grado di cementazione

*STRUTTURA DELL'AMMASSO*



*UNITA' LITOLOGICO-TECNICA: D*  
MATERIALI COESIVI CONSISTENTI

In questa U.L.T. sono compresi i terreni coesivi con consistenza elevata. La consistenza può essere stimata mediante prove manuali o mediante misura della resistenza alla penetrazione con penetrometro tascabile e/o scissometro.

Le argilliti e le siltiti ricadono nella U.L.T. B. Le argille e i limi poco consistenti ricadono nell'Unita F. Il limite tra U.L.T. D e U.L.T. F può essere considerato convenzionalmente corrispondente ad un valore di resistenza a compressione uniassiale (non drenata) pari a 250 kPa.

*GRANULOMETRIA DOMINANTE*

 D - Argille e limi

Ove sia possibile è opportuno distinguere le due granulometrie.

 D 1 - Limi

 D 2 - Argille

*UNITA' LITOLOGICO-TECNICA: E*

MATERIALI GRANULARI NON CEMENTATI O POCO CEMENTATI

In questa U.L.T. sono compresi i terreni con stato di addensamento da addensato a sciolto costituite da materiale prevalentemente granulare non cementato o con lieve grado di cementazione.

Per le diverse granulometrie può essere valutato lo stato di addensamento mediante prove manuali.

Le sabbie, le brecce ed i conglomerati con grado di cementazione medio basso ricadono nell'U.L.T. C. Il limite fra l'U.L.T. C e l'U.L.T. E può essere considerato convenzionalmente corrispondente ad un numero di colpi della prova Spt uguale a 50.

*GRANULOMETRIA DOMINANTE*

-  **E 1** - Ciottoli e blocchi  
(elementi lapidei di dimensioni mediamente > 60 mm)
-  **E 2** - Ghiaie  
(elementi lapidei compresi mediamente tra 2 - 60 mm)
-  **E 3** - Sabbie  
(granuli di dimensioni comprese tra 2 mm. e 0,06 mm)

*UNITA' LITOLOGICO-TECNICA: F*

MATERIALI CON CONSISTENZA LIMITATA O NULLA

In questa U.L.T. sono compresi i terreni coesivi a bassa consistenza.

La consistenza può essere stimata mediante prove manuali o mediante la misura della resistenza alla penetrazione con penetrometro e/o scissometro tascabile.

I terreni a consistenza elevata sono classificati nell'U.L.T. D. Il limite tra U.L.T. D e U.L.T. F può essere considerato convenzionalmente corrispondente ad un valore di resistenza a compressione uniassiale (non drenata) pari a 250 kPa.

*GRANULOMETRIA DOMINANTE*

-  **F** - Limi e Argille

Ove sia possibile è opportuno distinguere le due granulometrie.

-  **F 1**- Limi
-  **F 2** - Argille

## Proprietà fisiche

Terre/rocce sciolte (U.L.T. C, D, E, F)

STATO DI ADDENSAMENTO (terreni granulari)

| Suffisso | N(Spt)  | Descrizione             | Prove manuali                                       |
|----------|---------|-------------------------|---|
| a 1      | 30 - 50 | Addensato               | Non è sufficiente la pala per scavarlo              |
| a 2      | 10 - 30 | Moderatamente addensato | Può essere scavato con la pala con molta difficoltà |
| a 3      | 4 - 10  | Poco addensato          | Può essere scavato con la pala con difficoltà       |
| a 4      | < 4     | Sciolto                 | Può essere scavato con la pala                      |

STATO DI CONSISTENZA (terreni coesivi)

| Suffisso | Resistenza penetrometro tascabile | N(Spt)  | Descrizione<br>Prove manuali   |
|----------|-----------------------------------|---------|--|
| s 1      | > 500 kPa                         | > 30    | TERRENO COESIVO ESTREMAMENTE CONSISTENTE<br>Può essere scalfito con difficoltà con l'unghia del pollice                    |
| s 2      | 250 - 500 kPa                     | 15 - 30 | TERRENO COESIVO MOLTO CONSISTENTE<br>Può essere scalfito con l'unghia del pollice.<br>Non può essere modellato con le dita |
| s 3      | 100 - 250 kPa                     | 8 - 15  | TERRENO COESIVO CONSISTENTE<br>Non può essere modellato con le dita  |
| s 4      | 50 - 100 kPa                      | 4 - 8   | TERRENO COESIVO MODERATAMENTE CONSISTENTE<br>Può essere modellato solo con forte pressione delle dita                      |
| s 5      | 25 - 50 kPa                       | 2 - 4   | TERRENO COESIVO POCO CONSISTENTE<br>Può essere facilmente modellato con le dita  |
| s 6      | < 25 kPa                          | < 2     | TERRENO COESIVO PRIVO DI CONSISTENZA<br>Cede acqua se compresso con le dita  |

TESSITURA (terreni granulari e coesivi)

| Suffisso | Descrizione   |
|----------|---|
| t 1      | presenza di frammenti di dimensioni maggiori  |
| t 2      | presenza di frazione sabbiosa   |
| t 3      | presenza di frazione interstiziale coesiva, ma non sufficiente ad alterare il carattere granulare globale del terreno |
| t 4      | presenza di materiale torboso   |

Ad integrazione della descrizione geologica relativa a ciascuna formazione, individuata e distinta nelle zone di studio, è stata quindi 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 B3**: alternanze ordinate di livelli lapidei e pelitici, con materiale lapideo > 75%. Sono riconducibili a tale unità le formazioni geologiche delle Arenarie del Monte Falterona – Membro di Camaldoli (FAL2) e 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 Argille e Calcari di Canetolo in Ifacies torbido calcareo marnosa (ACCb), delle Arenarie di Monte Senario (SEN), delle Brecciole di Monte Senario (BMS), della Formazione di Monte Morello (MLL), della Formazione di Sillano in litofacies calcaree (SILa), delle Arenarie del Monte Falterona – Membro di Montalto nelle sue due litofacies (arenaceo-pelitica FAL3 e siltoso arenacea FAL3c).
- **Unità litologico-tecnica B5:** alternanze ordinate di livelli lapidei e pelitici, con materiale lapideo < 75%. Ne fanno parte le unità geologiche delle Argille e Calcari di Canetolo (ACC), della Formazione di Sillano (SIL), delle Argille Varicolori (AVR) e delle Arenarie del Monte Falterona – Membro di Lonnano (FAL4).
- **Unità litologico-tecnica Bc:** alternanze disordinate di livelli lapidei e pelitici. Ne fa parte la litofacies olistostromica delle Arenarie del Monte Falterona (FALa).

#### **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 breccie 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, 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).
- **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) presenti su rocce di natura prevalentemente arenacea e i depositi alluvionali recenti terrazzati e non (bna).

#### **Unità litologico tecnica F**

In questa U.L.T. sono compresi i terreni coesivi a bassa consistenza.

La consistenza può essere stimata mediante prove manuali o mediante la misura della resistenza alla penetrazione con penetrometro e/o scissiometro tascabile.

I terreni a consistenza elevata sono classificati nell'U.L.T. D. Il limite tra U.L.T. D e U.L.T. F può essere considerato convenzionalmente corrispondente ad un valore di resistenza a compressione uniassiale (non drenata) pari a 250 kPa.

- **Unità litologico-tecnica F:** limi e argille. Si tratta di materiali granulari eterogenei ed eterometrici. Ne fanno parte i depositi eluvio-colluviali (b2a) presenti su rocce di natura prevalentemente pelitica.

I depositi antropici, data la loro eterogeneità granulometrica non sono stati attribuiti a una specifica Unità Litologico Tecnica ma vengono evidenziati nella cartografia con una specifica simbologia e sigla (h).

#### 4.1 PARAMETRI GEOTECNICI DEI TERRENI

Dall'archivio Geo Eco Progetti e dai dati reperiti presso l'Amministrazione Comunale si riportano di seguito, a titolo indicativo, i parametri fisico-meccanici delle terre relative alle formazioni interessanti il territorio comunale, ricordando che per una caratterizzazione attendibile sono indispensabili indagini geognostiche di dettaglio ed analisi specifiche (D.M. 11.3.1988).

##### **Alluvioni recenti (b, bna).**

Le caratteristiche di tali terre risultano:

|                              |  |
|------------------------------|--|
| peso di volume               | $\gamma = 19 \text{ kN/mc}$ ,          |
| resistenza al taglio drenata | $c' = 5 \text{ kPa}; \phi' = 35^\circ$ |

I carichi ammissibili si aggirano intorno a 100 kPa per le argille, mentre per i livelli di ciottoli e le sabbie addensate sono più elevati.

Alcuni livelli argillosi (CH) mostrano indice di compressibilità maggiore di 0.30 con conseguenti elevati cedimenti per carichi maggiori/uguali a 80 kPa. Nell'ambito dei primi metri dal piano campagna i livelli argillosi mostrano tendenza al rigonfiamento.

Il campionamento di tali livelli e le prove edometriche, sui relativi campioni, si ritengono pertanto necessari.

Per fondazioni superficiali sarà anche opportuno procedere a prove di rigonfiamento del tipo Huder-Amberg.

##### **Coperture eluvio-colluviali (b2a)**

Si tratta di coperture derivanti generalmente dall'alterazione e il trasporto di litologie derivanti dal substrato litoide.

Nel caso di terreni derivanti da un substrato geologico prevalentemente argillitico, si tratterà generalmente da argille con limo debolmente sabbiose con pezzame lapideo disperso le cui caratteristiche geotecniche medie sono le seguenti:

|                                  |  |
|----------------------------------|--|
| peso di volume                   | $\gamma = 20,0 \text{ kN/mc}$          |
| resistenza al taglio non drenata | $c_u = 256 \text{ kPa}$                |
| resistenza al taglio drenata     | $\phi' = 35^\circ; c' = 4 \text{ kPa}$ |
| modulo edometrico                | $E_{ed} = 6,0 - 7,8 \text{ MPa}$       |

Nel caso di terreni derivanti da un substrato geologico prevalentemente arenaceo, si tratterà generalmente da sabbie limose e limi sabbiosi debolmente argillose con pezzame lapideo disperso le cui caratteristiche geotecniche medie sono le seguenti:

|                                  |  |
|----------------------------------|--|
| peso di volume                   | $\gamma = 19,95 \text{ kN/mc}$         |
| resistenza al taglio non drenata | $c_{uk} = 62 \text{ kPa}$              |
| resistenza al taglio drenata     | $\phi' = 32^\circ; c' = 6 \text{ kPa}$ |

##### **Formazioni flyschiodi arenaceo-siltitiche (FAL, SEN, PTF).**

Per queste formazioni vanno valutati preventivamente:

- spessore della coltre detritica generalmente instabile o metastabile;

- grado di fratturazione, numero ed orientamento delle famiglie di discontinuità rispetto alla stratificazione;
- assetto strutturale;
- rapporto arenarie/pelite alla microscala della zona di insediamento.

Generalmente queste formazioni non presentano problemi rilevanti e se l'assetto strutturale è favorevole rispetto alla superficie topografica si potranno distribuire carichi rilevanti, adoperando fondazioni superficiali, senza che si verifichino cedimenti significativi ( $q_{es} = 150 \text{ kPa}$ ) che potrebbero interessare interstrati argillosi ed arenarie intensamente fratturate ed alterate.

I valori medi dei parametri fisico-meccanici del litotipo arenaceo intatto sono i seguenti:

|   |                             |
|---|-----------------------------|
| peso di volume                                | $\gamma = 22 \text{ kN/mc}$ |
| coesione del litotipo intatto                 | $c = 16000 \text{ kPa}$     |
| angolo di attrito interno (sec. Mohr-Coulomb) | $\phi = 40^\circ$           |
| carico di rottura monoassiale del litotipo    | $q_r = 70000 \text{ kPa}$   |

#### **Terreni caoticizzati in facies prevalentemente argillitica (FALa).**

Trattasi di argille sovracconsolidate, contenenti trovanti lapidei, a luoghi alquanto plastiche, molto alterate.

L'indice di compressibilità  $C_c$  è compreso per incrementi di carico 1-10 Kg/cm<sup>2</sup> tra 0.11 e 0.22, con compressibilità e relativi cedimenti da contenuti a medi (max. 4 cm per fondazioni nastriformi superficiali caricate a 100 KPa). In alcuni casi il modulo edometrico  $M$  è risultato compreso fra 4000 e 5000 kN/mq nell'intervallo di carico 50-150 kPa.

Più che i cedimenti ed i cedimenti differenziali, questi ultimi piuttosto diffusi per la presenza di trovanti lapidei di notevoli dimensioni nell'eccipiente argilloso, preoccupa in questi terreni la stabilità d'insieme delle relative pendici sovente interessate da fenomeni di creep e colamento e molto frequentemente imbevute e comunque in condizioni di saturazione.

#### **Formazioni argillitiche emarnose da debolmente alterate ad integre (SIL, AVR, ACC e FAL4)**

Per terreni prevalentemente argillitici debolmente alterati i parametri medi sono i seguenti:

|                              |  |
|------------------------------|--|
| peso di volume               | $\gamma = 22 \text{ kN/mc}$            |
| resistenza al taglio drenata | $\phi' = 22^\circ, c' = 2 \text{ kPa}$ |

Per terreni di natura argillitica in condizioni medie si hanno i seguenti parametri caratteristici :

|                                  |   |
|----------------------------------|---|
| peso di volume                   | $\gamma = 21 \text{ kN/mc}$             |
| resistenza al taglio drenata     | $\phi' = 26^\circ, c' = 6 \text{ t/mq}$ |
| resistenza al taglio non drenata | $c_u = 300-400 \text{ kPa}$             |

Le facies marnose sono generalmente a grana fine intensamente alterate, dalle basse caratteristiche di resistenza, poco tenaci, scarsamente rigide ed elastiche ( $E=47,5 \text{ GPa} / 55,8 \text{ GPa} = 0.13$ ; valori di  $E$  calcolati nell'intervallo  $r = 4000 \text{ kPa} / 2 \text{ rf}$ ), fittamente laminate ed intensamente fratturate con riempimenti a matrice argillosa, spesso calcitici o a breccia minuta in matrice argillosa e presenza sporadica di ricementazioni lungo i giunti (valori di RQD bassi).

Prove di compressione monoassiale hanno dato valori relativamente bassi (17 GPa / 20 GPa).

Il peso di volume rappresentativo di tale litotipo è il seguente:  $\gamma = 25 \text{ kN/mc}$

### **Formazioni torbiditytiche calcareo marnose (MLL, BMS, ACCb, SILa)**

Anche in questo caso vanno preliminarmente valutate:

- spessore della coltre detritica generalmente instabile o metastabile;
- grado di fratturazione, numero ed orientamento delle famiglie di discontinuità rispetto alla stratificazione;
- assetto strutturale.

Per terreni prevalentemente calcarei marnosi debolmente alterati i parametri medi sono i seguenti:

|                              |  |
|------------------------------|--|
| peso di volume               | $\gamma = 24 \text{ kN/mc}$            |
| resistenza al taglio drenata | $\phi' = 35^\circ, c' = 8 \text{ kPa}$ |

Per terreni prevalentemente marnosi debolmente alterati i parametri medi sono i seguenti:

|                              |   |
|------------------------------|---|
| peso di volume               | $\gamma = 21 \text{ kN/mc}$             |
| resistenza al taglio drenata | $\phi' = 28^\circ, c' = 10 \text{ kPa}$ |

## **5. CARTA DELLE PENDENZE**

La carta delle pendenze a scala 1:10.000 (Tavola G.04) è stata realizzata tramite analisi del Modello Digitale dell'Elevazione (DEM) a 2 metri di risoluzione. Il DEM di dettaglio è stato ottenuto dalla topografia CTR a scala 1:10.000 in ambiente GIS tramite la funzione Natural Neighborhood previa trasformazione in dati puntuali di tutti gli elementi dotati di informazioni altimetriche.

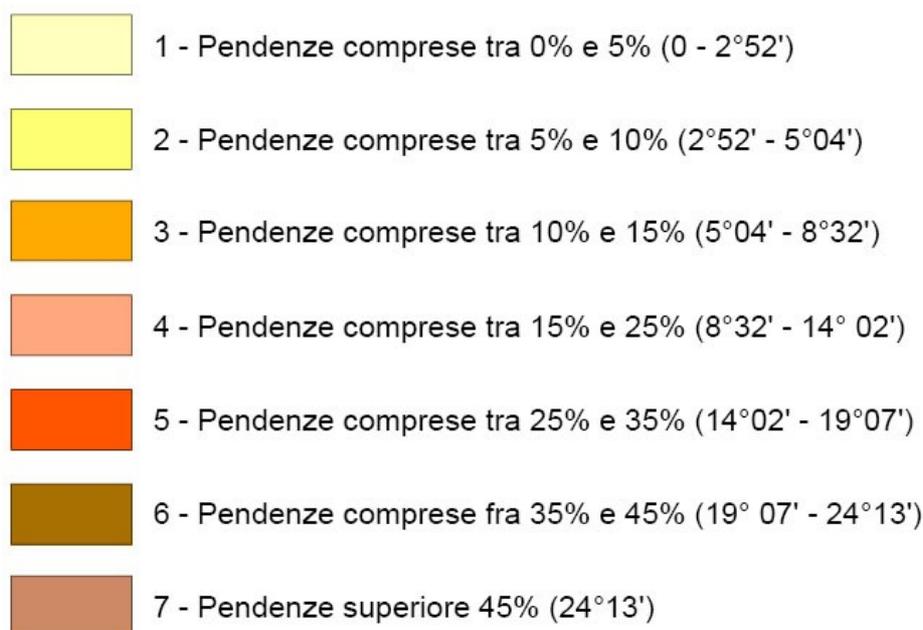
La realizzazione della carta altimetrica da dati in formato vector a dato in formato raster con valori di tipo float è stata seguita poi dalla trasformazione ponderata in dato raster di tipo integer.

La scelta delle classi non è ovviamente casuale ma deriva dal riconoscimento sperimentale di alcuni valori limite in funzione di specifiche finalità operative.

In particolare si definiscono le seguenti soglie:

- fino al 15 % 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 15 % al 25 % 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; la soglia del 25 % rappresenta inoltre il limite delle coltivazioni intensive di tipo meccanizzato con trattrici a ruote in agricoltura;
- dal 25 % al 35 % rappresenta l'estremo limite per l'impiego di mezzi meccanici in agricoltura (trattrici a cingoli); possono inoltre 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.

La carta mostra la variazione di pendenza in gradienti suddivisa in classi di 5°.



*Figura 2 - Legenda Carta delle pendenze*

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.

## **6. CARTA DELLA PERICOLOSITÀ GEOLOGICA**

La carta della pericolosità geologica (Tavole G.05, G.16, G.22 e G.28) rappresenta la sintesi degli elaborati a tematica geologica, geomorfologica, clivometria e litologico-geotecnica 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 geologica attribuito ad ogni porzione territoriale deriva dalla interazione di numerosi fattori ambientali. Tali fattori, che dipendono essenzialmente dai caratteri geologici, geomorfologici, geotecnici, geomeccanici e clivometrici del territorio, possono causare sia un diretto dissesto del suolo, che una potenziale minaccia ad intere aree.

Di conseguenza nella carta della pericolosità geologica 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 geologica 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 (“i” di carta geomorfologica);
- 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.

**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 soilcreep (“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 15% (oppure 10°);

- terreni sabbiosi, sabbioso - ghiaiosi, terreni detritici a prevalente matrice sabbiosa indicativamente con pendenze superiori al 25% (oppure 15°);
- terreni litoidi molto fratturati o di scarsa qualità, terreni ghiaiosi addensati: indicativamente con pendenze superiori al 35-40% (oppure 20°);
- terreni litoidi non/poco fratturati e di buona qualità: indicativamente con pendenze superiori al 45-50% (oppure 25°-30°);
- 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". 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 giaciture 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 non attive (frane naturalmente e artificialmente stabilizzate);
- aree con erosione superficiale;
- terreni argillosi, argillitici alterati, limosi, detritici a prevalente matrice argillosa, e terreni a struttura caotica: indicativamente con pendenze inferiori al 15% (oppure 10°);
- terreni sabbiosi, sabbioso - ghiaiosi, terreni detritici a prevalente matrice sabbioso indicativamente con pendenze inferiori al 25% (oppure 15°);
- terreni litoidi molto fratturati o di scarsa qualità, terreni ghiaiosi addensati: indicativamente con pendenze inferiori al 35-40% (oppure 20°);
- terreni litoidi non/poco fratturati e di buona qualità: indicativamente con pendenze inferiori al 45-50% (oppure 25°-30°).

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 giaciture 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 5% (oppure circa 3°);
- terreni sabbiosi, sabbioso - ghiaiosi, terreni detritici a prevalente matrice sabbioso indicativamente con pendenze inferiori al 10% (oppure circa 6°);
- terreni litoidi molto fratturati o di scarsa qualità, terreni ghiaiosi addensati: indicativamente con pendenze inferiori al 10% (oppure circa 6°);
- terreni litoidi non/poco fratturati e di buona qualità: indicativamente con pendenze inferiori al 10% (oppure circa 6°).

## **6.1 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:

1. inquadramento del problema dell'*assetto idrogeologico*, articolato in una parte di carattere giuridico ed una di ordine tecnico;
2. 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;
3. 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;
4. produzione degli atlanti cartografici;
5. definizione delle linee di pianificazione delle azioni di assetto idraulico e geomorfologico, individuazione dei fabbisogni e relativa programmazione degli interventi;
6. 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:

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

Sugli elaborati “carta della pericolosità geologica” (Elab. G.5, G.16, G.22, G.28) le perimetrazioni P.F.4 e P.F.3 non fanno riferimento a quanto riportato sugli stralci cartografici (scala 1:10.00) emessi dalla Autorità di Bacino del Fiume Arno nell’ottobre 2004 e approvati con D.P.C.M. del 6 maggio 2005.

Sono invece state riportate perimetrazioni conformi a quelle modificate (ottobre - novembre 2013), ai sensi degli artt. 27 e 32 delle NTA del P.A.I. stesso, durante il corso dell’istruttoria cui gli stessi elaborati geomorfologico e di pericolosità geologico/geomorfologica sono stati assoggettati in corso d’opera secondo le indicazioni riportate nel verbale di conferenza dei servizi del 18.10.2013 indetta dalla Amministrazione Comunale di Pelago con gli Enti Sovraccomunali (Genio Civile di Firenze e Autorità di Bacino del Fiume Arno) per la armonizzazione dei criteri per la definizione del quadro conoscitivo in materia di supporto geologico agli atti di pianificazione.

## **7. ASPETTI IDROGEOLOGICI**

La Carta Idrogeologica e della Vulnerabilità degli Acquiferi a scala 1:10.000 del Comune di Pelago (Tavola G.06) è stata allestita con particolare riferimento alle aree potenzialmente interessate da previsioni insediative 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 (Elab. G.6) sette classi 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 (alluvioni recenti e attuali) senza o con scarsa protezione.

- **VULNERABILITÀ ALTA “A”**, a sua volta suddivisa in due sottoclassi:

“**Aa**” falde libere presenti in materiali detritici sia di rilevante estensione areale, che di modesta continuità areale (corpi detritici e accumuli di frana)

“**Ab**” falde presenti in materiali con granulometria da sabbie prevalenti ad argilla, di modesta importanza con protezione di materiali fini (depositi eluvio-colluviali).

- **VULNERABILITÀ MEDIA “M”** suddivisa in due sottoclassi:

“**Ma**” arenarie e siltiti quarzose con livelli argillitici intercalati che danno origine a più falde (arenarie della formazione delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Camaldoli e della Pietraforte).

“**Mb**”: calcari marnosi e marne interessati da modesta circolazione idrica nella rete delle fratture (Formazione di Monte Morello, Argille e Calcari di Canetolo in litofacies calcareo marnosa, Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto, Arenarie di Monte Senario, Brecciole di Monte Senario).

- **VULNERABILITÀ BASSA “B”** è stata suddivisa in due sottoclassi:

“**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. Rientrano in questa classe le facies a granulometria fine della formazione delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Lonnano, le Argille e Calcari di Canetolo, la Formazione di Sillano e le Argille Varicolori.

“**Bb**”: sedimenti a grana fine in pratica privi di circolazione idrica sotterranea (Olistostromi delle Arenarie del M. Falterona).

La Legenda della Carta Idrogeologica e della Vulnerabilità degli Acquiferi relativamente alle classi di vulnerabilità è riportata in Figura 3.

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| <b>VULNERABILITA' ELEVATA</b> |   |
| <b>E</b>                      | Acquifero libero in materiali alluvionali a granulometria da grossolana a media (alluvioni recenti), senza o con scarsa protezione.   |
| <b>VULNERABILITA' ALTA</b>    |   |
| <b>Aa</b>                     | Falde libere in materiali a granulometria eterogenea con scarsa protezione.   |
| <b>Ab</b>                     | Falde libere presenti in materiali detritici di modesta continuità areale.  |
| <b>VULNERABILITA' MEDIA</b>   |   |
| <b>Ma</b>                     | Sabbie e ciottolami con interposti livelli limosi, generalmente con copertura poco permeabile; arenarie fratturate con rete idrica di solito a media profondità; calcari marnosi e marne interessati da modesta circolazione idrica nella rete delle fratture; arenarie e siltiti quarzose con livelli argillosi intercalati che danno origine a più falde. |
| <b>Mb</b>                     | Calcari interessati da modesta circolazione idrica nella rete delle fratture e falde presenti in materiali con granulometria da sabbie prevalenti ad argilla, di modesta importanza con protezione di materiali fini.   |
| <b>VULNERABILITA' BASSA</b>   |   |
| <b>Ba</b>                     | Acquiferi di limitata produttività (acquitardi) presenti in complessi arenacei e calcarei con frequenti strati marnosi o argillitici, con modesta circolazione idrica.  |
| <b>Bb</b>                     | Sedimenti a grana fine praticamente privi di circolazione idrica sotterranea; complessi marnosi e argillitici, praticamente privi di circolazione idrica.   |

*Figura 3 - Legenda utilizzata nella Carta Idrogeologica e della Vulnerabilità degli Acquiferi*

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, più rare invece risulta la sottoclasse Bb. 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 più elevata (E), limitate ai materassi alluvionali presenti nei fondovalle del Fiume Arno e del Fiume Sieve.

## **7.1 TUTELA DELLA RISORSA ACQUA**

Il Sistema Acquedottistico comunale è gestito da Publiacqua S.p.a.. L'approvvigionamento idrico è garantito mediante pozzi, sorgenti e punti di captazione in alveo la cui ubicazione è riportata in elaborato G.06 e la cui distribuzione, in sintesi, è sotto dettagliata:

- sistema integrato costituito da n. 2 punti di captazione in alveo del T. Sieve e da un pozzo in località San Francesco di Pelago;
- campo pozzi costituito da n. 4 pozzi a nord dell'urbanizzato di Diaceto; sistema complementato da un altro pozzo ubicato a sud di Villa Maccarelli;
- gruppo di n. 2 sorgenti sul versante in sinistra idraulica del T. Vicano di Pelago a nord est del Capoluogo;
- gruppo di n. 2 sorgenti in località Ristonchi;
- n. 2 pozzi ed una sorgente in località Masseto in adiacenza al Torrente Vicano di S. Ellero;

- n. 1 sorgente in località Raggioli;
- n. 1 punto di captazione in alveo sul T. Vicano di S. Ellero/ Borro Lagacciolo a nord est di Raggioli;
- ulteriori n. 2 sorgenti a sud est di Ferrano;
- n. 1 pozzo in località Consuma.

Il servizio pubblico non è, però, esteso a tutto il territorio comunale, in quanto lo stesso tessuto urbanistico, caratterizzato da molteplici poderi isolati, predispone per uno sfruttamento privato delle risorse idriche. Questo fattore, unito ad una tradizione contadina di autosufficienza ancora radicata in alcune zone, determina un rilevante sfruttamento privato delle risorse idriche sotterranee tramite pozzi più o meno profondi e sorgenti.

L'analisi e la distribuzione areale del numero di pozzi complessivamente presente sul territorio, conferma quanto già affermato anche a livello regionale nei diversi rapporti sullo stato dell'ambiente della Toscana elaborati negli ultimi anni, secondo cui le analisi eseguite sulle diverse tipologie di utenze evidenziano come il forte sfruttamento della risorsa idrica sul territorio sia anche da imputarsi ai soggetti che utilizzano fonti di approvvigionamento indipendenti dai sistemi di rete.

I pozzi ad uso privato sono molteplici e largamente distribuiti. Alcuni di essi sono situati anche all'interno di gruppi abitativi serviti dal sistema acquedottistico comunale.

Per verificare l'esistenza di possibili fonti di inquinamento situate nel territorio comunale, si è presa visione dell'elenco delle industrie a rischio, redatto dalla Provincia di Firenze (SIRA), non rilevando nella zona indagata alcun centro a rischio.

Infatti la tutela della qualità delle acque sotterranee rappresenta un elemento sostanziale per garantire una riserva duratura nel tempo e significativa sia da un punto di vista qualitativo che quantitativo. Il mantenimento di una riserva di acque sotterranee permette di evitare un sovrasfruttamento delle risorse idriche superficiali e, soprattutto, consente di affrontare situazioni critiche, tenendo conto dell'elevata vulnerabilità delle risorse idriche superficiali nei periodi siccitosi.

La tutela della risorsa idrica sotterranea deve pertanto risultare obiettivo primario in sede di pianificazione del territorio mediante attività di previsione del rischio di inquinamento e di prevenzione – mitigazione dei suoi effetti.

In particolare, si ritiene che la risorsa idrica destinata al consumo umano, erogata a terzi mediante opere acquedottistiche e che rivestano carattere di pubblico servizio e/o utilità, debba essere oggetto di tutela mediante apposita normativa ispirata almeno ai criteri dei vigenti disposti normativi nazionali in materia di tutela delle acque (ex D.L. n. 152/1999 e successive modifiche ed integrazioni) sotto dettagliati:

- a) nelle aree a **“vulnerabilità elevata” (E)** si dovrà, in linea di massima, escludere l'insediamento di infrastrutture e/o attività potenzialmente inquinanti: discariche di R.S.U.; stoccaggio di sostanze inquinanti; depuratori; depositi di carburanti; pozzi neri a dispersione; spandimenti di liquami, etc. Le fognature dovranno essere alloggiare in manufatti impermeabili. L'uso di fertilizzanti, pesticidi e diserbanti ed anche l'autorizzazione al pascolamento intensivo e all'allevamento dovrebbero costituire oggetto di specifica regolamentazione e controllo avendo cura che per i primi, i quantitativi usati siano solo quelli strettamente necessari, e che per i secondi, la pratica e la permanenza non siano eccessive. Per quanto concerne le destinazioni esistenti, controlli periodici dell'acqua di falda consentiranno di verificare la compatibilità dell'uso attuale dei presidi sanitari con la qualità d'acqua del sottosuolo.

Deroghe a queste linee di indirizzo potranno essere realizzate nel caso che:

- si dimostri la necessità, in rapporto a esigenze di interesse pubblico, di localizzare comunque la previsione all'interno della zona *E*;

- vengano eseguite specifiche indagini geonostiche ed idrogeologiche che accertino situazioni locali di minore vulnerabilità intrinseca delle falde; a tal fine dovranno essere misurate le permeabilità dei livelli posti al di sopra dell'acquifero, calcolando sperimentalmente il "tempo di arrivo" di un generico inquinante idroveicolato.

- b) per le zone a "**vulnerabilità alta**" (*A*) si precisa che per le aree costituite da depositi alluvionali terrazzati e detriti di falda si dovrà propendere per le stesse prescrizioni fatte per la classe *E*. Il minor grado di vulnerabilità è in relazione alla limitata importanza delle falde idriche in esse contenute e quindi al minor danno di un eventuale inquinamento; inoltre queste falde non sono in genere alimentate da acque fluviali per cui non sono esposte al trasferimento di eventuali inquinanti.

- c) nelle zone definite a "**vulnerabilità media**" (*M*) le infrastrutture e le opere potenzialmente inquinanti potranno essere autorizzate di norma solo in seguito a specifiche indagini idrogeologiche finalizzate alla valutazione della locale situazione e del rischio di inquinamento.

- d) ai fini della tutela delle acque destinate a consumo umano la "**zona di tutela assoluta**" dei punti di captazione di risorsa idrica del sistema acquedottistico per il pubblico servizio, così come è definito all'art. 21, comma 4 del D.L. n. 258/2000, dovrà essere costituita dall'area immediatamente circostante le captazioni o derivazioni; essa deve avere una estensione in caso di captazione di acque sotterranee di almeno 10 metri di raggio dal punto di captazione, deve essere adeguatamente protetta e adibita esclusivamente ad opere di captazione o presa e/o ad infrastrutture di servizio. Tale zona deve essere recintata, provvista di canalizzazione per le acque meteoriche e protetta dalla possibilità di esondazione di corpi idrici limitrofi. Per le captazioni preesistenti e quelle nei centri abitati l'estensione della zona di tutela assoluta può essere ridotta, previa opportuna valutazione da parte degli organi competenti e con l'adozione di particolari accorgimenti a tutela della captazione stessa.

- e) ai fini della tutela delle acque destinate a consumo umano viene indicata una "**zona di rispetto**" (che include la zona di tutela assoluta) di raggio non inferiore a 200 m da opere di captazione di acque destinate al consumo umano, erogate a terzi mediante impianto di acquedotto che riveste carattere di pubblico interesse (punti di captazione e reperimento della risorsa idrica in gestione a Publiacqua S.p.a.), così come è definito all'art. 21, comma 5 del D.L. n. 258/2000, dove si dovrà propendere per il divieto degli insediamenti dei seguenti centri di pericolo e lo svolgimento delle seguenti attività:

- dispersione di fanghi ed acque reflue, anche se depurate;

- accumuli di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi;

- spandimento di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi, salvo che l'impiego di tali sostanze sia effettuato sulla base delle indicazioni di uno specifico piano di utilizzazione che tenga conto della natura dei suoli, delle colture compatibili, delle tecniche agronomiche impiegate e della vulnerabilità delle risorse idriche;

- dispersione nel sottosuolo di acque meteoriche provenienti da piazzali e strade;

- aree cimiteriali;

- apertura di cave e discariche che possano essere in connessione con la falda;
- terebrazioni ed apertura di pozzi ad eccezione di quelli che estraggono acque destinate al consumo umano per l'alimentazione del sistema acquedottistico per il pubblico servizio o per lo sfruttamento come acqua minerale e di quelli finalizzati alla variazione della estrazione ed alla protezione e controllo delle caratteristiche quali-quantitative della risorsa idrica;
- gestione e trattamento di rifiuti e loro messa a dimora e lo stoccaggio provvisorio;
- stoccaggio di prodotti ovvero sostanze chimiche pericolose e sostanze radioattive;
- centri di raccolta, demolizione e rottamazione di autoveicoli;
- pozzi perdenti e/o sistemi di subirrigazione che prevedano immissione di reflui nel sottosuolo;
- pascolo e stabulazione di bestiame che ecceda i 170 chilogrammi per ettaro di azoto presente negli effluenti, al netto delle perdite di stoccaggio e distribuzione.

Per quanto concerne le preesistenze, delle attività sopraelencate, ad eccezione delle aree cimiteriali, sono adottate le misure per il loro allontanamento; in ogni caso deve essere garantita la loro messa in sicurezza.

- f) ai fini della tutela delle acque destinate a consumo umano alle “zone di protezione” dei punti di captazione di risorsa idrica del sistema acquedottistico per il pubblico servizio ricadenti nelle aree a “**vulnerabilità elevata**” (**E**) si ritiene dover propendere per l'applicazione degli stessi precetti (divieti e deroghe) validi per le “zone di rispetto” (vedi precedente paragrafo “e”).

## **7.2 VINCOLI SOVRACOMUNALI SULLA PERIMETRAZIONE DI AREE CLASSIFICATE IN FUNZIONE della CAPACITA' 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.

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*

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 esplicita 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 Pelago, in riferimento agli stralci cartografici in scala 1:25.000 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", non vengono definite aree, da assoggettare alle relative misure di salvaguardia di cui agli artt. 9, 10 e 11 delle "Misure di Piano" dello stesso progetto di Piano "Bilancio Idrico".

## 8. CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE

Il reticolo idrografico che caratterizza il territorio del Comune di Pelago mostra un andamento generale del principale corso d'acqua, il Fiume Arno, in direzione NW - SE (appenninica).

Gli affluenti di ordine gerarchico inferiore, più brevi, sono orientati in linea di massima in direzione NE - SW (antiappenninica), come il Torrente Sieve, il Vicano di Pelago ed il Vicano di S. Ellero.

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.

## 9. VALUTAZIONI SUL CONTESTO E SUL 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 aerea 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 Pelago viene eseguita essenzialmente attraverso considerazioni di carattere:

### **quantitativo basate su:**

- verifiche idrauliche e modellazione per i prefissati tempi di ritorno (T 30, 100, 200 e 500 anni) realizzate e fornite dalla Autorità di Bacino del Fiume Arno per il tratto di sponda destra d'Arno nel tratto compreso fra i confini con i comuni di Pontassieve e Reggello e per il tratto in sponda destra del Torrente Sieve fra la confluenza in Arno ed il confine con il Comune di Rufina a monte della località Stentatoio;
- verifiche idrauliche e modellazione (Ing. Michele Mancini, ottobre 2010 – Dott. Geol. Francesco Menchi, gennaio/ottobre 2010) per i prefissati tempi di ritorno (T 30, 100, 200 e 500 anni) per l'area a sud del Capoluogo in fregio al Torrente Vicano di Pelago oggetto di trascorso approvato atto di pianificazione (Piano di Recupero di cui al deposito Gen. Civ. di Firenze n. 2701/2010 licenziato con parere favorevole Genio Civile di Firenze di cui al prot. 314464 del 7.12.2010). Lo stralcio di pericolosità idraulica desunto da tale procedura è riportato in estratto in tavola G.10;

**qualitativo basate su:**

- la definizione dell'ambito di applicazione del R.D. n. 523/1904 e dell'art. 36 della Disciplina di Piano del PIT e dal limite delle aree poste in posizione morfologica sfavorevole (a quota altimetrica < 2,0 ml rispetto al ciglio di sponda o base esterna d'argine);
- la raccolta storico - inventariale degli eventi di esondazione verificatisi così come documentato nei censimenti e perimetrazioni indicati in atti ufficiali degli Enti preposti e confrontati con testimonianze raccolte sui luoghi confrontati con la certificazione sindacale di cui alla Del. C.R. n. 11540/94;
- 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);

Tale ultima metodologia, anche se povera del supporto analitico e matematico di una verifica idraulica quantitativo-numerica, risulta comunque utile per operare scelte di indirizzo generale relative alla pianificazione territoriale.

### **9.1 RETICOLO IDROGRAFICO CENSITO nel PIT**

La deliberazione Consiglio regionale 24 luglio 2007, n. 72 (di approvazione del PIT) fissa, in materia di rischio idraulico, all'articolo n. 36, comma 3°, 4° e 5° (allegato A – elaborato 2 – disciplina di piano) le salvaguardie per le due fasce di larghezza di 10,0 ml dal piede esterno d'argine e/o ciglio di sponda dei corsi d'acqua individuati nel Quadro Conoscitivo dello stesso PIT.

In tale elenco sono segnalati i seguenti corsi d'acqua:

|  |        |
|--|--------|
| - FIUME ARNO   | FI707  |
| - FOSSO CANFICO DI                                   | FI974  |
| - FOSSO LAGACCILO                                    | FI1324 |
| - FOSSO MACINAIE DELLE                               | FI1369 |
| - TORRENTE MOSCIA                                    | FI2717 |
| - FOSSO RICCAIANO                                    | FI1618 |
| - TORRENTE RUFINA                                    | FI2812 |
| - TORRENTE SIEVE                                     | FI750  |
| - TORRENTE VICANO DI PELAGO                          | FI2944 |
| - TORRENTE VICANO DI SANT'ELLERO E FOSSO DEL BIFOLCO | FI2945 |

Le citate salvaguardie risultano consimili a quelle abrogate relative all'ambito fluviale A1 di cui all'art 75 della ex delibera Consiglio regionale n. 12/2000. All'interno di tali fasce “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”.

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.

## **9.2 CARTE DEI VINCOLI SOVRACOMUNALI E DELLE AREE DESTINATE AD OPERE PER LA RIDUZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO**

Le carte dei vincoli sovracomunali in materia di rischio idraulico (Tavole G.07, G.08 e G.09) collazionano i dati, relativi al territorio oggetto di pianificazione, inerenti alle aree con particolari vincoli di utilizzo e/o destinate ad interventi di mitigazione del rischio idraulico per disposizioni sovracomunali (Provincia di Firenze relativamente ai contenuti del P.T.C.P. inerenti la tutela idraulica ed Autorità di Bacino del Fiume Arno).

### **Aree soggette alle norme di salvaguardia di cui al D.P.C.M. n. 226 del 5 novembre 1999 - Approvazione del Piano Stralcio relativo alla riduzione del Rischio Idraulico del Bacino del Fiume Arno**

#### ***Aree soggette all'applicazione della Norma n. 2 - Norma di attuazione del piano stralcio per la riduzione del rischio idraulico nel bacino dell'Arno: vincoli di inedificabilità (per interventi strutturali di tipo A)***

“Sono le aree destinate agli interventi di piano per la mitigazione del rischio idraulico sulle quali si può procedere alla progettazione degli interventi, risultano soggette a vincolo di inedificabilità assoluta”.

All'interno del territorio comunale non risultano aree campite fra quelle da destinare a tali opere e da assoggettare alle relative salvaguardie.

#### ***Aree soggette all'applicazione della Norma n.3 - Norma di attuazione del piano stralcio per la riduzione del rischio idraulico nel bacino dell'Arno: disciplina di salvaguardia ( per interventi strutturali di tipo B)***

“Sono le aree per le quali si rendono necessarie ulteriori verifiche di fattibilità prima di procedere alla realizzazione degli interventi per la mitigazione del rischio idraulico, sono soggette a vincolo di inedificabilità per garantire l'attuazione del Piano”.

All'interno del territorio comunale non risultano aree campite fra quelle da destinare a tali opere e da assoggettare alle relative salvaguardie.

#### ***Aree soggette all'applicazione della Norma n. 6 – Carta guida delle aree allagate***

“E' 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. 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”.

Le aree individuate fra quelle da assoggettare a tale salvaguardia sono indicate in tavola G.08. Per lo più coincidono con le aree censite dalla certificazione sindacale di cui alla Del. C.R. n. 11540/94;

### **Piano stralcio per l'assetto idrogeologico (P.A.I.) adottato con Del. C.I. n. 185/2004.**

Gli elaborati di PAI inerenti il rischio idraulico sono costituiti da:

- “Perimetrazione delle aree con pericolosità idraulica – Livello di sintesi in scala 1:25.000”;
- “Perimetrazione delle aree con pericolosità idraulica – Livello di dettaglio in scala 1:10.000”;
- “Carta degli elementi a rischio – Aree con pericolosità idraulica a livello di dettaglio – scala 1:10.000”.

In relazione alle specifiche condizioni idrauliche e idrogeologiche, alla tutela dell’ambiente alla prevenzione di presumibili effetti dannosi prodotti da interventi antropici, così come risultanti dallo stato delle conoscenze, il PAI assoggetta a particolare normativa di salvaguardia le aree individuate nelle cartografie di seguito specificate:

a) “Perimetrazione delle aree con pericolosità idraulica - Livello di sintesi in scala 1:25.000”.

Nella cartografia la pericolosità è così graduata:

- 1• pericolosità idraulica molto elevata (P.I.4), così come definita nel Piano Straordinario approvato con delibera del Comitato Istituzionale n. 137/1999;
- 2• pericolosità idraulica elevata (P.I.3), corrispondente alla classe B.I. così come definita nel Piano Straordinario di cui sopra;
- 3• pericolosità idraulica media (P.I.2) relativa alle aree inondate durante l’evento del 1966 come da “Carta guida delle aree inondate” di cui al Piano di bacino, stralcio relativo alla riduzione del “Rischio Idraulico”;
- 4• pericolosità idraulica moderata (P.I.1): rappresentata dall’involuppo delle alluvioni storiche sulla base di criteri geologici e morfologici.

b) “Perimetrazione delle aree a pericolosità idraulica - Livello di dettaglio in scala 1:10.000”.

Nella cartografia la pericolosità è così graduata:

- 1• pericolosità idraulica molto elevata (P.I.4) comprendente aree inondabili da eventi con tempo di ritorno  $TR \leq 30$  anni e con battente  $h \geq 30$  cm;
- 2• pericolosità idraulica elevata (P.I.3) comprendente aree inondabili da eventi con tempo di ritorno  $TR \leq 30$  anni con battente  $h < 30$  cm e aree inondabili da un evento con tempo di ritorno  $30 < TR \leq 100$  anni e con battente  $h \geq 30$  cm;
- 3• pericolosità idraulica media (P.I.2) comprendente aree inondabili da eventi con tempo di ritorno  $30 < TR \leq 100$  anni e con battente  $h < 30$  cm e aree inondabili da eventi con tempo di ritorno  $100 < TR \leq 200$  anni;
- 4• pericolosità idraulica moderata (P.I.1) comprendente aree inondabili da eventi con tempo di ritorno  $200 < TR \leq 500$  anni.

#### ***Normativa di salvaguardia inerente al P.A.I.***

Il Piano di Bacino del Fiume Arno, stralcio Assetto Idrogeologico (P.A.I.) è stato approvato con D.P.C.M. del 6.5.2005.

La relativa normativa di piano e le salvaguardie in essa contenute sono entrate in vigore con la pubblicazione del relativo D.P.C.M. di approvazione con la pubblicazione sulla Gazzetta Ufficiale n. 230 del 3 ottobre 2005.

L’indicazione delle aree soggette a tali salvaguardie è riportata nella Tavola G.09.

#### **Aree sensibili come definite all’art. 3 delle norme di attuazione del P.T.C.P. della Provincia di Firenze.**

Sono definite *aree sensibili* (Tavola G.07) già vulnerate da fenomeni di esondazione e soggette a rischio

idraulico le aree caratterizzate da reti naturali o artificiali di drenaggio superficiale e/o da condizioni dinamiche, idrauliche, idrogeologiche che possono provocare fenomeni di crisi ambientale dovuti a esondazione, ristagno, inquinamento e dinamica d'alveo. Esse costituiscono invariante strutturale ai sensi degli artt. 4 e 5 della L.R. 1/2005.

La disciplina e gli interventi in tali zone devono essere comunque finalizzati:

- al mantenimento e al miglioramento delle condizioni fisiche ed ambientali esistenti nelle aree naturalmente predisposte alla laminazione delle piene, individuando, se necessario, casse di espansione naturali;
- alla valorizzazione ed all'intensificazione delle funzioni idrauliche svolte, con progetti di regimazione idraulica realizzati a scala di bacino. In base a tali progetti possono essere consentiti impianti e attrezzature compatibili con le caratteristiche idrauliche delle zone;
- sono comunque ammessi gli interventi sul patrimonio edilizio esistente che non comportino aumento di volume e sono fatti salvi i servizi e le attrezzature di cui all'art. 24 delle norme di attuazione del P.T.C.P..

### **9.3 CARTA DELLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA**

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) per i tratti in corrispondenza del Fiume Arno e Torrente Sieve. Per un breve tratto del T. Vicano di Pelago presso il capoluogo si è fatto riferimento a studio di modellazione elaborato per precedente atto di pianificazione e validato dal Genio Civile di Firenze;
- mediante considerazioni di carattere qualitativo per le rimanenti porzioni del territorio comunale.

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:

#### **Pericolosità idraulica molto elevata (I.4):**

- aree interessate da allagamenti per eventi con  $T_r$  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.

Sono inoltre state inserite in classe di pericolosità I.4:

- aree collinari o montane con presenza di corpi d'acqua (laghi o invasi);
- aree ricadenti nel perimetro delle zone P.I.4 (aree a pericolosità idraulica molto elevata) nella "Perimetrazione delle aree con pericolosità e rischio idraulico" dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno (P.A.I. di cui agli elaborati di sintesi e elaborati di dettaglio);
- gli alvei, gli argini e le zone comprendenti le due fasce di larghezza pari a 10 m dal piede esterno dell'argine o, in mancanza, dal ciglio di sponda dei corsi d'acqua principali e comunque individuati nel quadro conoscitivo del PIT della Regione Toscana approvato con Del. C.R. n. 72/2007.

#### **Pericolosità idraulica elevata (I.3):**

- 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.

Sono inoltre state inserite in classe di pericolosità I.3:

- aree collinari e/o montane nella zona di svasso di laghi e invasi in cui il rischio idraulico dipende dalla tenuta del paramento di valle e dal suo stato di manutenzione;
- aree ricadenti nel perimetro delle zone P.I.3 e P.I.2 nella "Perimetrazione delle aree con pericolosità e rischio idraulico" dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno (P.A.I. di cui agli elaborati di dettaglio derivanti da modellazione idraulica fino al tempo di ritorno T 200 anni) e aree ricadenti in P.I.3 desumibili dagli elaborati di sintesi (storico inventariale).

#### **Pericolosità idraulica media (I.2):**

- 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 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.

**10. SISMICITA' DELL'AREA e VALUTAZIONI PRELIMINARI SUL 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 nuova classificazione il territorio del Comune di Pelago è inserito in Zona 2 (Del. GRT 878/2012) con i seguenti parametri :

| zona | Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) (ag/g) |
|------|--|
| 2    | <b>0,25</b>  |

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:

1) 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 gradualità, sia all'interno di ciascuna regione che al confine di regioni diverse.

2) 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 Pelago 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 Pelago passa da zona 3S a zona 2 nella più recente classificazione.**

### ***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 2008***

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 **ag**, 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 **ag** (espresso in g/10), **F0** (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 (ag475), 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.

### **Metodologia di lavoro e obiettivi**

Gli studi di Microzonazione Sismica Comunale (di seguito MS) svolti per il Comune di Pelago nell'ambito del supporto geologico alla Variante al Piano Strutturale 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. 261/2011.

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 Suscettibili di Instabilità**, sono le zone suscettibili di attivazione dei fenomeni di deformazione permanente del territorio indotti o innescati dal sisma (instabilità di versante, liquefazioni, fagliazione superficiale).

Per la definizione delle zone e della loro perimetrazione si rimanda a quanto definito al par. 1.6.3.1.2 degli ICMS.

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 l’attuale supporto alla Variante al Piano Strutturale di Pelago 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 al par.1.6.3 degli ICMS:

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

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| <b>INDAGINI MINIME</b>         | Raccolta di tutti i dati pregressi esistenti nell'area: rilievi geologici, geomorfologici, geologico-tecnici, indagini geofisiche, sondaggi e stratigrafie desunte da pozzi;<br>Rilevamenti geologici di controllo sul terreno;<br>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;<br>Misura passive del rumore ambientale, mediante tecnica a stazione singola; |
| <b>ANALISI ED ELABORAZIONI</b> | Sintesi dei dati e delle cartografie disponibili; Rilettura, sintesi dei dati ed eventuali nuovi rilievi geologici.   |
| <b>PRODOTTI FINALI</b>         | Carta delle indagini (sia esistenti che di nuova realizzazione); Carta geologico-tecnica per la microzonazione sismica almeno alla scala 1:5.000-1.10.000;<br>Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS) almeno alla scala 1:5.000-1.10.000;<br>Relazione tecnica illustrativa della carta MOPS;<br>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-tecnico 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. 1.6.3.1.2 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. 2.2 e 2.3 degli ICMS in cui vengono presentate le procedure di riferimento per la realizzazione delle suddette carte.

### **10.1 INDIVIDUAZIONE DELLE AREE DI INDAGINE**

Gli studi di MS devono essere concentrati in corrispondenza dei centri urbani maggiormente significativi che l'Amministrazione Comunale ha individuato di concerto con la Struttura Regionale deputata (Verbale Conferenza di Servizi del 18.10.2013). 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 1:2.00 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, Carta della pericolosità sismica) previste per gli studi di microzonazione sismica di 1° Livello.

Tali zone prescelte e selezionate in base ai criteri VEL (definiti al par. 3.4.2 degli ICMS) corrispondono alle estensioni territoriali di sei principali frazioni di seguito elencate:

- 1 - Pelago
- 2 - Diacceto
- 3 - Borselli
- 4 - Consuma
- 5 - San Francesco
- 6 - Palaie

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. Inoltre per i centri abitati di Carbonile, Massolina, Paterno e Fontisterni, sono state redatte, sulla scorta dei dati di base a disposizione, le sole cartografie delle indagini e delle frequenze.

### **10.2 CARTA GEOLOGICO TECNICA PER LA MICROZONAZIONE SISMICA**

Le carte geologico tecniche sono state redatte per ogni singola frazione indagata in scala 1:5.000 (Tavole G.12, G.18, e G.24) e rappresentano, secondo quanto previsto dalle norme ICMS (versione 2.0beta-II del giugno

2012), 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:

| 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   |

Figura 7 - Legenda della Carta Geologico Tecnica: terreni di copertura

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

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

Figura 8 - Legenda della Carta Geologico Tecnica: ambienti genetico-deposizionali dei terreni di copertura

Le unità del substrato rigido o non rigido 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 rigido o non rigido   |     |  |
|---|-----|--|
|  | LP  | Lapideo                                      |
|  | GR  | Granulare cementato                          |
|  | CO  | Coesivo sovraconsolidato                     |
|  | AL  | Alternanza di litotipi                       |
|  | NR  | Substrato geologico non rigido               |
|  | SF  | Substrato geologico rigido molto fratturato  |
|  | LPS | Lapideo, stratificato                        |
|  | GRS | Granulare cementato, stratificato            |
|  | COS | Coesivo sovraconsolidato, stratificato       |
|  | ALS | Alternanza di litotipi, stratificato         |
|  | NRS | Substrato geologico non rigido, stratificato |

Figura 9 - Legenda della Carta Geologico Tecnica: ambienti genetico-deposizionali dei terreni di copertura

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 rigido raggiunto da sondaggio o pozzo, profondità di sondaggio o pozzo che non ha raggiunto il substrato rigido, 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 con il dettaglio delle varie formazioni geologiche che a ciascuna di esse si è ritenuto far corrispondere.

#### ***Terreni di copertura***

- **Unità geologico-technica RI:** corrisponde ai terreni di riporto contenenti resti di attività antropica (h).
- **Unità geologico-technica 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 detriti appartenenti ai depositi di versante (aa) e ai detriti di falda (a3a).
- **Unità geologico-technica 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 attuali (b).
- **Unità geologico-technica 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 recenti terrazzati o non (b).

- **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) presenti su rocce di natura prevalentemente arenacea.

- **Unità geologico-tecnica MLec:** 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) presenti su rocce di natura prevalentemente argillitica.

Per quanto riguarda i corpi di frana, questi sono stati riportati nelle cartografia secondo quanto previsto alla figura 1.1.2-5 delle norme ICMS (versione 2.0beta-II del giugno 2012), evidenziando per ciascun corpo la sua natura (qualora riscontrabile) e lo stato di attività.

**Substrato geologico, rigido o non rigido**

- **Unità geologico-tecnica LPS:** corrisponde al substrato geologico costituito da formazioni rigide, lapidee, stratificate. A questa unità appartengono i depositi appartenenti alla litofacies calcareo-marnosa (ACCb) delle Argille e Calcari di Canetolo, alle Brecciole di Monte Senario (BMS), alle Arenarie di Monte Senario (SEN), alle Arenarie del M. Falterona – Membro di Camaldoli (FAL2) e Membro di Montalto (FAL3 e FAL3c), alla Formazione di Monte Morello (MLL), alla Pietraforte (PTF) e alla litofacies calcarea (SILa) della Formazione di Sillano.

- **Unità geologico-tecnica NRS:** corrisponde al substrato geologico costituito da formazioni non rigide, stratificate. A questa unità appartengono i depositi appartenenti alle Argille e Calcari di Canetolo (ACC), alle Arenarie del M. Falterona – Membro di Lonnano (FAL4), alla della Formazione di Sillano (SIL) e alle Argille Varicolori (AVR).

- **Unità geologico-tecnica NR:** corrisponde al substrato geologico costituito da formazioni non rigide. A questa unità appartengono i depositi appartenenti alla litofacies olistostromica delle Arenarie del M. Falterona (FALa).

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 2012.

| <b><i>SIGLA FORMAZIONE</i></b> | <b><i>NOME FORMAZIONE</i></b>                         | <b><i>UNITA' LITOLOGICO-TECNICA (VEL)</i></b> | <b><i>UNITA' GEOLOGICO-TECNICA (ICMS)</i></b> |
|--------------------------------|---|---|---|
| h5                             | Depositi antropici di riporto                         | h   | RI  |
|                                | Corpi di frana  | E   | varie   |
| a3a                            | Detrito di falda                                      | E   | GM fd   |
| aa                             | Depositi di versante                                  | E   | GM fd   |
| b                              | Depositi alluvionali attuali                          | E2  | GM es   |
| bna                            | Depositi alluvionali recenti, terrazzati e non        | E3  | SM es   |
| b2a                            | Depositi eluvio-colluviali (su substrato arenaceo)    | E3  | SM ec   |
|                                | Depositi eluvio-colluviali (su substrato argillitico) | F   | ML ec   |

|       |  |    |     |
|-------|--|----|-----|
| SEN   | Arenarie di Monte Senario  | B4 | LPS |
| BMS   | Brecciole di Monte Senario   | B4 | LPS |
| ACC   | Argille e Calcari di Canetolo  | B5 | NRS |
| ACCb  | Argille e Calcari di Canetolo -<br>litofacies calcareo-marnosa                     | B4 | LPS |
| MLL   | Formazione di Monte Morello  | B4 | LPS |
| PTF   | Pietraforte  | B3 | LPS |
| SIL   | Formazione di Sillano  | B5 | NRS |
| SILa  | Formazione di Sillano –<br>litofacies calcarea                                     | B4 | LPS |
| FAL2  | Arenarie del M. Falterona –<br>Membro di Camaldoli                                 | B3 | LPS |
| FAL3  | Arenarie del M. Falterona –<br>Membro di Montalto                                  | B4 | LPS |
| FAL3c | Arenarie del M. Falterona –<br>Membro di Montalto –<br>litofacies siltoso-arenacea | B4 | LPS |
| FAL4  | Arenarie del M. Falterona –<br>Membro di Lonnano                                   | B5 | NRS |
| FALa  | Arenarie del M. Falterona –<br>Olistostroma  | Bc | NR  |

### 10.3 INDAGINI GEOFISICHE APPOSITAMENTE ESEGUITE, DATI DI BASE E CARTA DELLE FREQUENZE

Per effettuare gli studi di MS si è provveduto alla raccolta e all'archiviazione organizzata di dati pregressi (vedi Tavole G.11, G.17, G.23 e G.29 in scala 1:5.000 e cfr. Allegati G.A, G.B, G.C. e G.D oltre al fascicolo di indagini eseguite da Geoecho s.n.c.)

Le Carte delle indagini mostra, nel dettaglio per ciascuna delle frazioni indagate, l'ubicazione di tutte le indagini 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 Geoecho s.n.c.).

La raccolta dei dati esistenti si è basata sull'acquisizione di stratigrafie relative a pozzi e sondaggi, di certificati di prove penetrometriche dinamiche e statiche, di saggi geognostici significativamente profondi, 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 negli allegati G.A, G.B, G.C. e G.D (dati di base da bibliografia):

- Carta dei dati di base di supporto al Piano Strutturale del Comune di Pelago (1997);
- 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 della Provincia di Firenze – Mappa dei Pozzi e delle Derivazioni relativamente a informazioni dei pozzi idrici;
- 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. 2.2.3. degli “Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica”.

Per la predisposizione del presente di *studio di Microzonazione Sismica dei centri urbani* 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. 4 prove sismiche a rifrazione con onde P ed onde SH, con restituzione secondo tecniche di analisi a rifrazione classica e tomografica, delle velocità Vp e Vs nel sottosuolo;
- n. 25 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 determinare l’eventuale comportamento amplificativo del terreno.

Si fornisce il dettaglio delle indagini appositamente eseguite nel mese di settembre 2013 (ditta Geoecho s.n.c. di Poggibonsi - SI), con la loro suddivisione nelle varie frazioni, a corredo del presente studio. La distribuzione ed 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 Geoecho s.n.c..

| <b>Id indagine</b> | <b>Località</b> | <b>Rifrazione P+Sh</b> | <b>HVSr</b> |
|--------------------|-----------------|------------------------|-------------|
| LINEA A            | DIACCETO        | X                      |             |
| LINEA B            | MASSOLINA       | X                      |             |
| LINEA C            | SAN FRANCESCO   | X                      |             |
| LINEA D            | SAN FRANCESCO   | X                      |             |
| R10                | PALAIÈ          |                        | X           |
| R11                | DIACCETO        |                        | X           |
| R12                | DIACCETO        |                        | X           |
| R13                | DIACCETO        |                        | X           |
| R14                | DIACCETO        |                        | X           |
| R15                | DIACCETO        |                        | X           |
| R16                | BORSELLI        |                        | X           |
| R17                | BORSELLI        |                        | X           |
| R18                | CONSUMA         |                        | X           |
| R19                | CONSUMA         |                        | X           |
| R20                | PELAGO          |                        | X           |
| R21                | PELAGO          |                        | X           |
| R22                | PELAGO          |                        | X           |
| R23                | PELAGO          |                        | X           |
| R24                | PELAGO          |                        | X           |
| R25                | PELAGO          |                        | X           |

|     |               |  |   |
|-----|---------------|--|---|
| R26 | PATERNO       |  | X |
| R27 | LA RIMESSA    |  | X |
| R28 | MASSOLINA     |  | X |
| R29 | MASSOLINA     |  | X |
| R30 | SAN FRANCESCO |  | X |
| R31 | SAN FRANCESCO |  | X |
| R32 | SAN FRANCESCO |  | X |
| R33 | SAN FRANCESCO |  | X |
| R34 | SAN FRANCESCO |  | X |

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

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

Tabella I – Quadro riassuntivo dei parametri e dei relativi indicatori con l'attribuzione dei pesi e dei punteggi

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

\* D. Albarello, C. Cesi, V. Falilli, F. Guerrini, E. Lancedi, E. Paolucci, D. Pileggi, L.M. Pizzilli - Il contributo della sismica passiva nella macrozonazione di due macroaree abruzzesi. In stampa su Boll. Geofis. Teor. Appl.

Nelle Carte delle frequenze (Tavole G.13, G.19, G.25 e G.30) vengono fornite le informazioni ottenute (frequenza e ampiezza del picco di risonanza, classe di appartenenza) dall'interpretazione delle misure di rumore sismico eseguite nei diversi centri urbani del comune di Pelago assoggettati 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 caratterizzate 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 Geoecho s.n.c., 2013).

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 *Albarellò 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 i principali centri urbani del territorio comunale di Pelago è riportata nel seguito del presente rapporto in cui si descrivono le caratteristiche rilevate per ogni frazione studiata.

#### **10.4 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 clivometriche 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 2.3 degli ICMS.) alle seguenti categorie di microzone:

- **zone stabili**

- **zone stabili suscettibili di amplificazioni locali**

- **zone suscettibili di 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 suscettibili di 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.  $\leq 15$  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.

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.

Lo studio di microzonazione sismica di livello 1 dei principali centri urbani del territorio comunale di Pelago ha evidenziato che potenzialmente non sono individuabili zone stabili, in quanto, anche laddove sia presente

substrato affiorante, sussiste sempre almeno un fattore di suscettibilità nei confronti dell'amplificazione sismica (fattore strutturale e/o fattore topografico).

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.14, G.20 e G.26 in scala 1:5.000).

### **Zone stabili**

#### **ID Descrizione Zona**

Substrato lapideo stratificato (LPS), in assenza di copertura (o spessori inferiori ai 5,0 m, generalmente inferiori ai 3,0 m) con pendenza (di seguito "i")  $< 15^\circ$  e basso contrasto di impedenza sismica (di seguito "c.i.")

### **Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali**

#### **ID Descrizione Zona**

- Z1** Substrato lapideo stratificato, copertura (di natura prevalentemente sabbioso limosa di origine alteritica e/o eluvio-colluviale)  $< 5,0$  m,  $i > 15^\circ$ , c.i. basso
- Z2** Substrato lapideo stratificato, copertura (di natura prevalentemente sabbioso limosa di origine alteritica e/o eluvio-colluviale e talora alluvionale)  $> 5,0$  m,  $i < 15^\circ$ , c.i. basso
- Z3** Substrato lapideo stratificato, copertura (di natura prevalentemente sabbioso limosa di origine alteritica e/o eluvio-colluviale)  $< 5,0$  m,  $i > 15^\circ$ , c.i. alto
- Z4** Substrato lapideo stratificato, copertura (di natura prevalentemente sabbioso limosa di origine alteritica e/o eluvio-colluviale)  $< 5,0$  m,  $i < 15^\circ$ , c.i. alto
- Z5** Substrato non rigido stratificato, fratturato, copertura (di natura prevalentemente limoso argillosa di origine alteritica e/o eluvio-colluviale)  $< 5,0$  m,  $i > 15^\circ$ , c.i. basso
- Z6** Substrato non rigido stratificato, fratturato, copertura (di natura prevalentemente limoso argillosa di origine alteritica e/o eluvio-colluviale)  $< 5,0$  m,  $i < 15^\circ$ , c.i. basso
- Z7** Substrato non rigido stratificato, fratturato, copertura (di natura prevalentemente limoso argillosa di origine alteritica e/o eluvio-colluviale)  $> 5,0$  m,  $i < 15^\circ$ , c.i. basso
- Z8** Substrato non rigido, fratturato, copertura (di natura prevalentemente limoso argillosa di origine alteritica e/o eluvio-colluviale)  $> 5,0$  m,  $i < 15^\circ$ , c.i. alto
- Z9** Substrato non rigido, fratturato, copertura (di natura prevalentemente limoso argillosa di origine alteritica e/o eluvio-colluviale)  $< 5,0$  m,  $i < 15^\circ$ , c.i. alto
- Z10** Substrato non rigido, fratturato, copertura (di natura prevalentemente limoso argillosa di origine alteritica e/o eluvio-colluviale)  $< 5,0$  m,  $i > 15^\circ$ , c.i. alto
- Z11** Coperture alluvionali terrazzate o recenti (di natura prevalentemente sabbioso limosa) su coltre alteritica e/o eluvio-colluviale (di natura prevalentemente limoso argillosa), copertura complessiva  $> 5,0$  m,  $i < 15^\circ$ , sopra substrato non rigido stratificato fratturato, c.i. basso
- Z12** Coperture alluvionali attuali (di natura prevalentemente ghiaioso sabbiosa e ghiaioso limosa) talora su coltre alteritica e/o eluvio-colluviale (di natura prevalentemente limoso argillosa), copertura complessiva  $> 5,0$  m,  $i < 15^\circ$ , sopra substrato non rigido stratificato fratturato, c.i. basso
- Z13** Coperture alluvionali attuali (di natura prevalentemente ghiaioso sabbiosa e ghiaioso limosa) talora su coltre alteritica e/o eluvio-colluviale (di natura prevalentemente sabbioso limosa), copertura complessiva  $> 5,0$  m,  $i < 15^\circ$ , sopra substrato lapideo stratificato, c.i. basso
- Z14** Coperture alluvionali attuali (di natura prevalentemente ghiaioso sabbiosa e ghiaioso limosa) talora su coltre alteritica e/o eluvio-colluviale (di natura prevalentemente sabbioso limosa), copertura complessiva  $> 5,0$  m,  $i < 15^\circ$ , sopra substrato lapideo stratificato, c.i. alto
- Z15** Coperture detritiche (di natura prevalentemente ghiaioso limosa e ghiaioso sabbiosa), con spessore  $> 5,0$  m,  $i < 15^\circ$ , su substrato lapideo stratificato, c.i. basso
- Z16** Substrato lapideo stratificato, copertura di natura prevalentemente sabbioso limosa di origine alteritica e/o eluvio-colluviale)  $> 5,0$  m,  $i < 15^\circ$ , c.i. alto

- Z17** Substrato non rigido, fratturato, copertura (di natura prevalentemente limoso argillosa di origine alteritica e/o eluvio-colluviale) < 5,0 m,  $i < 15^\circ$ , c.i. basso
- Z18** Riporti antropici, spessori talora superiori a 5,0 m su **Z2**
- Z19** Riporti antropici, spessori talora superiori a 5,0 m su **Z6**
- Z20** Riporti antropici, spessori talora superiori a 5,0 m su **Z8**
- Z21** Riporti antropici, spessori talora superiori a 5,0 m su **Z16**
- Z22** Riporti antropici, spessori talora superiori a 5,0 m su **FR4**

#### **Zone suscettibili di instabilità**

##### **ID      Descrizione Zona**

- FR1** Instabilità di versante per frana con stato di attività attiva o movimento non definito attivo,  $i > 15^\circ$
- FR2** Instabilità di versante per frana con stato di attività attiva o movimento non definito attivo,  $i < 15^\circ$
- FR3** Instabilità di versante per frana con stato di attività quiescente,  $i > 15^\circ$
- FR4** Instabilità di versante per frana con stato di attività quiescente,  $i < 15^\circ$
- FR5** Instabilità di versante per frana con stato di attività stabilizzato,  $i > 15^\circ$
- FR6** Instabilità di versante per frana con stato di attività stabilizzato,  $i < 15^\circ$

**CDn** Terreni suscettibili di cedimenti differenziali

## **8.5 CONSIDERAZIONI RELATIVE AGLI APPROFONDIMENTI CONDOTTI SULLE VARIE FRAZIONI**

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, unitamente a considerazioni in merito alla possibilità di esclusione del fenomeno di liquefazione.

- **PELAGO – Capoluogo**

(vedi tavole G.17, G.18, G.19 e G.20)

### ***Inquadramento geologico e geomorfologico***

L'area su cui sorge l'abitato del Capoluogo è caratterizzata dalla presenza di terreni riconducibili alle formazioni dell'Unità di Monte Cervarola – Falterona (Dominio Toscano), dell'Unità di Canetolo (Dominio Subligure) e dell'Unità di Monte Morello (Dominio Ligure).

In particolare l'Unità di Monte Cervarola - Falterona è rappresentata dal Membro di Montalto (FAL3) delle Arenarie del M. Falterona, nella sua facies principale costituita da un'alternanza di livelli arenacei, marnosi, argillitici e siltitici, e nella sua litofacies siltoso arenacea (FAL3c) costituita da prevalenti livelli siltitico arenacei, e dalla litofacies olistostromica (FALa) delle Arenarie del M. Falterona costituito da breccie argillose ad elementi calcarei micritici e siltitici in matrice argillitica.

L'Unità di Canetolo è rappresentata dalle Breccie di Monte Senario (BMS) costituite da calcari marnosi e marne argillitiche alternate ad arenarie calcaree torbiditiche, mentre l'Unità di Monte Morello è rappresentata sia dalla Formazione di Monte Morello (MLL) con litologie prevalentemente calcaree e calcareo marnose che, in maniera minoritaria dalle Argille Varicolori (AVR), a prevalente composizione argillitica e argillitico marnosa.

Le varie formazioni riconosciute sono soventemente sormontate da coltri eluvio-colluviali (b2a) e da coltri detritiche di frana sia attive (F) che quiescenti (Fq).

Il nucleo del centro storico di Pelago e gli areali che dal settore del campo sportivo, della loc. Bardiglioni e loc. Il Piano si estendono, verso sud-est sino al corso del Torrente Vicano di Pelago vedono la presenza di litologie appartenenti alle Arenarie del M. Falterona. In particolare il centro storico, l'area di Casalvento e in prossimità

dell'attraversamento di Via della Rimembranza su Fosso Ribottoli e l'areale delle località Il Piano e Casellina vedono un substrato litoide costituito dal Membro di Montalto (FAL3), nella sua litofacies siltoso marnosa (FAL3c) solamente nel settore di Case Fanfani – Ponte Vecchio. L'assetto giaciturale è generalmente a franapoggio più o meno inclinato del pendio con immersione verso i quadranti meridionali e inclinazioni variabili tra 10° e 50°.

I restanti settori, come ad esempio presso la loc. Bardiglioni, in corrispondenza del campo sportivo, a nord-ovest di Casalvento e nel settore settentrionale del centro storico e del cimitero comunale vedono la presenza di litologie riferibili alla litofacies olistostromica (FALa). Soventemente i contatti tra i vari membri delle Arenarie del M. Falterona in particolare e in generale tra questi e le formazioni delle altre due Unità presenti sono attraverso l'interposizione di strutture tettoniche che disgregano l'assetto strutturale e stratigrafico dell'intero settore.

I terreni riferibili all'unità di Canetolo e in particolare alle Breccie di Monte Senario (BMS) sono rinvenibili in una porzione isolate del settore occidentale del centro abitato e a nord dell'area del cimitero comunale. Anche in questo caso l'assetto giaciturale è generalmente a franapoggio più o meno inclinato del pendio con immersione verso i quadranti meridionali e inclinazioni variabili tra poche decine di gradi e 10° e 50°-60°.

Infine, mediante strutture tettoniche a componente diretta ed andamento circa nord-ovest/sud-est, si ha nel settore sud-occidentale dell'areale di studio dell'approfondimento la presenza delle formazioni appartenenti al Dominio Ligure. In particolare la Formazione di Monte Morello (MLL) costituisce il substrato su cui sono posti gli abitati delle località Valle Vecchia, Valle Nuova, Morgena, Il Poggio e Poggio di Sopra, mentre le Argille Varicolori (AVR) si rinvencono solo in un settore a losanga e circondato da faglie, tra gli abitati di Bardiglioni e ValleVecchia – Valle Nuova.

L'assetto ondulato dei litotipi delle formazioni del Dominio Ligure non permette di definire un andamento principale della giacitura degli strati.

Il contesto è completato dalla presenza di terreni di origine antropica, in particolare in corrispondenza delle aree intensamente urbanizzate o di manufatti e/o manomissioni di origine antropica.

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, in particolar modo nei settori ad ovest dell'area del campo sportivo e in corrispondenza dell'abitato di Morgena e di Valle Nuova. Sono presenti, inoltre, areali con fenomeni di soliflusso generalizzato, di erosione superficiale e a franosità diffusa. Il contesto geomorfologico completato dalla presenza di frane di limitata estensione, scarpate di erosione sia attive che non e di orli rimodellati di scarpata o deboli rotture di pendio, nonché, in corrispondenza dei corsi d'acqua di fenomeni di erosione lineare o incanalata.

Dal punto di vista morfologico si evidenzia una prevalente acclività con pendenze comprese tra 15% e 25% con settori, in corrispondenza del centro storico del Capoluogo, con acclività maggiori (comprese tra 25% e 45% e talora > 45%), e settori, nel settore ad ovest dell'abitato di Pelago con pendenze inferiori al 15%.

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 particolare sono state ricavate le risultanze del seguente numero di indagini:

- n. 22 sondaggi geognostici a carotaggio continuo di cui n. 11 strumentati con tubo piezometrico e n. 1 strumentato con tubo per prova down-hole, con le relative risultanze stratigrafiche e talora geotecniche di laboratorio;
- n. 3 stratigrafie risultanti da saggi o trincee esplorative realizzate con escavatore meccanico;
- n. 8 prove penetrometriche di cui n. 2 prove penetrometriche statiche e n. 6 prove penetrometriche dinamiche;
- n. 2 stratigrafie di terebrazioni di pozzi profondi;
- n. 4 indagini di sismica a rifrazione con onde P e Sh;
- n. 5 indagini di sismica tipo MASW;
- n. 2 indagini di sismica in foro tipo down-hole.

In corrispondenza dell'abitato del Capoluogo sono inoltre stata 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. 6 prove di sismica passiva mediante tecnica a stazione singola sulle vibrazioni ambientali (HVSR).

### ***Modello geologico del sottosuolo***

Il substrato geologico su cui sorge l'abitato di Pelago risulta costituito da terreni riconducibili alle formazioni dell'Unità di Monte Cervarola – Falterona (Arenarie del M. Falterona - Membro di Montalto – FAL3, Arenarie del M. Falterona - Membro di Montalto - litofacies siltoso arenacea – FAL3c e Arenarie del M. Falterona - litofacies olistostromica – FALa), dell'Unità di Canetolo (Brecciole di Monte Senario - BMS) e dell'Unità di Monte Morello (Formazione di Monte Morello – MLL e Argille Varicolori – AVR).

In particolare l'area meridionale del centro storico è contraddistinto dai termini del Membro di Montalto delle Arenarie del M. Falterona (FAL3 e FAL3c), che costituiscono il substrato anche dell'area in corrispondenza dell'attraversamento di Via della Rimembranza sul Fosso di Ribottoli, mentre l'area settentrionale dell'abitato del centro storico poggia su terreni di natura prevalentemente argillitico marnosa e argillitico siltitica riferibili alla litofacies olistostromica delle Arenarie del M. Falterona (FALa). Quest'ultima facies costituisce anche il sottosuolo di un settore tra le località Casellina e il Bagno e dei terreni posti in corrispondenza e a nord dell'abitato di Bardiglioni.

Sudette litologie sono sormontate da uno spessore di coltre eluvio-colluviale e/o alteritica con spessori rilevati compresi tra 1,5 e circa 7,0 m dal p.c..

Le Brecciole di Monte Senario (BMS), costituite da calcari marnosi e marne argillitiche alternate ad arenarie calcaree torbiditiche, rappresentano il substrato dell'area nord-orientale dell'abitato di Pelago, e di un settore limitato a sud della località Il Bagno. Anche questa formazione presenta una coltre alteritica e/o eluvio-colluviale di spessore compreso tra il metro e 2,0 – 3,0 m dal p.c..

La Formazione di Monte Morello costituita dall'alternanza di calcari marnosi con subordinati livelli marnoso siltitici e argillitico marnosi, quest'ultimi talora prevalenti, interessa gli areali occidentali e sud-occidentali dell'area di interesse e presenta spessori di coltre alteritica e/o eluvio-colluviale anche fino a 9,0 m dal p.c. (generalmente compresi tra 2,0 e 7,0 m da p.c.).

Infine un limitato settore con andamento circa nord-ovest / sud-est compreso tra gli abitati di Valle Vecchia e Bardiglioni presenta come substrato geologico le litologie prevalentemente pelitiche delle Argille Varicolori (AVR).

Infine in alcuni areali vengono riconosciuti spessori metrici di depositi riferibili a coltri di frana o a spessori di entità variabile di terreni di riporto antropico.

### ***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 sono stati attribuiti all'unità geologico-tecnica SMec (Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente di versante – eluvi/colluvi) i depositi appartenenti alle coltri eluvio-colluviali a composizione prevalentemente sabbiosa, mentre all'unità geologico-tecnica MLec (Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità di ambiente genetico di versante – eluvi/colluvi) i depositi appartenenti alle coltri eluvio-colluviali a composizione prevalentemente argillosa. Inoltre vengono riportati i terreni contenenti resti di attività antropica (RI).

I terreni di natura litoide appartenenti alla Formazione di Monte Morello (MLL), alle Brecciole di Monte Senario (BMS), alla formazione delle Arenarie del Monte Cervarola – Membro di Montalto (FAL3) e delle Arenarie del Monte Cervarola – Membro di Montalto nella litofacies siltoso arenacea (FAL3a) riferibili al substrato geologico rigido e non rigido sono stati inseriti nella classe geologico-tecnica LPS (Lapideo, stratificato).

I terreni del substrato litoide appartenenti alle Argille Varicolori (AVR) sono state inserite nella classe geologico-tecnica NRS (Substrato geologico non rigido, stratificato), mentre i terreni riferibili alle Arenarie del Monte Falterona – Litofacies olistostromica (FALa) sono state inserite nella classe geologico-tecnica NR (Substrato geologico non rigido).

Infine sono stati rappresentati i fenomeni gravitativi attivi, quiescenti e i movimenti non definiti attivi, nonché gli orli di scarpata morfologica e le creste morfologiche.

Inoltre vengono presentate le indicazioni delle strutture tettoniche e gli elementi geologici e idrogeologici relativi ai sondaggi e pozzi presenti nell'area con indicazione della profondità del substrato rigido raggiunto o della profondità di indagine che non ha raggiunto il substrato rigido.

### ***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. 4 classificate in classe A1, n. 1 classificata in A2 e n. 1 classificata in B1 si ricava una valutazione di qualità pari a 59,6 che la colloca in classe di accettabilità B.

### ***Misure di frequenza naturale e indagini di sismica a rifrazione***

In corrispondenza dell'abitato del Capoluogo sono state eseguite n. 6 misure di sismica passiva con metodo HVSR (R20, R21, R22, R23, R24 e R25) nell'ambito dello studio in oggetto. Le registrazioni (R21 e R22) di rumore sismico eseguite nel settore nord-occidentale dell'area (loc. Valle Nuova e Valle Vecchia) hanno messo in luce una frequenza del picco principale rispettivamente di 18,91 Hz e 10,72 Hz con ampiezze di 3,13 e 3,93 che denotano presenza di fenomeni di risonanza superficiali, a profondità comprese tra 5 e 10 m dal p.c. e un alto contrasto di impedenza sismica. Alto contrasto di impedenza ( $A_0 = 3,23$ ) si ricava anche dalla prova R20, eseguita nel settore settentrionale dell'abitato, presso la loc. Il Bagno, tuttavia con una frequenza del picco

principale (4,64 Hz) che presuppone dei fenomeni di contrasto a profondità maggiori delle precedenti e comprese tra 20 e 30 m dal p.c..

Presso la loc. Il Bagno dai dati di base a disposizione sono state ricavate le risultanze di n. 1 prova sismica di tipo down-hole in foro di sondaggio (75\_SDH) e di n. 2 stendimenti di sismica a rifrazione (5\_SR e 6\_SR). Le prove hanno mostrato la presenza di un primo sismostrato dello spessore compreso tra 3,0 e 5,0 m avente  $V_s = 240$  m/s, a cui segue un secondo sismostrato di spessore 18,0 m con  $V_s = 683$  m/s. Un terzo sismostrato raggiunge la profondità di 30,0 m da p.c., con  $V_s = 731$  m/s, a cui segue uno spessore di 4,0 m con  $V_s = 1104$  m/s. Il primo sismostrato corrisponde alla coltre alteritica del substrato geologico sottostante, che caratterizza il secondo e terzo sismostrato con argilliti e marne prevalenti. Il quarto sismostrato corrisponde alla presenza di livelli arenitici o calcareo marnosi di maggiore competenza.

Dalle indagini Masw svolte in detta località (7\_MASW, 8\_MASW, 51\_MASW e 52\_MASW) è stato possibile ricavare un valore di  $V_{s30}$  compreso tra 622 e 777 m/s.

Sempre nel settore settentrionale, ma nella porzione orientale, a nord della loc. Casalvento, è stata eseguita la registrazione di rumore sismico R23 che, tuttavia, non ha presentato nessun fenomeno di risonanza.

Infine, le due registrazioni eseguite nel settore meridionale dell'abitato del capoluogo, rispettivamente la prova R24 in corrispondenza del Palazzo Comunale e, la prova R25, presso la loc. Ponte Vecchio, hanno entrambe mostrato picchi di frequenza (5,84 Hz e 6,01 Hz) che denotano fenomeni di risonanza compresi tra 10 e 20 m da p.c. con un basso contrasto di impedenza (ampiezza rispettivamente pari a 2,15 e 1,94).

L'indagine sismica eseguita in corrispondenza del Palazzo Comunale (58\_MASW) ha mostrato la presenza di n. 3 sismostrati: un primo di spessore di circa 3,5 – 4,0 m con  $V_s = 300$  m/s, un secondo, che raggiunge la profondità di oltre 8,0 m con  $V_s$  comprese tra 500 e 630 m/s e un terzo, con  $V_s$  di poco superiori a 700 m/s.

Dai n. 2 stendimenti sismici a rifrazione (9\_SR e 10\_SR) eseguiti presso la loc. Ponte Vecchio in presenza di litologie prevalentemente arenacee con interstrati pelitico-siltitici è stato possibile ricavare un valore di  $V_{s30}$  compreso tra 1405 e 1788 m/s.

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

- **zona stabile:** questa zona comprende le aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un substrato lapideo stratificato con assenza di copertura o presenza di spessori inferiori ai 5,0 m (generalmente inferiori ai 3,0 m) con  $i < 15^\circ$  e basso c. i.. Il substrato compreso all'interno della zona stabile è riconducibile alla presenza delle formazioni geologiche della Formazione di Monte Morello (MLL), delle Brecciole di M. Senario (BMS), delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3 e FAL3c). Al tetto del substrato è presente talora una coltre di alterazione dello spessore di 0-3 m.

Dallo studio complessivo di indagine sismica, dalle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite (23\_R) e data la successione stratigrafica rilevata si evince che tali settori non presentano alti contrasti di impedenza sismica.

La zona viene individuata in alcuni settori a nord e nord-ovest dell'abitato di Pelago (località Il Bagno, Casellina e Casalvento) e a sud ovest del centro storico, come ad esempio presso l'area del depuratore comunale.

### **Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica locale**

- **zona 1:** questa zona comprende le aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un substrato lapideo stratificato con assenza di copertura o presenza di spessori inferiori ai 5,0 m (generalmente inferiori ai 3,0 m) con  $i > 15^\circ$  e basso c.i.. Il substrato compreso all'interno della zona stabile è riconducibile alla presenza principalmente della formazione delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3 e FAL3c) e delle Brecciole di Monte

Senario (BMS). Al tetto del substrato è presente talora una coltre di alterazione e/o eluvio-colluviale con spessore inferiore ai 2 m.

Sulla scorta delle indagini di sismica passiva a stazione singola eseguite (24\_R e 25\_R) e data la successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo, tuttavia, data l'inclinazione dei versanti, possono essere suscettibili di amplificazione sismica per possibili effetti topografici. Questa zona presenta elementi morfologici quali scarpate morfologiche, anche attive, con dislivello inferiore ai 10 m e comprese tra 10 e 20 m. La zona viene individuata in corrispondenza del nucleo storico dell'abitato di Pelago, lungo il corso del Torrente Vicano di Pelago e in vari settori lungo il Fosso di Ribottoli.

- **zona 3:** questa zona comprende le aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un substrato lapideo stratificato con assenza di copertura o presenza di spessori inferiori ai 5,0 m (generalmente compresi tra 1,0 e 3,0 m) con  $i > 15^\circ$  e alto c. i.. Il substrato compreso all'interno della zona stabile è riconducibile alla presenza della Formazione di Monte Morello (MLL). Al tetto del substrato è presente una coltre di alterazione e/o eluvio-colluviale con spessore compreso tra 1,0 e 3,0 m

Dallo studio sismico complessivo e sulla scorta della successione stratigrafica rilevata si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo. Questa zona presenta elementi morfologici quali scarpate morfologiche con dislivello inferiore a 10 m. La zona viene individuata in una isolata area a sud della località Poggio.

- **zona 4:** questa zona comprende le aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un substrato lapideo stratificato con assenza di copertura o presenza di spessori inferiori ai 5,0 m (generalmente compresi tra 1,0 e 3,0 m) con  $i < 15^\circ$  e alto c. i.. Il substrato compreso all'interno della zona stabile è riconducibile alla presenza della Formazione di Monte Morello (MLL). Al tetto del substrato è presente una coltre di alterazione e/o eluvio-colluviale con spessore compreso tra 1,0 e 3,0 m

Sulla scorta delle indagini di sismica passiva in possesso (21\_R e 22\_R) e data la successione stratigrafica rilevata si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo, presumibilmente al passaggio tra depositi di copertura e substrato litoide inalterato, e/o all'interno del substrato stesso a causa di importanti variazioni di litofacies. Questa zona presenta elementi morfologici quali scarpate morfologiche con dislivello inferiore a 10 m. La zona viene individuata nella porzione sud-occidentale dell'area di studio in corrispondenza dei terreni litoidi appartenenti all'Unità Ligure.

- **zona 6:** la zona 6 comprende le aree nelle quali affiora substrato non rigido stratificato (NRS) e fratturato, caratterizzato dai litotipi delle Argille Varicolori (AVR) e contraddistinte dalla presenza di inclinazioni dei versanti  $< 15^\circ$ . Al tetto del substrato è presente talora una coltre di alterazione con spessore variabile (generalmente 2-4 m). Data la successione stratigrafica rilevata e sulla scorta dello studio sismico complessivo non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo. Interessa i terreni a debole pendenza presenti in corrispondenza di una limitata fascia, con andamento circa nord-ovest / sud-est, compresa tra gli abitati di Valle Vecchia e Bardigioni.

- **zona 8:** questa zona comprende aree nelle quali è presente un substrato non rigido e fratturato, caratterizzato dalle Arenarie del M. Falterona – Litofacies olistostromica (FALa) e contraddistinte dalla presenza di inclinazioni dei versanti  $< 15^\circ$ . Al tetto del substrato è presente talora una coltre di alterazione e/o eluvio-colluviale, di natura prevalentemente limoso argillosa, con spessore variabile, anche maggiore di 5,0 m (generalmente compresa tra 3,0 e 7,0m). Dallo studio complessivo di indagine sismica e data la successione

stratigrafica rilevata si evince che tali settori possono presentare alti contrasti di impedenza sismica. Interessa alcuni areali in corrispondenza dell'abitato della località Bardigliani.

- **zona 9:** questa zona comprende aree nelle quali affiora substrato non rigido e fratturato, caratterizzato dalle Arenarie del M. Falterona – Litofacies olistostromica (FALa) e contraddistinte dalla presenza di inclinazioni dei versanti  $< 15^\circ$ . Al tetto del substrato è presente talora una coltre di alterazione, di natura prevalentemente limoso argillosa con spessore variabile (0-3 m). Dalle indagini sismiche eseguite (20\_R) e data la successione stratigrafica rilevata si evince che tali settori possono presentare alti contrasti di impedenza sismica. Interessa un ampio settore in corrispondenza dell'abitato di Pelago, dal cimitero alla scuola elementare, e ampi settori tra il campo sportivo e la località Bardigliani e tra le località de Il Bagno e Casellina.

- **zona 10:** questa zona comprende aree nelle quali affiora substrato non rigido e fratturato, caratterizzato dalle Arenarie del M. Falterona – Litofacies olistostromica (FALa) e contraddistinte dalla presenza di inclinazioni dei versanti  $> 15^\circ$ . Al tetto del substrato è presente talora una coltre di alterazione, di natura prevalentemente limoso argillosa con spessore variabile (0-3 m). Dallo studio sismico complessivo e data la successione stratigrafica rilevata si evince che tali settori possono presentare alti contrasti di impedenza sismica. Interessa alcuni settori a maggiore acclività dell'abitato di Pelago così come alcuni settori tra le località de Il Bagno e Casellina.

- **zona 15:** la zona 15 corrisponde a quei settori, a debole pendenza ( $< 15^\circ$ ) laddove si ha la presenza di coperture detritiche, a composizione granulometrica prevalentemente ghiaioso sabbiosa e ghiaioso limosa con spessore maggiore di 5,0 m, poggiante su un substrato lapideo stratificato, talora con l'interposizione di uno spessore di coltre alteritica. Dallo studio complessivo di indagine sismica e data la successione stratigrafica rilevata si evince che tali settori non presentino alti contrasti di impedenza sismica. La zona viene individuata in un isolato settore nell'estremo settore sud-occidentale di studio e a valle della località Valle Vecchia.

- **zona 16:** questa zona comprende le aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un substrato lapideo stratificato con assenza di copertura o presenza di spessori anche superiori ai 5,0 m con  $i < 15^\circ$  e alto c. i.. Il substrato compreso all'interno della zona stabile è riconducibile alla presenza della Formazione di Monte Morello (MLL). Al tetto del substrato è presente talora una coltre di alterazione e/o eluvio-colluviale, di natura prevalentemente sabbioso limosa, con spessore generalmente compreso tra 5,0 e 9,0 m. Dallo studio complessivo di indagine sismica e data la successione stratigrafica rilevata si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo, presumibilmente al contatto tra terreni di copertura e substrato litoide. La zona viene individuata in un settore in corrispondenza dell'abitato di Valle Vecchia.

- **zona 21:** la zona 21 comprende le aree nelle quali si ha la presenza di uno spessore (0,0 – 5,0 m) di depositi antropici di riporto su un substrato costituito dalla successione appartenente alla zona 16. Data la successione stratigrafica rilevata si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo. Interessa i terreni costituiti da spessori antropici di riporto presenti in corrispondenza del centro di addestramento cani guida della Regione Toscana.

#### **Zone suscettibili di instabilità**

Le **zone suscettibili di instabilità di versante** sono state discriminate considerando l'ordine di rappresentazione indicato al paragrafo 2.3.3 degli ICMS e il potenziale crescente di deformazione legato allo stato di attività (stabilizzata, quiescente, attiva), nonché sulla base del potenziale di instabilità legato alle condizioni di acclività del versante sul quale si trova ubicata l'area in frana. Dalla disamina di questi fattori si sono individuate 4 zone

(FR1, FR2, FR3 e FR4) come mostrato nella carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica. Le zone di instabilità sono legate prevalentemente alla presenza di frane quiescenti (FR3 e FR4) e attive (FR1 e FR2).

In corrispondenza del limite stratigrafico individuato tra le coltri detritiche (coperture eluvio-colluviali, coltri di frana, e coperture detritiche) e il substrato lapideo stratificato (Formazione di Monte Morello – MLL, Brecciole di M. Senario – BMS e delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto – FAL3 e FAL3c) e tra il suddetto substrato litoide stratificato e i depositi prevalentemente argillitici appartenenti al substrato non rigido delle Arenarie del M. Falterona – Litofacies olistostromica (FALa) e al substrato non rigido stratificato delle Argille Varicolori (AVR) sono state delineate le zone potenzialmente interessate da **cedimenti differenziali**. Come per le altre aree di studio, è stato tracciato un areale (“buffer”) di circa 20 m di ampiezza, a partire dal limite stratigrafico. Il buffer rappresenta una zona di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse. In questo caso non è stata utilizzata alcuna nomenclatura.

- DIACCETO

(vedi tavole G.17, G.18, G.19 e G.20)

***Inquadramento geologico e geomorfologico***

L'area su cui sorge l'abitato di Diacceto è caratterizzata dalla presenza di terreni riconducibili alle formazioni dell'Unità di Monte Cervarola – Falterona (Dominio Toscano) e dell'Unità di Canetolo (Dominio Subligure).

In particolare l'Unità di Monte Cervarola - Falterona è rappresentata dal Membro di Montalto (FAL3) delle Arenarie del M. Falterona con alternanza di livelli arenacei, marnosi, argillitici e siltitici, e dalla litofacies olistostromica (FALa) delle Arenarie del M. Falterona costituito da breccie argillose ad elementi calcarei micritici e siltitici in matrice argillitica. Mentre l'Unità di Canetolo è rappresentata dalle Arenarie di Monte Senario (SEN), costituita da torbiditi arenaceo pelitiche, e dalle Brecciole di Monte Senario (BMS) costituite da calcari marnosi e marne argillitiche alternate ad arenarie calcaree torbiditiche.

Le varie formazioni riconosciute sono soventemente sormontate da coltri eluvio-colluviali (b2a), da coltri detritiche di frana sia attive (F) che quiescenti (Fq) e talora da depositi detritici di versante (aa) e detriti di falda (a3a).

L'abitato di Diacceto, in maniera specifica, e i settori collinari posti a nord dell'abitato stesso, presentano un substrato costituito dalle Arenarie di Monte Senario (SEN) con assetto giaciturale a franapoggio, sia più che meno inclinato del pendio, verso i quadranti meridionali, con inclinazioni comprese tra 15° e 35°. Le Brecciole di Monte Senario (BMS) costituiscono, invece il substrato roccioso dei settori di interesse posti nelle estreme porzioni occidentali ed orientali dell'area di approfondimento e presentano nei settori occidentali un'immersione verso i quadranti di ponente con giacitura a franapoggio più o meno inclinato del pendio e inclinazioni di circa 30°, mentre nei settori orientali un'immersione verso i quadranti di levante con giaciture a reggipoggio e inclinazioni estremamente variabili (dai 15° ai 75°).

Le formazioni delle Unità di Canetolo sono messe a contatto con i termini torbiditici dell'Unità del M. Cervarola – Falterona mediante la presenza di strutture tettoniche, principalmente faglie di tipo diretto, che ribassano la porzione delle formazioni subliguri.

Per quanto riguarda le Arenarie del M. Falterona, il Membro di Montalto (FAL3) costituisce il substrato del settore sud-orientale dell'abitato di Diacceto, interessando le aree ad est della loc. Crocellina e i settori a sud di questa, dalla località di Quercetello sino alle località di Poggio Sano e Vigne. L'assetto giaciturale è generalmente a reggipoggio o a traverpoggio con immersione verso i quadranti orientali e inclinazioni variabili

tra 10° e 30°. La litofacies olistostromica delle Arenarie del M. Falterona (FALa) interessa, invece i terreni della porzione sud-occidentale dell'abitato di Diacceto, ad ovest della loc. Crocellina e affiorano, in particolare in corrispondenza dell'area cimiteriale dell'abitato. Data la caoticizzazione di questa litofacies non è possibile determinarne un assetto stratigrafico e giaciturale prevalente.

Il contesto è completato dalla presenza di terreni di origine antropica, in particolare in corrispondenza delle aree intensamente urbanizzate o di manufatti e/o manomissioni di origine antropica.

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, a stabilizzato. In particolar modo la porzione meridionale dell'abitato di Diacceto è interessato da due grossi corpi di frana quiescente che con andamento circa nord-sud interessano l'area di nuova edificazione posta tra il nucleo storico e la loc. Crocellina, sino a raggiungere la località di Quercetello. Sono presenti, inoltre, areali con fenomeni di soliflusso localizzato, di erosione superficiale e a franosità diffusa. 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.

Dal punto di vista morfologico si evidenzia una generale acclività da bassa a medio-bassa dei versanti (pendenze comprese tra 5% e 25%) con isolati settori con pendenze sia maggiori, tuttavia con acclività generalmente non superiori al 35%, che minori.

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 la frazione di Diacceto 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 particolare sono state ricavate le risultanze del seguente numero di indagini:

- n. 22 sondaggi geognostici a carotaggio continuo di cui n. 16 strumentati con tubo piezometrico e n. 5 strumentati con canna inclinometrica, con le relative risultanze stratigrafiche e talora geotecniche di laboratorio;
- n. 22 prove penetrometriche di cui n. 15 prove penetrometriche statiche e n. 7 prove penetrometriche dinamiche;
- n. 3 stratigrafie di terebrazioni di pozzi profondi;
- n. 9 indagini di sismica a rifrazione con onde P e Sh;
- n. 2 indagini di sismica tipo MASW.

In corrispondenza dell'abitato di Diacceto sono inoltre stata 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. 1 stendimento sismico a rifrazione per l'acquisizione delle onde P e Sh e in n. 5 prove di sismica passiva mediante tecnica a stazione singola sulle vibrazioni ambientali (HVSr).

### ***Modello geologico del sottosuolo***

Il substrato geologico su cui sorge l'abitato di Paterno risulta costituito da terreni riconducibili alle formazioni dell'Unità di Monte Cervarola – Falterona (Arenarie del M. Falterona - Membro di Montalto - FAL3 e Arenarie del M. Falterona - litofacies olistostromica – FALa), e dell'Unità di Canetolo (Arenarie di Monte Senario – SEN e Brecciole di Monte Senario - BMS).

In particolare l'area sud-orientale del centro abitato è contraddistinto dai termini del Membro di Montalto delle Arenarie del M. Falterona (FAL3), mentre l'area sud-occidentale dell'abitato poggia su terreni di natura prevalentemente argillitico marnosa e argillitico siltitica riferibili alla litofacies olistostromica delle Arenarie del M. Falterona (FALa). Suddette litologie sono sormontate da uno spessore di coltre eluvio-colluviale e/o alteritica con spessori rilevati generalmente inferiori ai 5,0 m dal p.c..

Il settore settentrionale presenta, invece, un substrato costituito dalle litologie attribuite all'Unità di Canetolo e in particolare alle Arenarie di Monte Senario (SEN), con litologie prevalentemente arenacee e subordinatamente siltitico argillitiche. Le Breccie di Monte Senario (BMS) costituiscono il substrato geologico degli estremi settori occidentali e orientali della frazione. Le formazioni presentano in superficie uno spessore di coltre eluvio-colluviale e/o alteritica generalmente compreso tra 3,0 e 7,0 m dal p.c..

Infine in alcuni areali vengono riconosciuti spessori metrici di depositi riferibili a coltri di frana o a spessori di entità variabile di terreni di riporto antropico.

### ***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 sono stati attribuiti all'unità geologico-tecnica SMec (Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente di versante – eluvi/colluvi) i depositi appartenenti alle coltri eluvio-colluviali a composizione prevalentemente sabbiosa, mentre all'unità geologico-tecnica MLec (Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità di ambiente genetico di versante – eluvi/colluvi) i depositi appartenenti alle coltri eluvio-colluviali a composizione prevalentemente argillosa. All'unità geologico-tecnica GMfd (Ghiaie limose, miscela di ghiaie, sabbia e limo di ambiente genetico di versante - falda detritica) sono stati attribuiti i depositi di versante (aa) e i detriti di falda (a3a). Inoltre vengono riportati i terreni contenenti resti di attività antropica (RI).

I terreni di natura litoide appartenenti alle Arenarie di Monte Senario (SEN), alle Breccie di Monte Senario (BMS) e alla formazione delle Arenarie del Monte Cervarola – Membro di Montalto (FAL3) riferibili al substrato geologico rigido e non rigido sono stati inseriti nella classe geologico-tecnica LPS (Lapideo, stratificato).

I terreni del substrato litoide appartenenti alle Arenarie del Monte Falterona – Litofacies olistostromica (FALa) sono state inserite nella classe geologico-tecnica NR (Substrato geologico non rigido).

Infine sono stati rappresentati i fenomeni gravitativi attivi, quiescenti e stabilizzati e i movimenti non definiti attivi, nonché gli orli di scarpata morfologica.

Inoltre vengono presentate le indicazioni delle strutture tettoniche e gli elementi geologici e idrogeologici relativi ai sondaggi e pozzi presenti nell'area con indicazione della profondità del substrato rigido raggiunto o della profondità di indagine che non ha raggiunto il substrato rigido.

### ***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. 5 misure HVSR di cui n. 2 classificate in classe A1 e n. 3 classificate in B1 si ricava una valutazione di qualità pari a 64,3 che la colloca in classe di accettabilità B.

### ***Misure di frequenza naturale e indagini di sismica a rifrazione***

In corrispondenza dell'abitato di Diacceto sono state appositamente eseguite n. 5 misure di sismica passiva con metodo HVSR (R11, R12, R13, R14 e R15) nell'ambito dello studio in oggetto.

La registrazione (R12) di rumore sismico eseguita nel settore nord-occidentale dell'area ha messo in luce una frequenza del picco principale di 13,63 Hz con ampiezza di 3,3 che denota fenomeni di risonanza superficiali, a profondità comprese tra 5 e 10 m dal p.c. e un alto contrasto di impedenza sismica. Alto contrasto di impedenza ( $A_0 = 3,37$ ) si ricava anche dalla prova R11, eseguita in loc. La Crocellina, tuttavia con una frequenza del picco principale (2,38 Hz) che presuppone dei fenomeni di contrasto a profondità maggiori delle precedenti e comprese tra 30 e 50 m dal p.c.. Ad est della loc. La Crocellina la prova di rumore sismico eseguita (R13) presenta un picco principale di 19,38 Hz con ampiezza di 2,49 che denota fenomeni di risonanza a profondità comprese tra 5 e 10 m dal p.c. e un basso contrasto di impedenza sismica. Le due registrazioni di rumore sismico (R14 e R15) eseguite nel settore orientale dell'abitato di Diacceto, rispettivamente a nord e a sud della Via Casentinese, hanno mostrato entrambe bassi contrasti di impedenza (ampiezza rispettivamente di 2,58 e 2,33) a profondità comprese rispettivamente di 10-20 m dal p.c. (picco di frequenza a 7,41 Hz) e di 20-30 m dal p.c. (picco di frequenza a 4,06 Hz).

Nella porzione meridionale dell'abitato di Diacceto, a nord della loc. Quercetello, è stata eseguita una linea sismica a rifrazione (Linea A) che ha mostrato la presenza di un primo sismostrato dello spessore variabile tra 3,0 e 10,0 m avente  $V_s = 275-280$  m/s, corrispondente a depositi di copertura eluvio-colluviale e alteritica, poggianti su un secondo sismostrato con  $V_s$  comprese tra 575 e 705 m/s nel settore sud-est dello stendimento e  $V_s$  comprese tra 1050 e 1150 m/s nel settore nord-occidentale dello stendimento. Il secondo sismostrato è riferibile al substrato litoide contraddistinto dall'alternanza di livelli arenacei e siltitico-pelitici che determinano, anche in funzione del loro grado di fratturazione e alterazione le differenze riscontrate nelle  $V_s$ .

Nel settore dell'abitato tra il nucleo storico e la loc. Crocellina è possibile ricavare dai dati di base le risultanze di n. 8 stendimenti di sismica a rifrazione (19\_SR, 20\_SR, 21\_SR, 22\_SR, 23\_SR, 24\_SR, 25\_SR, 26\_SR) e di n. 1 prova sismica in foro tipo down-hole (92\_SI\_SDH).

Le suddette prove hanno mostrato la presenza di un primo sismostrato dello spessore di 1,0 – 2,0 m avente  $V_s = 77 / 255$  m/s, a cui segue un secondo sismostrato di spessore di 2,0 – 5,0 m con  $V_s = 353 / 636$  m/s. Un terzo sismostrato raggiunge la profondità di 7,0 m da p.c., con  $V_s = 843 / 1277$  m/s, a cui segue uno spessore di 17,0 m con  $V_s = 1310 / 1800$  m/s.

Il primo sismostrato è riferibile ai depositi detritici superficiali, mentre il secondo è riferibile alla coltre alteritica del substrato con alternanze arenaceo-pelitiche che caratterizza i due sismostrati più profondi.

La prova sismica a rifrazione (16\_SR) eseguita in corrispondenza del nucleo abitativo storico di Diacceto, poco a nord della Via Casentinese ha mostrato la presenza di un bedrock sismico, caratterizzato con  $V_s > 800$  m/s, identificabile a una profondità di circa 7,0 m dal p.c.. Il valore di  $V_{s30}$ , stimato tramite tecnica Masw (15\_MASW), risulta pari a 667 m/s.

Una prova Masw (17\_MASW) eseguita nell'estremo settore nord-occidentale dell'abitato presenta un valore di  $V_{s30} = 447$  m/s.

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

- **zona stabile:** questa zona comprende le aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un substrato lapideo stratificato con assenza di copertura o presenza di spessori inferiori ai 5,0 m (generalmente inferiori ai 3,0 m) con  $i < 15^\circ$  e basso c. i.. Il substrato compreso all'interno della zona stabile è riconducibile alla presenza delle

formazioni geologiche delle Arenarie di M. Senario (SEN), delle Brecciole di M. Senario (BMS) e delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3). Al tetto del substrato è presente talora una coltre di alterazione dello spessore di 0-3 m.

Dallo studio complessivo di indagine sismica e data la successione stratigrafica rilevata si evince che tali settori non presentano alti contrasti di impedenza sismica.

La zona viene individuata nei settori a debole acclività in corrispondenza del nucleo storico dell'abitato di Diacceto e di ampi settori a nord, est, e in parte ad ovest, dell'abitato stesso. Inoltre una zona stabile si riscontra in corrispondenza della località Il Quercetello dove sono presenti terreni riconducibili alle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3).

#### **Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica locale**

- **zona 1:** questa zona comprende le aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un substrato lapideo stratificato con assenza di copertura o presenza di spessori inferiori ai 5,0 m (generalmente inferiori ai 3,0 m) con  $i > 15^\circ$  e basso c.i.. Il substrato compreso all'interno della zona stabile è riconducibile alla presenza della formazione delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3). Al tetto del substrato è presente talora una coltre di alterazione e/o eluvio-colluviale con spessore inferiore ai 2 m.

Dallo studio complessivo di indagine sismica e data la successione stratigrafica rilevata non si ritiene verificata la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo, tuttavia, data l'inclinazione dei versanti, possono essere suscettibili di amplificazione sismica per possibili effetti topografici. Questa zona presenta elementi morfologici quali scarpate morfologiche con dislivello inferiore ai 10 m. La zona viene individuata in un settore a sud-est della località Il Quercetello.

- **zona 8:** questa zona comprende aree nelle quali è presente un substrato non rigido e fratturato, caratterizzato dalle Arenarie del M. Falterona – Litofacies olistostromica (FALa) e contraddistinte dalla presenza di inclinazioni dei versanti  $< 15^\circ$ . Al tetto del substrato è presente talora una coltre di alterazione e/o eluvio-colluviale, di natura prevalentemente limoso argillosa, con spessore variabile, anche maggiore ai 5,0 m (generalmente compresa tra 3,0 e 7,0m). Dallo studio complessivo di indagine sismica e data la successione stratigrafica rilevata si evince che tali settori possono presentare alti contrasti di impedenza sismica. Interessa una fascia con estensione circa nord-sud posta in corrispondenza della porzione ovest e sud-ovest dell'abitato di Diacceto, presso la località La Crocellina.

- **zona 9:** questa zona comprende aree nelle quali affiora substrato non rigido e fratturato, caratterizzato dalle Arenarie del M. Falterona – litofacies olistostromica (FALa) e contraddistinte dalla presenza di inclinazioni dei versanti  $< 15^\circ$ . Al tetto del substrato è presente talora una coltre di alterazione, di natura prevalentemente limoso argillosa con spessore variabile (0-3 m). Dallo studio complessivo di indagine sismica e data la successione stratigrafica rilevata si evince che tali settori possono presentare alti contrasti di impedenza sismica. Interessa un ampio settore in corrispondenza dell'area cimiteriale di Diacceto.

- **zona 15:** la zona 15 corrisponde a quei settori, a debole pendenza ( $< 15^\circ$ ) laddove si ha la presenza di coperture detritiche, a composizione granulometrica prevalentemente ghiaioso sabbiosa e ghiaioso limosa con spessore maggiore di 5,0 m, poggiante su un substrato lapideo stratificato, talora con l'interposizione di uno spessore di coltre alteritica. Dallo studio complessivo di indagine sismica e data la successione stratigrafica rilevata si evince che tali settori non presentino alti contrasti di impedenza sismica. La zona viene individuata in alcuni limitati settori ad ovest e ad est dell'abitato di Diacceto.

- **zona 16:** questa zona comprende le aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un substrato lapideo stratificato con assenza di copertura o presenza di spessori anche superiori ai 5,0 m con  $i < 15^\circ$  e alto c. i.. Il substrato compreso all'interno della zona stabile è riconducibile alla presenza delle formazioni geologiche delle Arenarie di M. Senario (SEN) e delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3). Al tetto del substrato è presente talora una coltre di alterazione e/o eluvio-colluviale, di natura prevalentemente sabbioso limosa, con spessore generalmente compreso tra 2,0 e 7,0 m

Sulla scorta delle indagini di sismica passiva in possesso (12\_R e 14\_R) si presume, cautelativamente, la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo, presumibilmente al contatto tra terreni di copertura e substrato litoide. Questa zona presenta elementi morfologici quali scarpate morfologiche con dislivello inferiore a 10 m. La zona viene individuata in ampi settori a nord del nucleo abitativo storico di Diacceto, in corrispondenza della porzione orientale dell'area di nuovo insediamento abitativo a sud-est dello stesso nucleo, e in una fascia, con andamento circa nord-sud che si estende a partire dall'area su cui sorge la chiesa.

- **zona 20:** la zona 20 comprende le aree nelle quali si ha la presenza di uno spessore (0,0 – 5,0 m) di depositi antropici di riporto su un substrato costituito dalla successione appartenente alla zona 8. Data la successione stratigrafica rilevata si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo. Interessa i terreni costituiti da spessori antropici di riporto presenti in corrispondenza del centro di addestramento cani guida della Regione Toscana.

- **zona 21:** la zona 21 comprende le aree nelle quali si ha la presenza di uno spessore (0,0 – 5,0 m) di depositi antropici di riporto su un substrato costituito dalla successione appartenente alla zona 16. Data la successione stratigrafica rilevata si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo. Interessa i terreni costituiti da spessori antropici di riporto presenti in corrispondenza del centro di addestramento cani guida della Regione Toscana.

#### **Zone suscettibili di instabilità**

Le **zone suscettibili di instabilità di versante** sono state discriminate considerando l'ordine di rappresentazione indicato al paragrafo 2.3.3 degli ICMS e il potenziale crescente di deformazione legato allo stato di attività (stabilizzata, quiescente, attiva), nonché sulla base del potenziale di instabilità legato alle condizioni di acclività del versante sul quale si trova ubicata l'area in frana. Dalla disamina di questi fattori si sono individuate 6 zone (FR1, FR2, FR3, FR4, FR5 e FR6) come mostrato nella carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica. Le zone di instabilità sono legate prevalentemente alla presenza di frane stabilizzate (FR5 e FR6), quiescenti (FR3 e FR4) e attive (FR1 e FR2).

In corrispondenza del limite stratigrafico individuato tra le coltri detritiche (coperture eluvio-colluviali, coltri di frana, e coperture detritiche) e il substrato lapideo stratificato (Arenarie di M. Senario - SEN, Brecciole di M. Senario – BMS e delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto - FAL3) e tra il suddetto substrato litoide stratificato e i depositi prevalentemente argillitici appartenenti al substrato non rigido delle Arenarie del M. Falterona – Litofacies olistostromica (FALa) sono state delineate le zone potenzialmente interessate da **cedimenti differenziali**. Come per le altre aree di studio, è stato tracciato una reale “buffer” di circa 20 m di ampiezza, a partire dal limite stratigrafico. Il buffer rappresenta una zona di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse. In questo caso non è stata utilizzata alcuna nomenclatura.

- SAN FRANCESCO

(vedi tavole G.23, G.24, G.25 e G.26)

***Inquadramento geologico e geomorfologico***

L'area su cui sorge l'abitato di San Francesco è caratterizzata dalla presenza di terreni riconducibili alle formazioni dell'Unità di Monte Morello (Dominio Ligure) e in particolare alla Formazione di Monte Morello (MLL) e alla Formazione di Sillano (SIL).

Queste sono soventemente sormontate da coltri eluvio-colluviali (b2a) e/o da corpi detritici di frana, sia quiescenti (Fq) che stabilizzati (Fs). In particolare i terreni appartenenti alla Formazione di Sillano (SIL) caratterizzano con litologie prevalentemente argillitico e siltitico marnose, il substrato geologico della porzione settentrionale dell'abitato di San Francesco, mentre i terreni appartenenti alla Formazione di Monte Morello (MLL), che sormonta stratigraficamente mediante contatto-tettonico la Formazione di Sillano (SIL) costituiscono con litologie prevalentemente calcaree e calcareo marnose il substrato geologico della porzione meridionale dell'abitato stesso.

L'assetto giaciturale delle formazioni mostra in media direzioni di immersione degli strati verso i quadranti meridionali con inclinazioni che variano generalmente tra 40° e 70°, con locali situazioni di stratificazione con minor inclinazione, in particolare in corrispondenza della Formazione di Sillano (SIL). L'assetto degli strati è generalmente quello a franapoggio, da più inclinato a meno inclinato del pendio, o con giacitura a traverpoggio.

In prossimità del corso del Fiume Sieve, in corrispondenza del campo sportivo e dell'area della loc. Monsavano, i terreni del substrato sono sormontati da una copertura costituita da depositi alluvionali recenti, terrazzati o non terrazzati (bna). L'alveo del Fiume Sieve è contraddistinto dalla presenza di depositi alluvionali attuali (b).

Il contesto è completato dalla presenza di terreni di origine antropica, in particolare in corrispondenza dei rilevati stradali, di manufatti di origine antropica e delle arginature in corrispondenza del Fiume Sieve.

Il quadro geomorfologico è contraddistinto da distretti caratterizzati dalla presenza di fenomenologie gravitative con i relativi coronamenti il cui stato di attività è sia quiescente che stabilizzato ed è completato dalla presenza di una serie di scarpate di erosione sia attive che non e, in prossimità del corso del Fiume Sieve, di orli di scarpata o di terrazzo fluviale.

Dal punto di vista morfologico si evidenzia una acclività bassa dei versanti (pendenze comprese tra 0% e 10%) nel settore pianeggiante su cui sorge il nucleo abitativo mentre una acclività maggiore, generalmente compresa tra 10% e 25%, con tuttavia settori ad acclività maggiore, in corrispondenza dei settori collinari, in particolare in corrispondenza dei litotipi appartenenti alla Formazione di Monte Morello (MLL). Talora i rilievi collinari, come ad esempio in corrispondenza dell'imbocco sud della galleria di Monsavano, in corrispondenza dei terreni attribuibili alla Formazione di Monte Morello (MLL), presentano acclività con pendenze > 35%.

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 progressse***

Per la frazione di San Francesco 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 particolare sono state ricavate le risultanze del seguente numero di indagini:

- n. 41 sondaggi geognostici a carotaggio continuo di cui n. 28 strumentati con tubo piezometrico, n. 5 strumentati con canna inclinometrica e n. 1 strumentato con tubo per prova down-hole, con le relative risultanze stratigrafiche e talora geotecniche di laboratorio;
- n. 1 stratigrafia risultante da saggi o trincee esplorative realizzate con escavatore meccanico;
- n. 8 prove penetrometriche di cui n. 6 prove penetrometriche statiche e n. 2 prove penetrometriche dinamiche;
- n. 3 stratigrafie di terebrazioni di pozzi profondi;
- n. 5 indagini di sismica a rifrazione con onde P e Sh;
- n. 1 indagini di sismica tipo MASW;
- n. 1 indagini di sismica in foro tipo down-hole.

In corrispondenza dell'abitato di San Francesco sono inoltre stata 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. 2 stendimenti sismici a rifrazione per l'acquisizione delle onde P e Sh e in n. 5 prove di sismica passiva mediante tecnica a stazione singola sulle vibrazioni ambientali (HVSR).

### ***Modello geologico del sottosuolo***

Il substrato geologico su cui sorge l'abitato di San Francesco risulta costituito da terreni riconducibili alle formazioni dell'Unità di Monte Morello (Formazione di Sillano – SIL e Formazione di Monte Morello – MLL).

In particolare l'area meridionale dell'abitato è contraddistinto dai termini della Formazione di Monte Morello (MLL) costituita dall'alternanza di calcari marnosi con subordinati livelli marnoso siltitici e argillitico marnosi, quest'ultimi talora prevalenti, e aventi in superficie spessori di coltre alteritica e/o eluvio-colluviale generalmente inferiore ai 5,0 m dal p.c.. Nell'estrema porzione meridionale dell'abitato e in corrispondenza del corso del Fiume Sieve al di sopra del substrato litoide si rinvengono spessori, compresi tra 4,5 e 10,5 m, di litologie da macroclastiche a sabbioso-limose riferibili ai depositi alluvionali attuali (b) e recenti terrazzati e non (bna).

Il settore settentrionale dell'abitato presenta, invece, un substrato geologico caratterizzato dalle litologie prevalentemente argillitiche e argillitico marnose della Formazione di Sillano (SIL). Questa presenta una coltre di alterazione, che con l'aggiunta delle coperture eluvio-colluviali, può raggiungere i 5,0 m di spessore.

In corrispondenza del corso del Fiume Sieve, al di sopra del substrato litoide, si rinvengono spessori, compresi tra 3,5 e 6,0 m, di litologie da macroclastiche a sabbioso-limose riferibili ai depositi alluvionali attuali (b) e recenti terrazzati e non (bna).

Infine in alcuni areali vengono riconosciuti spessori metrici di depositi riferibili a coltri di frana o a spessori di entità variabile di terreni di riporto antropico.

### ***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 sono stati attribuiti all'unità geologico-tecnica SMec (Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente di versante – eluvi/colluvi) i depositi appartenenti alle coltri eluvio-colluviali a composizione prevalentemente sabbiosa, mentre all'unità geologico-tecnica MLec (Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità di ambiente genetico di versante – eluvi/colluvi) i depositi appartenenti alle coltri eluvio-colluviali a composizione prevalentemente argillosa.

All'unità geologico-tecnica GMes (Ghiaie limose, miscela di ghiaie, sabbia e limo di ambiente genetico fluvio lacustre – argine / barra / canali) sono stati attribuiti i depositi alluvionali attuali (b), mentre all'unità geologico-tecnica SMes (Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente genetico fluvio lacustre – argine / barra / canali) sono stati attribuiti i depositi alluvionali recenti, terrazzati e non (bna).

Inoltre vengono riportati i terreni contenenti resti di attività antropica (RI).

I terreni di natura litoide appartenenti alla Formazione di Monte Morello (MLL) e riferibili al substrato geologico rigido e non rigido sono stati inseriti nella classe geologico-tecnica LPS (Lapideo, stratificato).

I terreni del substrato litoide appartenenti alla Formazione di Sillano (SIL) sono state inserite nella classe geologico-tecnica NRS (Substrato geologico non rigido, stratificato).

Infine sono stati rappresentati i fenomeni gravitativi quiescenti e stabilizzati, nonché gli orli di scarpata morfologica.

Inoltre vengono presentate le indicazioni delle strutture tettoniche e gli elementi geologici e idrogeologici relativi ai sondaggi e pozzi presenti nell'area con indicazione della profondità del substrato rigido raggiunto o della profondità di indagine che non ha raggiunto il substrato rigido.

### ***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. 5 misure HVSR di cui n. 1 classificata in classe A2 e n. 4 classificate in B1 si ricava una valutazione di qualità pari a 63,0 che la colloca in classe di accettabilità B.

### ***Misure di frequenza naturale e indagini di sismica a rifrazione***

In corrispondenza dell'abitato di San Francesco sono state appositamente eseguite n. 5 misure di sismica passiva con metodo HVSR (R30, R31, R32, R33 e R34) nell'ambito dello studio in oggetto.

La registrazione (R30) di rumore sismico eseguita nel settore a sud del centro abitato, in loc. Monsavano a valle della Via Forlivese ha messo in luce una frequenza del picco principale di 16,53 Hz con ampiezza di 2,88 che denota fenomeni di risonanza superficiali, a profondità comprese tra 5 e 10 m dal p.c. e un basso contrasto di impedenza sismica. Alto contrasto di impedenza ( $A_0 = 4,73$ ) si ricava anche dalla prova R31, eseguita nel centro storico dell'abitato, con una frequenza del picco principale (16,53 Hz) che presuppone dei fenomeni di contrasto a profondità anch'esse comprese tra 5 e 10 m dal p.c.. Poco più a nord, nel settore a monte del tracciato ferroviario è stata eseguita la prova di rumore sismico eseguita (R32), che presenta un picco principale di 10,43 Hz con ampiezza di 2,24 che denota fenomeni di risonanza a profondità comprese tra 5 e 10 m dal p.c. e un basso contrasto di impedenza sismica. Le due registrazioni di rumore sismico (R33 e R34) eseguite nel settore settentrionale dell'abitato di San Francesco, rispettivamente a monte del tracciato ferroviario presso la loc. La Torre e in prossimità del corso del Fiume Sieve presso l'ex insediamento industriale “Merinangora”, hanno mostrato nel primo caso un picco di frequenza a 1,20 Hz con ampiezza di 1,83 che rappresenta fenomeni di contrasto di impedenza sismica a profondità comprese tra 50 e 100 m dal p.c., mentre nel secondo caso non sono stati registrati fenomeni di risonanza.

Nella porzione settentrionale dell'abitato di San Francesco, in prossimità dell'area ospedaliera, è stata eseguita una linea sismica a rifrazione (Linea D) che ha mostrato la presenza di un primo sismostrato dello spessore variabile tra 3,0 e 5,0 m avente  $V_s = 210-240$  m/s, poggiante su un secondo sismostrato con  $V_s$  comprese tra 450 e 510 m/s.

Nel settore dell'abitato tra il nucleo storico e l'estrema porzione settentrionale è possibile ricavare dai dati di base le risultanze di n. 4 stendimenti di sismica a rifrazione (40\_SR, 41\_SR, 43\_SR, 44\_SR e 45\_SR) e di n. 1 prova sismica in foro tipo down-hole (167\_SDH).

Le suddette prove hanno mostrato la presenza di un primo sismostrato dello spessore di 1,0 – 2,0 m avente  $V_s = 116 / 189$  m/s, a cui segue un secondo sismostrato di spessore di 7,5 – 14,0 m con  $V_s = 266 / 338$  m/s. Un terzo sismostrato raggiunge almeno la profondità di 30,0 m da p.c. presenta  $V_s = 415 / 572$  m/s.

Il valore di  $V_{s30}$ , stimato tramite tecnica Masw (42\_MASW), risulta pari a 417 m/s, coerente con il valore di  $V_{s30} = 403$  m/s calcolato da sezione sismica in onde Sh (43\_SR). Questi risultano sono concordi, sebbene leggermente superiori, con i valori di  $V_{s30}$  derivanti dalle prove 44\_SR, 45\_SR e 167\_SDH, che hanno registrati valori di  $V_{s30}$  rispettivamente pari a 377 m/s, 386 m/s e 367 m/s.

L'insieme dei dati sismici conferma la presenza di un sottosuolo nei punti di indagine analizzati costituito da uno spessore di coltre alteritica e/o eluvio-colluviale su un substrato prevalentemente non rigido caratterizzato da litologie argillitico-marnose.

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

- **zona stabile:** questa zona comprende le aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un substrato lapideo stratificato con assenza di copertura o presenza di spessori inferiori ai 5,0 m (generalmente inferiori ai 3,0 m) con  $i < 15^\circ$  e basso c. i.. Il substrato compreso all'interno della zona stabile è riconducibile alla presenza della Formazione di Monte Morello (MLL). Al tetto del substrato è presente talora una coltre di alterazione dello spessore di 0-1 m.

Dallo studio complessivo di indagine sismica e data la successione stratigrafica rilevata si evince che tali settori non presentano alti contrasti di impedenza sismica.

La zona viene individuata nei settori a debole acclività in corrispondenza degli affioramenti della Formazione di Monte Morello (MLL) in alveo del Fiume Sieve.

### **Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica locale**

- **zona 1:** questa zona comprende le aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un substrato lapideo stratificato con assenza di copertura o presenza di spessori inferiori ai 5,0 m (generalmente inferiori ai 3,0 m) con  $i > 15^\circ$  e basso c.i.. Il substrato compreso all'interno della zona stabile è riconducibile alla presenza della Formazione di Monte Morello (MLL). Al tetto del substrato è presente talora una coltre di alterazione e/o eluvio-colluviale con spessore inferiore ai 2 m.

Dallo studio complessivo di indagine sismica e data la successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo, tuttavia, data l'inclinazione dei versanti, possono essere suscettibili di amplificazione sismica per possibili effetti topografici. Questa zona presenta elementi morfologici quali scarpate morfologiche con dislivello anche superiore ai 20 m. La zona viene individuata in un settore a sud-ovest della località Fontatti e ad est della località La Fortuna in corrispondenza dell'imbocco meridionale della galleria di Monsavano.

- **zona 2:** questa zona comprende le aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un substrato lapideo stratificato con assenza di copertura o presenza di spessori anche superiori ai 10,0 m (generalmente compresi tra 3,0 e 7,0 m) con  $i < 15^\circ$  e basso c. i.. Il substrato compreso all'interno della zona stabile è riconducibile alla presenza della Formazione di Monte Morello (MLL). Al tetto del substrato è presente talora una coltre di alterazione e/o eluvio-colluviale, e talora alluvionale (alluvioni terrazzate e recenti) con spessore compreso tra 3,0 e 7,0 m

Sulla scorta delle indagini di sismica passiva in possesso (30\_R e 32\_R) non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo. Questa zona presenta elementi morfologici quali scarpate morfologiche con dislivello inferiore a 10 m. La zona viene individuata in alcuni settori presso l'abitato di San Francesco, in corrispondenza della località Fontatti, presso la località Stabbiello, a nord del corso del Borro di Rippio e in un ampio settore tra le località Monsavano e Il Buffone, a sud dell'abitato di San Francesco.

- **zona 4:** questa zona comprende le aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un substrato lapideo stratificato con assenza di copertura o presenza di spessori inferiori ai 5,0 m (generalmente compresi tra 3,0 e 4,0 m) con  $i < 15^\circ$  e alto c. i.. Il substrato compreso all'interno della zona stabile è riconducibile alla presenza della Formazione di Monte Morello (MLL). Al tetto del substrato è presente una coltre di alterazione e/o eluvio-colluviale con spessore compreso tra 3,0 e 4,0 m

Sulla scorta delle indagini di sismica passiva in possesso (31\_R) si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo, presumibilmente al passaggio tra depositi di copertura e substrato litoide inalterato. Questa zona presenta elementi morfologici quali scarpate morfologiche con dislivello inferiore a 10 m. La zona viene individuata nel settore centrale dell'abitato di San Francesco.

- **zona 5:** la zona 5 comprende le aree nelle quali affiora substrato non rigido stratificato (NRS) e fratturato, caratterizzato dai litotipi della Formazione di Sillano (SIL) e contraddistinte dalla presenza di inclinazioni dei versanti  $> 15^\circ$ . Al tetto del substrato è presente talora una coltre di alterazione con spessore variabile (generalmente compreso tra 3,0 e 5,0 m). Dallo studio complessivo di indagine sismica e data la successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo, tuttavia, data l'inclinazione dei versanti, possono essere suscettibili di amplificazione sismica per possibili effetti topografici. Interessa i terreni a maggiore acclività presenti in un settore limitato presente a nord-ovest della località Fontatti.

- **zona 6:** la zona 6 comprende le aree nelle quali affiora substrato non rigido stratificato (NRS) e fratturato, caratterizzato dai litotipi della Formazione di Sillano (SIL) e contraddistinte dalla presenza di inclinazioni dei versanti  $< 15^\circ$ . Al tetto del substrato è presente talora una coltre di alterazione con spessore variabile (generalmente 2-4 m). Data la successione stratigrafica rilevata e sulla scorta delle indagini di sismica passiva in possesso (33\_R) non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo. Questa zona presenta elementi morfologici quali scarpate morfologiche con dislivello inferiore a 10 m. Interessa i terreni a debole pendenza presenti in corrispondenza del settore settentrionale dell'abitato di San Francesco, generalmente a monte del tracciato ferroviario Pontassieve – Borgo San Lorenzo.

- **zona 7:** questa zona comprende le aree nelle quali affiora substrato non rigido stratificato (NRS) e fratturato, caratterizzato dai litotipi della Formazione di Sillano (SIL) e contraddistinte dalla presenza di inclinazioni dei versanti  $< 15^\circ$ . Al tetto del substrato è presente una copertura, di natura prevalentemente limoso argillosa di origine alteritica e/o eluvio-colluviale con spessore generalmente compreso tra 5,0 e 6,0 m. Data la successione stratigrafica rilevata e sulla scorta degli studi sismici complessivi non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo. Interessa i terreni a debole pendenza presenti in corrispondenza del settore settentrionale dell'abitato di San Francesco, in una fascia ad andamento circa nord-est / sud-ovest collocata tra il corso del Fiume Sieve e il rilevato del tracciato ferroviario Pontassieve – Borgo San Lorenzo.

- **zona 11:** questa zona comprende le aree, con pendenze inferiori ai  $15^\circ$  nelle quali si hanno coperture alluvionali terrazzate o recenti, a prevalenza granulometrica sabbioso limosa, poste su una coltre alteritica e/o

eluvio-colluviale, di natura prevalentemente limoso argillosa, sopra un substrato non rigido stratificato fratturato. Le coperture presentano uno spessore complessivo maggiore di 5,0 m. Data la successione stratigrafica rilevata e sulla scorta degli studi sismici complessivi non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo. Interessa i terreni a debole pendenza presenti in corrispondenza del settore settentrionale dell'abitato di San Francesco (presso il campo sportivo), in una fascia parallela al corso del Fiume Sieve.

- **zona 12:** questa zona comprende le aree, con pendenze inferiori ai 15° nelle quali si hanno coperture alluvionali attuali, a prevalenza granulometrica da ghiaioso sabbiosa a ghiaioso limosa, sopra un substrato non rigido stratificato fratturato, talora con uno spessore di coltre di alterazione. Le coperture presentano uno spessore complessivo maggiore di 5,0 m. Data la successione stratigrafica rilevata e sulla scorta degli studi sismici complessivi non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo. Interessa i terreni a debole pendenza presenti in corrispondenza dell'alveo del Fiume Sieve.

- **zona 13:** questa zona comprende le aree, con pendenze inferiori ai 15° nelle quali si hanno coperture alluvionali attuali, a prevalenza granulometrica da ghiaioso sabbiosa a ghiaioso limosa, sopra un substrato lapideo stratificato, talora con l'interposizione di uno spessore di coltre di alterazione e/o eluvio-colluviale, di natura prevalentemente sabbioso limosa. Le coperture presentano uno spessore complessivo maggiore di 5,0 m. Data la successione stratigrafica rilevata e sulla scorta degli studi sismici complessivi non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo. Interessa i terreni a debole pendenza presenti in corrispondenza dell'alveo del Fiume Sieve.

- **zona 14:** questa zona comprende le aree, con pendenze inferiori ai 15° nelle quali si hanno coperture alluvionali attuali, a prevalenza granulometrica da ghiaioso sabbiosa a ghiaioso limosa, sopra un substrato lapideo stratificato, talora con l'interposizione di uno spessore di coltre di alterazione e/o eluvio-colluviale, di natura prevalentemente sabbioso limosa. Le coperture presentano uno spessore complessivo maggiore di 5,0 m. Data la successione stratigrafica rilevata e sulla scorta degli studi sismici complessivi si suppone la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo. Interessa i terreni a debole pendenza presenti in corrispondenza dell'alveo del Fiume Sieve.

- **zona 18:** la zona 18 comprende le aree nelle quali si ha la presenza di uno spessore (0,0 – 5,0 m) di depositi antropici di riporto (rilevato ferroviario) su un substrato costituito dalla successione appartenente alla zona 2. Data la successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo. Interessa i terreni costituiti da spessori antropici di riporto presenti in corrispondenza del rilevato ferroviario della linea Pontassieve – Borgo San Lorenzo.

- **zona 19:** la zona 19 comprende le aree nelle quali si ha la presenza di uno spessore (0,0 – 5,0 m) di depositi antropici di riporto (rilevato ferroviario) su un substrato costituito dalla successione appartenente alla zona 6. Data la successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo. Interessa i terreni costituiti da spessori antropici di riporto presenti in corrispondenza del rilevato ferroviario della linea Pontassieve – Borgo San Lorenzo.

#### **Zone suscettibili di instabilità**

Le **zone suscettibili di instabilità di versante** sono state discriminate considerando l'ordine di rappresentazione indicato al paragrafo 2.3.3 degli ICMS e il potenziale crescente di deformazione legato allo stato di attività (stabilizzata, quiescente, attiva), nonché sulla base del potenziale di instabilità legato alle condizioni di acclività del versante sul quale si trova ubicata l'area in frana. Dalla disamina di questi fattori si sono individuate 3 zone

(FR3, FR4 e FR6) come mostrato nella carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica. Le zone di instabilità sono legate prevalentemente alla presenza di frane stabilizzate (FR6) e quiescenti (FR3 e FR4).

In corrispondenza del limite stratigrafico individuato tra le coltri detritiche (coperture eluvio-colluviali e coltre di frana) e il substrato lapideo stratificato (Formazione di Monte Morello, MLL) e tra il substrato litoide stratificato appartenente alla Formazione di Monte Morello (MLL) e ai depositi prevalentemente argillitico-marnosi appartenenti al substrato litoide non rigido della Formazione di Sillano (SIL) sono state delineate le zone potenzialmente interessate da **cedimenti differenziali**. Come per le altre aree di studio, è stato tracciato un buffer di circa 20 m di ampiezza, a partire dal limite stratigrafico. Il buffer rappresenta una zona di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse. In questo caso non è stata utilizzata alcuna nomenclatura.

### ***Verifica sulla possibilità di liquefazione***

Prima di effettuare la verifica alla suscettibilità di liquefazione dei terreni di interesse con riferimento specifico alle NTC08, si sono esaminati i casi di esclusione. Poiché la Magnitudo momento  $M_w$  è uno dei fattori di esclusione della verifica se il suo valore è  $< 5.0$ , si è proceduto alla determinazione di detto valore.

Si sono, pertanto, visualizzate ed interrogate mappe probabilistiche della pericolosità sismica. Le mappe riportano due parametri dello scuotimento:  $a(g)$  (accelerazione orizzontale massima del suolo, come definita dall'OPCM 3519/2006, corrispondente a quella che in ambito internazionale viene chiamata PGA e  $Se(T)$  (Spettro di risposta Elastico in funzione del periodo  $T$ , in accelerazione); l'unità di misura è  $g$ , vale a dire l'accelerazione di gravità, corrispondente a  $9,8m/sec^2$ . Per i soli valori di  $a(g)$  è disponibile la relativa disaggregazione.

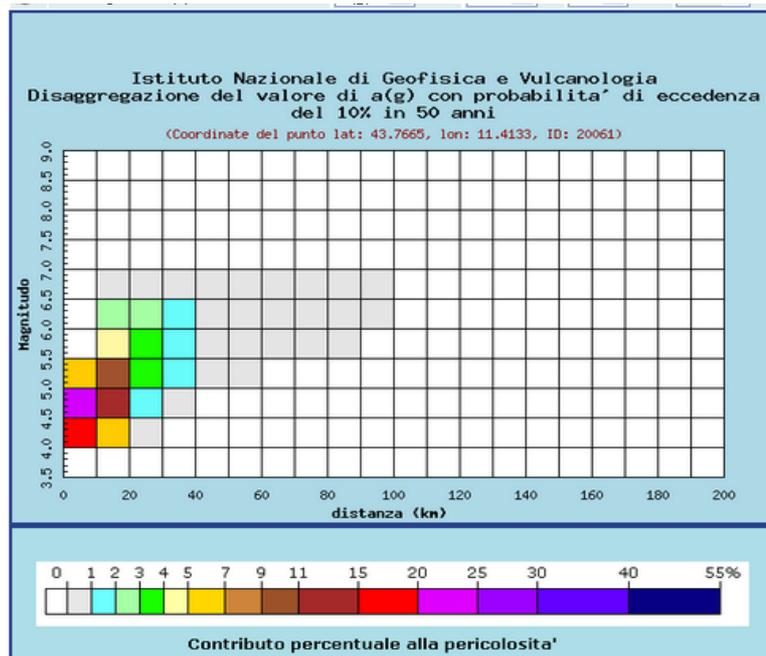
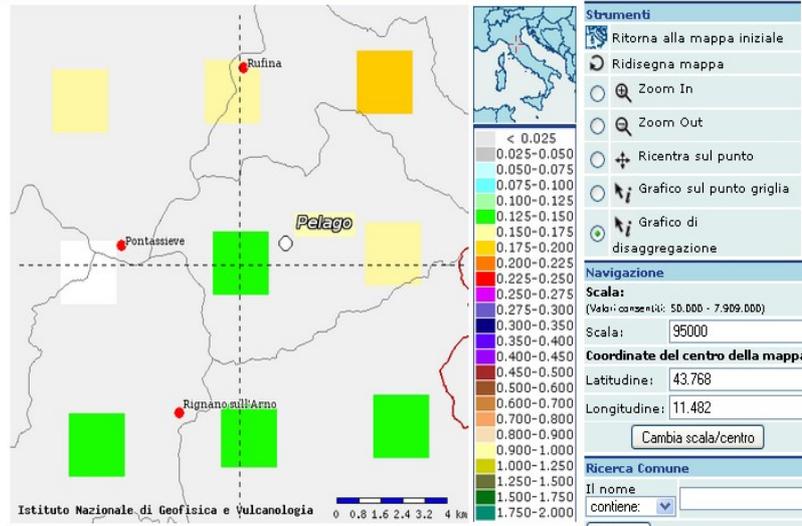
Le mappe in  $a(g)$  sono state calcolate per differenti probabilità di superamento in 50 anni (in totale 9, dal 2% all'81%). Per ogni stima è disponibile la distribuzione del 50mo percentile (mappa mediana, che è la mappa di riferimento per ogni probabilità di superamento) e la distribuzione del 16° e dell'84° percentile che indicano la variabilità delle stime

Le mappe in  $Se(T)$  sono state pure calcolate per le stesse probabilità di superamento in 50 anni (in totale 9, dal 2% all'81%) e per differenti periodi (in totale 10, da 0.1 a 2 secondi). Anche in questo caso per ogni stima è disponibile la distribuzione del 50mo percentile (mappa mediana, che è la mappa di riferimento per ogni probabilità di superamento) e la distribuzione del 16mo e dell'84° percentile che indicano la variabilità delle stime. Dalla mappa in  $a(g)$  si ottiene, per ogni nodo, la corrispondente curva di hazard (andamento di  $a(g)$  per le diverse probabilità annuali di superamento; dalla mappa in  $Se(T)$ , si otterranno i cosiddetti UHS (Uniform Hazard Spectra = Spettri a Pericolosità Uniforme) per le diverse probabilità di eccedenza in 50 anni.

Per ogni singolo nodo della griglia di riferimento si è ottenuto il dettaglio in forma grafica e tabellare dell'analisi di disaggregazione (vale a dire il contributo delle possibili coppie di valori di magnitudo-distanza alla pericolosità del nodo) della relativa  $a(g)$ , utilizzando lo strumento **Grafico di disaggregazione**. Per lo stesso nodo si sono ottenuti anche i valori medi di  $M-D-\epsilon$  (magnitudo, distanza, epsilon).

I risultati sono espressi in termini di valori medi e modali dei parametri  $M$ (magnitudo),  $D$ (distanza),  $\epsilon$ (numero di deviazioni standard per cui un dato valore di scuotimento devia da quello mediano predetto dalla legge di attenuazione data una coppia  $M-R$ )

## Mappe interattive di pericolosità sismica



| Contributo percentuale alla pericolosità <sup>1</sup> |   |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|---|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Distanza in km  | Disaggregazione del valore di a(g) con probabilità <sup>1</sup> di eccedenza del 10% in 50 anni<br>(Coordinate del punto lat: 43.7665, lon: 11.4133, ID: 20061) |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|   | 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   | 17,500  | 21,900  | 6,840   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   |
| 10-20   | 0,000   | 5,350   | 12,800  | 9,740   | 4,920   | 2,850   | 0,368   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   |
| 20-30   | 0,000   | 0,141   | 1,950   | 3,600   | 3,230   | 2,580   | 0,401   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   |
| 30-40   | 0,000   | 0,000   | 0,052   | 1,040   | 1,570   | 1,150   | 0,208   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   |
| 40-50   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,167   | 0,645   | 0,381   | 0,080   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   |
| 50-60   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,003   | 0,159   | 0,176   | 0,025   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   |
| 60-70   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,015   | 0,095   | 0,008   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   |
| 70-80   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,001   | 0,037   | 0,003   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   |
| 80-90   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,010   | 0,001   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   |
| 90-100  | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 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   |

| Valori medi |          |         |
|-------------|----------|---------|
| Magnitudo   | Distanza | Epsilon |
| 4,990       | 12,600   | 1,180   |

Dalla disaggregazione effettuata si rileva che la Magnitudo momento  $M_w$  è  $< 5,0$ . Pertanto, secondo le NTC08 (cap. 7) i terreni sono esclusi dalla verifica di suscettibilità alla liquefazione.

Inoltre, in tutti i casi analizzati un altro elemento della lista di esclusione delle NTC08 è rappresentato dalle analisi granulometriche derivanti dalle analisi di laboratorio a disposizione le cui distribuzioni escludono tale evento.

- **PALAIE**

(vedi tavole G.23, G.24, G.25 e G.26)

***Inquadramento geologico e geomorfologico***

L'area su cui sorge l'abitato di Palaie è caratterizzata dalla presenza di terreni riconducibili alla Formazione di Monte Morello (MLL).

Questa è sovente sormontata da coltri eluvio-colluviali (b2a) e/o da corpi detritici di frana, con stato di attività da attivo (F), a quiescente (Fq), a stabilizzato (Fs). I terreni appartenenti alla Formazione di Monte Morello (MLL), sono costituiti da litologie in facies da calcareo marnose a marnoso argillitiche ad argillitiche, quest'ultime, talora, interessano spessori rilevanti.

L'assetto giaciturale delle formazioni mostra in media direzioni di immersione degli strati verso i quadranti meridionali con inclinazioni che variano generalmente tra 30° e 60°, con locali situazioni di piegamento e inclinazioni verso i quadranti settentrionali. L'assetto degli strati è generalmente quello a franapoggio, da più inclinato a meno inclinato del pendio, o con giacitura a traverspoggio.

Il contesto è completato dalla presenza di terreni di origine antropica, in particolare in corrispondenza delle aree intensamente urbanizzate o di manufatti e/o manomissioni di origine antropica.

Il quadro geomorfologico è contraddistinto da distretti caratterizzati dalla presenza di fenomenologie gravitative con i relativi coronamenti il cui stato di attività è sia attivo, che interessano gran parte dell'area su cui sorge

l'abitato di Palaie. Tali aree sono contraddistinte dalla presenza di isolati settori interessati da fenomenologie di soliflussi localizzati, e da frane di limitata estensione. Gli aspetti geomorfologici sono completati dalla presenza di orli di scarpata non attiva e di una serie di orli rimodellati di scarpata o deboli rotture di pendio.

Dal punto di vista morfologico si evidenzia una acclività dei versanti da generalmente da medio-bassa (pendenze comprese tra 5% e 15%) a medio-elevata (pendenze comprese tra 15% e 25%), con settori ad acclività elevata (pendenze comprese tra 25% e 35%). Settori con pendenze maggiori si riscontrano in corrispondenza dell'incisione del Borro delle Palaie, e dei settori collinari a sud dell'area cimiteriale e a monte del nucleo abitativo della loc. Cafaggiolo.

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 la frazione di Palaie 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 particolare sono state ricavate le risultanze del seguente numero di indagini:

- n. 18 sondaggi geognostici a carotaggio continuo di cui n. 9 strumentati con tubo piezometrico, n. 4 strumentati con canna inclinometrica e n. 1 strumentato con tubo per prova down-hole, con le relative risultanze stratigrafiche e talora geotecniche di laboratorio;
- n. 5 stratigrafie risultanti da saggi o trincee esplorative realizzate con escavatore meccanico;
- n. 7 prove penetrometriche di cui n. 2 prove penetrometriche statiche e n. 5 prove penetrometriche dinamiche;
- n. 3 stratigrafie di terebrazioni di pozzi profondi;
- n. 9 indagini di sismica a rifrazione con onde P e Sh;
- n. 3 indagini di sismica tipo MASW;
- n. 1 indagini di sismica in foro tipo down-hole;
- n. 2 tomografie geoelettriche.

In corrispondenza dell'abitato di Palaie sono inoltre stata 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. 1 prova di sismica passiva mediante tecnica a stazione singola sulle vibrazioni ambientali (HVSr).

### ***Modello geologico del sottosuolo***

Il substrato geologico su cui sorge l'abitato di San Francesco risulta costituito interamente da terreni riconducibili alla Formazione di Monte Morello (MLL) dell'Unità di Monte Morello.

In particolare l'area dell'abitato è contraddistinto dai termini della Formazione di Monte Morello (MLL) costituita dall'alternanza di calcari marnosi con subordinati livelli marnoso siltitici e argillitico marnosi, quest'ultimi talora prevalenti, e aventi in superficie spessori di coltre alteritica e/o eluvio-colluviale generalmente inferiore ai 5,0 m dal p.c..

Infine gran parte del territorio di indagine è caratterizzato dalla presenza di spessori metrici (anche fino a circa 10,0 m dal p.c.) di depositi riferibili a coltri di frana.

Sono presenti anche spessori di entità variabile di terreni di riporto antropico.

### ***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 sono stati attribuiti all'unità geologico-tecnica SMec (Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente di versante – eluvi/colluvi) i depositi appartenenti alle coltri eluvio-colluviali a composizione prevalentemente sabbiosa. Inoltre vengono riportati i terreni contenenti resti di attività antropica (RI).

I terreni di natura litoide appartenenti alla Formazione di Monte Morello (MLL) e riferibili al substrato geologico rigido e non rigido sono stati inseriti nella classe geologico-tecnica LPS (Lapideo, stratificato).

Infine sono stati rappresentati i fenomeni gravitativi attivi, quiescenti e stabilizzati, nonché gli orli di scarpata morfologica.

Inoltre vengono presentate le indicazioni delle strutture tettoniche e gli elementi geologici e idrogeologici relativi ai sondaggi e pozzi presenti nell'area con indicazione della profondità del substrato rigido raggiunto o della profondità di indagine che non ha raggiunto il substrato rigido.

### ***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 classe A1 si ricava una valutazione di qualità pari a 63,7 che la colloca in classe di accettabilità B.

### ***Misure di frequenza naturale e indagini di sismica a rifrazione***

In corrispondenza dell'abitato di Palaie è stata appositamente eseguita n. 1 misura di sismica passiva con metodo HVSR (R10) nell'ambito dello studio in oggetto.

La registrazione (R10) di rumore sismico eseguita in corrispondenza della scuola materna ha messo in luce una frequenza del picco principale di 5,22 Hz con ampiezza di 4,16 che denota fenomeni di risonanza a profondità comprese tra 10 e 20 m dal p.c. e un alto contrasto di impedenza sismica.

Dai dati di base a disposizione è possibile ricavare i dati di indagini sismiche a rifrazione (31\_SR, 32\_SR e 33\_SR) e di n. 1 prova down-hole in foro (126\_SDH) eseguite in loc. Lucente. Le prove eseguite hanno mostrato la presenza di un primo sismostrato dello spessore di 2,0 m avente  $V_{s30} = 164$  m/s corrispondente alla presenza di spessori di limo argilloso, cui segue un secondo sismostrato dello spessore di 7,0 m con  $V_{s30} = 253$  m/s e attribuibile a litologie di limo con argilla un terzo sismostrato dello spessore di 4,0 m con  $V_{s30} = 404$  m/s. I tre sismostrati sono riferibili ai termini limoso argillosi delle coltri di copertura eluvio-colluviale, di frana e alteritica del substrato roccioso. Successivamente si ha un quarto sismostrato dello spessore di 9,0 m con  $V_{s30} = 570$  m/s riferibile alla presenza di litologie argillitiche del substrato e un quinto, e ultimo, sismostrato dello spessore investigato di 7,0 m con  $V_{s30} = 946$  m/s rappresentante il bedrock sismico e corrispondente a litologie da argillitico marnose a calcareo marnose.

Una prova Masw (56\_MASW) eseguita nell'estremo settore nord-occidentale dell'abitato presenta un valore di  $V_{s30} = 390$  m/s.

Le prove (53\_SR e 54\_SR) eseguite poco più ad est delle precedenti mostrano una successione sismostratigrafica con un primo strato dello spessore variabile tra 2,0 e 8,0 m con Vs comprese tra 180 e 320 m/s poggiante su un secondo sismostrato avente Vs comprese tra 990 e 1355 m/s.

Nel settore di monte dell'abitato di Palaie, presso la loc. Cafaggiolo le prove eseguite (35\_SR e 36\_SR) presentano una successione sismostratigrafica costituita da un primo sismostrato, dello spessore di 2,0 – 3,0 m con Vs comprese tra 122 e 210 m/s, poggiante su uno spessore di circa 5,0 m con Vs = 335 - 617 m/s e su un terzo sismostrato dello con Vs comprese tra 772 e 1470 m/s.

Infine, nel settore ad ovest dell'abitato di Palaie, presso la loc. Riggioboli le indagini sismiche (44\_SR) e geoelettriche (46\_ERT e 47\_ERT) svolte hanno mostrato la presenza di un primo sismostrato dello spessore massimo di 3,5 m con Vs comprese tra 228 e 356 m/s, poggiante su un secondo sismostrato dello spessore di circa 30,0 m con Vs = 411 m/s e su un terzo, costituente il bedrock sismico con Vs = 942 m/s.

Una prova Masw (45\_MASW) eseguita nell'estremo settore nord-occidentale dell'abitato presenta un valore di Vs30 = 394 m/s.

L'insieme dei dati sismici conferma la presenza di un sottosuolo nei punti di indagine analizzati costituito da uno spessore di coltre alteritica e/o eluvio-colluviale e/o di frana su un substrato dapprima alterato o in facies prevalentemente argillitico-marnosa o marnosa e successivamente debolmente alterato o in facies prevalentemente calcarea o calcareo marnosa.

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

#### **Zone stabili**

- **zona stabile:** questa zona comprende le aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un substrato lapideo stratificato con assenza di copertura o presenza di spessori inferiori ai 5,0 m (generalmente inferiori ai 3,0 m) con  $i < 15^\circ$  e basso c. i.. Il substrato compreso all'interno della zona stabile è riconducibile alla presenza della Formazione di Monte Morello (MLL). Al tetto del substrato è presente talora una coltre di alterazione e/o eluvio-colluviale con spessore variabile (0-1 m).

Dallo studio complessivo di indagine sismica e data la successione stratigrafica rilevata si evince che tali settori non presentano alti contrasti di impedenza sismica.

La zona viene individuata nei settori a debole acclività a nord-est dell'abitato di Palaie e in un settore limitato all'estrema periferia di sud-est dell'area di studio.

#### **Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica locale**

- **zona 1:** questa zona comprende le aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un substrato lapideo stratificato con assenza di copertura o presenza di spessori inferiori ai 5,0 m (generalmente inferiori ai 3,0 m) con  $i > 15^\circ$  e basso c. i.. Il substrato compreso all'interno della zona stabile è riconducibile alla presenza della Formazione di Monte Morello (MLL). Al tetto del substrato è presente talora una coltre di alterazione e/o eluvio-colluviale con spessore inferiore ai 2 m.

Dallo studio complessivo di indagine sismica e data la successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo, tuttavia, data l'inclinazione dei versanti, possono essere suscettibili di amplificazione sismica per possibili effetti topografici. Questa zona presenta elementi morfologici quali scarpate morfologiche con dislivello inferiore a 10 m. La zona viene individuata in una fascia con andamento circa nord – sud presente a nord-ovest di Villa Pesenti.

- **zona 2:** questa zona comprende le aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un substrato lapideo stratificato con assenza di copertura o presenza di spessori anche superiori ai 5,0 m (generalmente compresi tra 3,0 e 7,0 m) con  $i < 15^\circ$  e basso c. i.. Il substrato compreso all'interno della zona stabile è riconducibile alla presenza della Formazione di Monte Morello (MLL). Al tetto del substrato è presente talora una coltre di alterazione e/o eluvio-colluviale con spessore compreso tra 3,0 e 7,0 m

Dallo studio complessivo di indagine sismica e data la successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo. Questa zona presenta elementi morfologici quali scarpate morfologiche con dislivello inferiore a 10 m. La zona viene individuata in alcuni settori isolati presenti a nord-ovest di Villa Pesenti.

- **zona 22**: la zona 22 comprende le aree nelle quali si ha la presenza di uno spessore (0,0 – 5,0 m) di depositi antropici di riporto su un substrato costituito dalla successione appartenente alla zona FR4. Data la successione stratigrafica rilevata e i dati sismici complessivi si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo. Interessa i terreni costituiti da spessori antropici di riporto presenti in un settore limitato nella porzione meridionale dell'abitato di Palaie.

#### **Zone suscettibili di instabilità**

Le **zone suscettibili di instabilità di versante** sono state discriminate considerando l'ordine di rappresentazione indicato al paragrafo 2.3.3 degli ICMS e il potenziale crescente di deformazione legato allo stato di attività (stabilizzata, quiescente, attiva), nonché sulla base del potenziale di instabilità legato alle condizioni di acclività del versante sul quale si trova ubicata l'area in frana. Dalla disamina di questi fattori si sono individuate 5 zone (FR2, FR3, FR4, FR5 e FR6) come mostrato nella carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica. Le zone di instabilità sono legate prevalentemente alla presenza di frane stabilizzate (FR5 e FR6), quiescenti (FR3 e FR4), nonché attive (FR2).

Sulla scorta delle indagini di sismica passiva in possesso (10\_R) si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo al passaggio tra depositi di corpo di frana più coltre alteritica e il substrato litoide inalterato.

In corrispondenza del limite stratigrafico individuato tra le coltri detritiche (coperture eluvio-colluviali e coltre di frana) e il substrato lapideo stratificato (Formazione di Monte Morello, MLL) sono state delineate le zone potenzialmente interessate da **cedimenti differenziali**. Come per le altre aree di studio, è stato tracciato un buffer di circa 20 m di ampiezza, a partire dal limite stratigrafico. Il buffer rappresenta una zona di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse. In questo caso non è stata utilizzata alcuna nomenclatura.

- **BORSELLI**

(vedi tavole G.11, G.12, G.13 e G.14)

#### ***Inquadramento geologico e geomorfologico***

L'area su cui sorge l'abitato di Borselli è caratterizzata dalla presenza di terreni riconducibili all'Unità di M. Cervarola – Falterona.

In particolare gran parte dei terreni sono riconducibili ad un substrato costituito dal Membro di Montalto (FAL3) delle Arenarie del Monte Falterona, ad eccezione di un isolato settore, ad est dell'estremo settore orientale dell'abitato laddove sono presenti terreni riconducibili alla litofacies olistostromica (FALa) delle Arenarie del Monte Falterona.

Le suddette formazioni sono talora contraddistinte da uno spessore superficiale di coltre alteritica e in alcuni settori sormontate da coltri eluvio-colluviali (b2a). I settori settentrionali dell'areale di approfondimento, sono interessati dalla presenza di ampi settori interessati da corpi detritici di frana, con stato di attività da attivo (F), a quiescente (Fq), a stabilizzato (Fs). Isolati distretti franosi con attività quiescente si riconoscono anche in altri settori dell'abitato di Borselli, come ad esempio lungo il versante meridionale di Poggio Boscone.

L'assetto giaciturale delle formazioni mostra in media direzioni di immersione degli strati principalmente verso i quadranti orientali con blandi piegamenti verso i quadranti meridionali e inclinazioni che variano generalmente tra 10° e 40°. L'assetto degli strati è generalmente quello con giacitura a traverpoggio, con locali situazioni di giaciture a reggipoggio, nella porzione settentrionale dell'area di studio, e a franapoggio nella porzione meridionale di indagine.

Il contesto è completato dalla presenza di terreni di origine antropica, in particolare in corrispondenza delle aree intensamente urbanizzate o di manufatti e/o manomissioni di origine antropica.

Il quadro geomorfologico è contraddistinto da distretti caratterizzati dalla presenza di fenomenologie gravitative con i relativi coronamenti il cui stato di attività è sia attivo, che interessano gran parte del versante a nord dell'abitato di Borselli, e che discende fino al corso del Torrente Rufina.

I versanti a sud del centro abitato sono caratterizzati dalla presenza di areali interessati da fenomenologie di erosione superficiale e di franosità diffusa e da fenomeni di erosione lineare o incanalata in corrispondenza dell'alto corso del Torrente Vicano di Pelago.

Gli aspetti geomorfologici sono completati dalla presenza di una serie di scarpate non attive e orli rimodellati di scarpata o deboli rotture di pendio.

Dal punto di vista morfologico si evidenzia una acclività dei versanti con pendenze generalmente da medio-elevata (pendenze comprese tra 15% e 25%) ad elevata (pendenze comprese tra 25% e 35%), con la presenza di settori a pendenza maggiormente elevata (> 35%). In corrispondenza del settore apicale di poggio Boscone e nei settori orientali dell'abitato si hanno pendenze a minore acclività (generalmente comprese tra 5% e 15%).

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 progressse***

Per la frazione di Borselli 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 particolare sono state ricavate le risultanze del seguente numero di indagini:

- n. 4 prove penetrometriche dinamiche;
- n. 4 indagini di sismica a rifrazione con onde P e Sh.

In corrispondenza dell'abitato di Borselli sono inoltre stata 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. 2 prove di sismica passiva mediante tecnica a stazione singola sulle vibrazioni ambientali (HVSR).

### ***Modello geologico del sottosuolo***

Il substrato geologico su cui sorge l'abitato di Borselli risulta costituito da terreni riconducibili alle formazioni appartenenti alla sola Unità di Monte Cervarola – Falterona (Arenarie del M. Falterona - Membro di Montalto – FAL3 e Arenarie del M. Falterona - litofacies olistostromica – FALa).

In particolare l'areale su cui sorge l'abitato di Borselli, e le aree contermini, poggia per la quasi totalità sul Membro di Montalto delle Arenarie del M. Falterona (FAL3), costituito dall'alternanza di livelli arenacei, marnoso, argillitici e siltitici con subordinati livelli calcarenitici, in strati da molto sottili a spessi, talora con copertura alteritica e/o eluvio-colluviale di spessore metrico. Solamente in un limitato settore della porzione

orientale dell'abitato il substrato geologico è contraddistinto dalla litofacies olistostromica (FALa) delle Arenarie del M. Falterona, anch'essa con copertura alteritica e/o eluvio-colluviale di spessore metrico.

Infine in alcuni areali vengono riconosciuti spessori metrici di depositi riferibili a coltri di frana, in particolare nel versante a nord dell'abitato di Borselli, o a spessori di entità variabile di terreni di riporto antropico.

### ***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 sono stati attribuiti all'unità geologico-tecnica SMec (Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di ambiente di versante – eluvi/colluvi) i depositi appartenenti alle coltri eluvio-colluviali a composizione prevalentemente sabbiosa, mentre all'unità geologico-tecnica MLec (Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità di ambiente genetico di versante – eluvi/colluvi) i depositi appartenenti alle coltri eluvio-colluviali a composizione prevalentemente argillosa. Inoltre vengono riportati i terreni contenenti resti di attività antropica (RI).

I terreni di natura litoide appartenenti alla formazione delle Arenarie del Monte Cervarola – Membro di Montalto (FAL3) riferibili al substrato geologico rigido e non rigido sono stati inseriti nella classe geologico-tecnica LPS (Lapideo, stratificato).

I terreni del substrato litoide riferibili alle Arenarie del Monte Falterona – Litofacies olistostromica (FALa) sono state inserite nella classe geologico-tecnica NR (Substrato geologico non rigido).

Infine sono stati rappresentati i fenomeni gravitativi quiescenti e stabilizzati, nonché gli orli di scarpata morfologica.

Inoltre vengono presentate le indicazioni delle strutture tettoniche e gli elementi geologici e idrogeologici relativi ai sondaggi e pozzi presenti nell'area con indicazione della profondità del substrato rigido raggiunto o della profondità di indagine che non ha raggiunto il substrato rigido.

### ***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 classe A2 si ricava una valutazione di qualità pari a 53,5 che la colloca in classe di accettabilità B.

### ***Misure di frequenza naturale e indagini di sismica a rifrazione***

In corrispondenza dell'abitato di Borselli sono state appositamente eseguite n. 2 misure di sismica passiva con metodo HVSR (R16 e R17) nell'ambito dello studio in oggetto.

Entrambe le registrazioni non hanno presentato nessun fenomeno di risonanza.

Dai dati di base a disposizione è possibile ricavare i dati di n. 4 indagini di sismica a rifrazione (1\_SR, 2\_SR, 3\_SR e 4\_SR) realizzate nel settore occidentale dell'abitato di Borselli (presso la loc. Poggio Boscone). La prova eseguite in onde Sh (2\_SR) ha mostrato la presenza di un primo sismostrato dello spessore di circa 3,0 m avente  $V_{s30} = 290-300$  m/s corrispondente alla coltre alteritica del substrato litoide, cui segue il substrato litoide arenaceo e bedrock sismico con  $V_s$  compreso tra 1425 e 1660 m/s. Le restanti indagini, eseguite in onde P, hanno mostrato la presenza di un primo sismostrato, dello spessore di circa un metro, con  $V_p$  comprese tra 340 e 460 m/s, poggiante su un secondo sismostrato dello spessore compreso tra 2,0 e 4,0 m con  $V_p = 522$  e 824 m/s presente solamente nella porzione meridionale dell'area indagata, dove, segue un terzo sismostrato, costituente il

bedrock sismico, con Vp comprese tra 2804 e 3478 m/s. Nella porzione settentrionale al primo sismostrato segue un orizzonte dello spessore di circa 2,0 m con Vp comprese tra 1200 e 1400 m/s e un terzo orizzonte con Vp comprese tra 2000 e 2600 M7s, che costituisce il bedrock sismico. Tale successione deriva dalla presenza più o meno spinta in profondità della coltre alteritica del substrato litoide arenaceo e dalla presenza di livelli pelitico-siltitici all'interno dell'ammasso litoide.

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

#### **Zone stabili**

- **zona stabile:** questa zona comprende le aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un substrato lapideo stratificato con assenza di copertura o presenza di spessori inferiori ai 5,0 m (generalmente inferiori ai 3,0 m) con  $i < 15^\circ$  e basso c. i.. Il substrato compreso all'interno della zona stabile è riconducibile alla presenza della formazione geologica delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3). Al tetto del substrato è presente talora una coltre di alterazione e/o eluvio-colluviale con spessore variabile (0-2 m).

Data la successione stratigrafica rilevata e sulla scorta delle indagini di sismica passiva in possesso (17\_R) non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

Alcuni settori perimetrali di detta zona presentano elementi morfologici quali scarpate morfologiche con dislivello inferiore a 10 m o compreso tra 10 e 20 m. La zona viene individuata nei settori a debole acclività, presso l'abitato di Borselli e nel settore apicale di Poggio Boscone.

#### **Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica locale**

- **zona 1:** questa zona comprende le aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un substrato lapideo stratificato con assenza di copertura o presenza di spessori inferiori ai 5,0 m (generalmente inferiori ai 3,0 m) con  $i > 15^\circ$  e basso c. i.. Il substrato compreso all'interno della zona stabile è riconducibile alla presenza della formazione geologica delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3). Al tetto del substrato è presente talora una coltre di alterazione con spessore inferiore ai 2 m.

Data la successione stratigrafica rilevata e sulla scorta delle indagini di sismica passiva in possesso (16\_R) non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo, tuttavia, data l'inclinazione dei versanti, possono essere suscettibili di amplificazione sismica per possibili effetti topografici. Questa zona presenta elementi morfologici quali scarpate morfologiche con dislivello inferiore a 10 m o compreso tra 10 e 20 m. La zona viene individuata nei settori a maggiore acclività, come ad esempio lungo i versanti di Poggio Boscone.

- **zona 17:** la zona 17 comprende le aree nelle quali affiora substrato non rigido e fratturato, caratterizzato dalle Arenarie del M. Falterona – Litofacies olistostromica (FALa) e contraddistinte dalla presenza di inclinazioni dei versanti  $< 15^\circ$ . Al tetto del substrato è presente talora una coltre di alterazione e/o eluvio-colluviale con spessore variabile (0-2 m). Dallo studio complessivo di indagine sismica e data la successione stratigrafica rilevata si evince che tali settori non presentano alti contrasti di impedenza sismica.

Interessa un limitato settore nell'estrema porzione orientale dell'abitato i Borselli.

#### **Zone suscettibili di instabilità**

Le **zone suscettibili di instabilità di versante** sono state discriminate considerando l'ordine di rappresentazione indicato al paragrafo 2.3.3 degli ICMS e il potenziale crescente di deformazione legato allo stato di attività (stabilizzata, quiescente, attiva), nonché sulla base del potenziale di instabilità legato alle condizioni di acclività del versante sul quale si trova ubicata l'area in frana. Dalla disamina di questi fattori si sono individuate 5 zone (FR1, FR2, FR3, FR5 e FR6) come mostrato nella carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica. Le

zone di instabilità sono legate prevalentemente alla presenza di frane stabilizzate (FR5 e FR6), quiescenti (FR3), nonché attive (FR1 e FR2).

In corrispondenza del limite stratigrafico individuato tra le coltri detritiche (coperture eluvio-colluviali e coltre di frana) e il substrato lapideo stratificato (Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto, FAL3) e tra il substrato litoide stratificato appartenente alla formazione delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3) e ai depositi prevalentemente argillitici appartenenti al substrato non rigido delle Arenarie del M. Falterona – Litofacies olistostromica (FALa) sono state delineate le zone potenzialmente interessate da **cedimenti differenziali**. Come per le altre aree di studio, è stato tracciato un buffer di circa 20 m di ampiezza, a partire dal limite stratigrafico. Il buffer rappresenta una zona di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse. In questo caso non è stata utilizzata alcuna nomenclatura.

- CONSUMA

(vedi tavole G.11, G.12, G.13 e G.14)

### ***Inquadramento geologico e geomorfologico***

L'area su cui sorge l'abitato di Consuma è caratterizzata dalla presenza di terreni riconducibili all'Unità di M. Cervarola – Falterona.

In particolare gran parte dei terreni sono riconducibili ad un substrato costituito dal Membro di Lonnano (FAL4) delle Arenarie del Monte Falterona, ad eccezione dei settori a sud di Villa Gerini e dell'area del campo sportivo e di un settore a nord-ovest dell'abitato di Consuma e in corrispondenza della Fonte di Sandro, dove sono presenti terreni riconducibili al Membro di Montalto (FAL3) delle Arenarie del Monte Falterona. Le suddette formazioni sono talora contraddistinte da uno spessore superficiale di coltre alteritica.

L'assetto giaciturale delle formazioni mostra in media direzioni di immersione degli strati principalmente verso i quadranti nord-orientali e inclinazioni che variano generalmente tra 15° e 25°. L'assetto degli strati, data l'omogeneità delle immersioni degli stessi è generalmente, in funzione dell'esposizione dei versanti, da reggipoggio a franapoggio.

Il contesto è completato dalla presenza di terreni di origine antropica, in particolare in corrispondenza delle aree intensamente urbanizzate o di manufatti e/o manomissioni di origine antropica.

Il quadro geomorfologico è contraddistinto da distretti interessati da fenomenologie di erosione superficiale e di franosità diffusa, talora con areali con frane di limitata estensione, e completato da una serie di scarpate non attive, orli rimodellati di scarpata o deboli rotture di pendio e da fenomeni di erosione lineare o incanalata in corrispondenza dei corsi del reticolo delle acque superficiali.

Dal punto di vista morfologico si evidenzia una acclività dei versanti con pendenze generalmente da medio-elevata (pendenze comprese tra 15% e 25%) ad elevata (pendenze comprese tra 25% e 35%), con la presenza di settori a pendenza maggiormente elevata (> 35%). In corrispondenza dei settori di Villa Gerini e del campo sportivo si hanno pendenze a minore acclività (generalmente comprese tra 5% e 15%).

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 la frazione di Consuma 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 particolare sono state ricavate le risultanze del seguente numero di indagini (vedi elaborato G.7):

- n. 2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo di cui n. 1 strumentato con tubo piezometrico e n. 1 strumentati con canna inclinometrica, con le relative risultanze stratigrafiche e talora geotecniche di laboratorio;
- n. 3 stratigrafie risultanti da saggi o trincee esplorative realizzate con escavatore meccanico;
- n. 4 prove penetrometriche dinamiche;
- n. 2 indagini di sismica tipo MASW.

In corrispondenza dell'abitato di Consuma 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. 2 prove di sismica passiva mediante tecnica a stazione singola sulle vibrazioni ambientali (HVSR).

### ***Modello geologico del sottosuolo***

Il substrato geologico su cui sorge l'abitato di Borselli risulta costituito da terreni riconducibili alle formazioni appartenenti alla sola Unità di Monte Cervarola – Falterona (Arenarie del M. Falterona - Membro di Montalto – FAL3 e Arenarie del M. Falterona – Membro di Lonnano – FAL4).

In particolare l'areale su cui sorge l'abitato di Consuma vede come substrato geologico il Membro di Lonnano delle Arenarie del M. Falterona (FAL4), costituito dalla prevalenza di livelli siltitici, argillitici e marnosi con subordinati livelli di arenarie fini, talora con copertura alteritica e/o eluvio-colluviale di spessore da poche decimetri a qualche metro (spessore massimo 4,0 – 5,5 m). Limitatamente al settore meridionale dell'area di indagine, e in alcune porzioni a nord-ovest dell'abitato di Consuma, si ha la presenza di terreni appartenenti al Membro di Montalto delle Arenarie del M. Falterona (FAL3) costituito dall'alternanza di livelli arenacei, marnoso, argillitici e siltitici con subordinati livelli calcarenitici, anch'esso con copertura alteritica e/o eluvio-colluviale di spessore variabile.

Infine in alcuni areali vengono riconosciuti spessori metrici di depositi riferibili a coltri di frana o a spessori di entità variabile di terreni di riporto antropico.

### ***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 vengono riportati i terreni contenenti resti di attività antropica (RI).

I terreni di natura litoide appartenenti alla formazione delle Arenarie del Monte Cervarola – Membro di Montalto (FAL3) riferibili al substrato geologico rigido e non rigido sono stati inseriti nella classe geologico-tecnica LPS (Lapideo, stratificato).

I terreni del substrato litoide appartenenti alle Arenarie del Monte Falterona – Membro di Lonnano (FAL4) sono state inserite nella classe geologico-tecnica NRS (Substrato geologico non rigido, stratificato).

Infine sono stati rappresentati gli orli di scarpata morfologica.

Inoltre vengono presentate le indicazioni delle strutture tettoniche e gli elementi geologici e idrogeologici relativi ai sondaggi e pozzi presenti nell'area con indicazione della profondità del substrato rigido raggiunto o della profondità di indagine che non ha raggiunto il substrato rigido.

***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 di cui n. 1 classificata in classe A1 e n. 1 classificata in A2 si ricava una valutazione di qualità pari a 52,1 che la colloca in classe di accettabilità B.

### ***Misure di frequenza naturale e indagini di sismica a rifrazione***

In corrispondenza dell'abitato di Consuma sono state appositamente eseguite n. 2 misure di sismica passiva con metodo HVSR (R18 e R19) nell'ambito dello studio in oggetto.

La registrazione R18 non ha presentato nessun fenomeno di risonanza, mentre la prova R19 ha messo in luce una frequenza del picco principale di 9,06 Hz con ampiezza di 2,04 che denota fenomeni di risonanza superficiali, a profondità comprese tra 5 e 10 m dal p.c. e un basso contrasto di impedenza sismica.

Due indagini sismiche di tipo Masw (13\_MASW e 14\_MASW) eseguite forniscono un valore di Vs30 rispettivamente di 994 m/s e di 972 m/s con una simile successione che vede la presenza di un primo sismostrato dello spessore variabile tra 3,0 e 6,0 m costituente la coltre eluvio-colluviale ed alteritica con Vs comprese tra 219 e 730 m/s, poggiante sul bedrock sismico costituito da litologie litoidi arenacee con Vs comprese tra 887 e 1779 m/s.

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

#### **Zone stabili**

- **zona stabile:** questa zona comprende le aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un substrato lapideo stratificato con assenza di copertura o presenza di spessori inferiori ai 5,0 m (generalmente inferiori ai 3,0 m) con  $i < 15^\circ$  e basso c. i.. Il substrato compreso all'interno della zona stabile è riconducibile alla presenza della formazione geologica delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3). Al tetto del substrato è presente talora una coltre di alterazione e/o eluvio-colluviale con spessore variabile (0-2 m).

Data la successione stratigrafica rilevata e sulla scorta dello studio sismico complessivo non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo.

La zona viene individuata in un unico settore a debole acclività a sud-ovest della località Villa Gerini.

#### **Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica locale**

- **zona 1:** questa zona comprende le aree nelle quali affiora o è sub-affiorante un substrato lapideo stratificato con assenza di copertura o presenza di spessori inferiori ai 5,0 m (generalmente inferiori ai 3,0 m) con  $i > 15^\circ$  e basso c. i.. Il substrato compreso all'interno della zona stabile è riconducibile alla presenza della formazione geologica delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3). Al tetto del substrato è presente talora una coltre di alterazione con spessore inferiore ai 2 m.

Data la successione stratigrafica rilevata e sulla scorta dello studio sismico complessivo non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo, tuttavia, data l'inclinazione dei versanti, possono essere suscettibili di amplificazione sismica per possibili effetti topografici. Questa zona presenta elementi morfologici quali scarpate morfologiche con dislivello inferiore a 10 m o compreso tra 10 e 20 m. La zona viene individuata in una fascia a sud-ovest della località Villa Gerini e in un settore a nord-ovest dell'abitato di Consuma.

- **zona 5:** la zona 5 comprende le aree nelle quali affiora substrato non rigido stratificato (NRS) e fratturato, caratterizzato dalle Arenarie del M. Falterona – Membro di Lonnano (FAL4) e contraddistinte dalla presenza di inclinazioni dei versanti  $> 15^\circ$ . Al tetto del substrato è presente talora una coltre di alterazione con spessore variabile (0-4 m). Data la successione stratigrafica rilevata e sulla scorta delle indagini di sismica passiva in

possesto (19\_R) non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo. Questa zona presenta elementi morfologici quali scarpate morfologiche con dislivello inferiore a 10 m o compreso tra 10 e 20 m. Interessa i terreni a maggiore acclività presenti nell'area e l'area su cui sorge l'abitato di Consuma.

- **zona 6:** la zona 6 comprende le aree nelle quali affiora substrato non rigido stratificato (NRS) e fratturato, caratterizzato dalle Arenarie del M. Falterona – Membro di Lonnano (FAL4) e contraddistinte dalla presenza di inclinazioni dei versanti < 15°. Al tetto del substrato è presente talora una coltre di alterazione con spessore variabile (0-4 m). Data la successione stratigrafica rilevata e sulla scorta delle indagini di sismica passiva in possesto (18\_R) non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo. Questa zona presenta elementi morfologici quali scarpate morfologiche con dislivello inferiore a 10 m o, in un caso isolato tra 10 e 20 m. Interessa i terreni a debole pendenza presenti in corrispondenza dell'abitato di Consuma, presso il campo sportivo e la località Villa Gerini.

- **zona 19:** la zona 19 comprende le aree nelle quali si ha la presenza di uno spessore (0,0 – almeno 10,0 m) di depositi antropici di riporto su un substrato costituito dalla successione appartenente alla zona 6. Data la successione stratigrafica rilevata non si presume la possibilità di fenomeni di alto contrasto di impedenza sismica nel sottosuolo. Interessa i terreni costituiti da spessori antropici di riporto presenti in un settore limitato ad ovest dell'abitato di Consuma.

#### **Zone suscettibili di instabilità**

Nel settore indagato non sono presenti **zone suscettibili di instabilità di versante** come definite al paragrafo 2.3.3 degli ICMS.

In corrispondenza del limite stratigrafico individuato tra il substrato litoide stratificato appartenente alla formazione delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Montalto (FAL3) e ai depositi prevalentemente pelitici e siltitico arenacei appartenenti al substrato non rigido stratificato delle Arenarie del M. Falterona – Membro di Lonnano (FAL4) sono state delineate le zone potenzialmente interessate da **cedimenti differenziali**. Come per le altre aree di studio, è stato tracciato un buffer di circa 20 m di ampiezza, a partire dal limite stratigrafico. Il buffer rappresenta una zona di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse. In questo caso non è stata utilizzata alcuna nomenclatura.

- **CARBONILE**

(vedi tavole G.29 e G.30)

#### ***Inquadramento geologico e geomorfologico***

L'area su cui sorge l'abitato di Carbonile è caratterizzata dalla presenza di terreni riconducibili alle formazioni dell'Unità di Monte Morello (Dominio Ligure); principalmente alla Formazione di Sillano (SIL) e alle Argille Varicolori (AVR) e, secondariamente alla Pietraforte (PTF) e alla Formazione di Monte Morello (MLL).

Queste sono sovente sormontate da coltri eluvio-colluviali (b2a) e/o da estesi corpi detritici di frana, sia quiescenti (Fq) che stabilizzati (Fs).

In particolare i terreni appartenenti alla Formazione di Sillano (SIL) caratterizzano con litologie prevalentemente argillitico e siltitico marnose, il substrato geologico di gran parte dell'abitato di Carbonile e delle località di La Cava e Casellina di Sotto. Litologie prevalentemente argillitiche, riferibili alla formazione delle Argille Varicolori (AVR) interessano una fascia ad andamento circa nord-sud su cui sono collocate le abitazioni della porzione di monte dell'abitato di Carbonile e le case isolate di Podere Fangaccio, Il Lago e, in parte, Il

Formicaio. La loc. Il Formicaio nella sua porzione settentrionale si colloca, invece, sui terreni di natura torbidoarenacea della Pietraforte (PTF), che rappresenta anche il substrato geologico dei settori collinari su cui sono impostati gli abitati di Altomena e della loc. Il Colle. La formazione della Pietraforte (PTF) si riconosce, al di sotto di uno spessore di coltre eluvio-colluviale (b2a) in una fascia circa parallela al corso del Fiume Arno a valle dell'abitato di Carbonile. In tale settore si rinviene anche uno sporadico lembo, coperto da depositi eluvio-colluviali (b2a), di litologie calcareo marnose attribuibili alla Formazione di Monte Morello (MLL).

L'assetto giaciturale delle formazioni argillitiche è estremamente caotico, in funzione del grado di tettonizzazione e l'interessamento in fenomenologie gravitative, mentre la formazione della Pietraforte presenta giaciture a franapoggio, verso i quadranti occidentali, con inclinazioni che variano tra 10° e 30°.

In prossimità del corso del Fiume Arno i terreni del substrato sono sormontati da una copertura costituita da depositi alluvionali recenti, terrazzati o non terrazzati (bna). L'alveo del Fiume Arno è contraddistinto dalla presenza di depositi alluvionali attuali (b).

Il contesto è completato dalla presenza di terreni di origine antropica, in particolare in corrispondenza dei rilevati stradali, di manufatti di origine antropica e delle arginature in corrispondenza del Fiume Arno.

Il quadro geomorfologico è contraddistinto da importanti ed arealmente estesi distretti, soventemente coalescenti, caratterizzati dalla presenza di fenomenologie gravitative con i relativi coronamenti il cui stato di attività è sia attivo, sia quiescente che stabilizzato, con presenza di settori con fenomenologie di soliflusso localizzato e frane di limitata estensione generalmente attive in corpi più estesi ad attività quiescente e/o stabilizzata. Inoltre si ha la presenza di una serie di scarpate di erosione sia attive che non e di orli rimodellati di scarpata o deboli rotture di pendio, nonché, in prossimità del corso del Fiume Arno, di orli di scarpata o di terrazzo fluviale.

Dal punto di vista morfologico si evidenzia una acclività bassa dei versanti (pendenze comprese tra 0% e 10%) nel settore pianeggiante in prossimità del corso del Fiume Arno, mentre le porzioni collinari su cui sorgono gli abitati di Carbonile e di La Cava presentano acclività comprese tra 10% e 25%. I settori a monte di queste, principalmente in corrispondenza del substrato geologico contraddistinto dalle arenarie della formazione della Pietraforte (PTF), presentano acclività con pendenze comprese tra 25% e 45%, ma anche superiori al 45%.

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 progressse***

Per la frazione di Carbonile 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 particolare sono state ricavate le risultanze del seguente numero di indagini:

- n. 32 sondaggi geognostici a carotaggio continuo di cui n. 19 strumentati con tubo piezometrico e n. 8 strumentati con canna inclinometrica, con le relative risultanze stratigrafiche e talora geotecniche di laboratorio;
- n. 4 stratigrafie risultanti da saggi o trincee esplorative realizzate con escavatore meccanico;
- n. 8 prove penetrometriche dinamiche;
- n. 1 stratigrafia di terebrazione di pozzo profondo;
- n. 1 indagini di sismica a rifrazione con onde P e Sh;
- n. 1 indagini di sismica tipo MASW.

### ***Modello geologico del sottosuolo***

Il substrato geologico su cui sorge l'abitato di Carbonile e le aree limitrofe tra cui le località a Cava e Altomena risulta costituito dalla presenza di terreni riconducibili alle formazioni dell'Unità di Monte Morello, in particolare alla Formazione di Sillano (SIL), alle Argille Varicolori (AVR) e alla Pietraforte (PTF).

In particolare la quasi totalità dell'abitato di Carbonile, ad eccezione della sua porzione sommitale, e dell'abitato di La Cava vedono come substrato i terreni prevalentemente argillitici e argillitico marnosi della Formazione di Sillano (SIL). Questa presenta una coltre di alterazione e/o eluvio-colluviale dello spessore di circa 1,0 -2,0 m. La porzione dell'abitato collocata nella porzione di monte poggia, invece, su un substrato costituito dalla formazione delle Argille Varicolori (AVR) a facies prevalentemente argillitica e argillitico marnosa. Anche questa presenta una coltre alteritico e/o eluvio-colluviale dello spessore di circa 1,0 – 2,0 m.

La località Altomena e i settori limitrofi poggiano, invece, sui terreni di natura torbiditico arenacea della Pietraforte (PTF), talora al di sotto di una copertura eluvio-colluviale e/o alteritica dello spessore di circa 1,0 – 2,0 m.

In corrispondenza del corso del Fiume Arno, al di sopra del substrato litoide, si rinvencono spessori metrici di litologie da macroclastiche a sabbioso-limose riferibili ai depositi alluvionali attuali (b) e recenti terrazzati e non (bna).

Infine in alcuni areali vengono riconosciuti spessori metrici di depositi riferibili a coltri di frana o a spessori di entità variabile di terreni di riporto antropico.

### ***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 1:5.000 e presentato in scala 1:10.000 e dalla disponibilità delle indagini geognostiche e sismiche di cui al dettaglio precedentemente si ricava una valutazione di qualità pari a 52,1 che la colloca in classe di accettabilità B.

### ***Misure di frequenza naturale e indagini di sismica a rifrazione***

In località Carbonile non sono presenti nei dati di base o specificatamente eseguite prove di sismica passiva mediante stazione sismica (HVSR) pertanto non è possibile stimarne i fenomeni di risonanza presenti nel sottosuolo. Tuttavia sono a disposizione dai dati di base alcune prove sismiche di sismica a rifrazione (11\_SR) e di tipo Masw (12\_MASW e 58\_MASW) eseguite presso l'abitato.

L'indagine di sismica a rifrazione ha mostrato la presenza di un primo sismostrato dello spessore di circa 5,0 – 7,5 m dal p.c. con  $V_s = 149$  m/s poggiante su un secondo sismostrato con  $V_s = 573$  m/s, corrispondenti rispettivamente alla coltre di frana e alteritica del substrato e al substrato di natura prevalentemente argillitico marnosa.

Le due indagini sismiche di tipo Masw eseguite forniscono un valore di  $V_{s30}$  rispettivamente di 391 m/s (12\_MASW) e di 415 / 516 m/s (58\_MASW).

- MASSOLINA

(vedi tavole G.29 e G.30)

### ***Inquadramento geologico e geomorfologico***

L'area su cui sorge il centro urbano di Massolina è caratterizzata dalla presenza di terreni riconducibili alle formazioni dell'Unità di Monte Morello (Dominio Ligure) e in particolare alla Formazione di Monte Morello (MLL) e alla Formazione di Sillano (SIL).

Queste sono soventemente sormontate da coltri eluvio-colluviali (b2a) e/o da corpi detritici di frana.

In particolare i terreni appartenenti alla Formazione di Sillano (SIL) caratterizzano con litologie prevalentemente argillitico e siltitico marnose, il substrato geologico della porzione meridionale dell'areale di interesse (abitato di Massolina, Selvaccia e di Pod. Il Bosco), mentre i terreni appartenenti alla Formazione di Monte Morello (MLL), che sormonta stratigraficamente mediante contatto-tettonico la Formazione di Sillano (SIL) costituiscono con litologie prevalentemente calcaree e calcareo marnose il substrato geologico della porzione settentrionale dell'area di studio, interessando, in particolare il settore prossimo alla S.S.69 nell'areale meridionale e l'intero areale a nord del corso del Torrente Vicano di Pelago.

L'assetto giaciturale delle formazioni mostra in direzioni di immersione degli strati estremamente variabili, e inclinazioni comprese tra 25° e 50° nella Formazione di Sillano (SIL), dato la sua natura caoticizzata; mentre immersione degli strati verso i settori nord-orientali, con inclinazioni intorno ai 30° e giaciture generalmente a reggipoggio o a traverpoggio in corrispondenza della Formazione di Monte Morello (MLL).

In prossimità del corso del Fiume Arno e della sponda destra del corso del Torrente Vicano di Pelago i terreni del substrato sono sormontati da una copertura costituita da depositi alluvionali recenti, terrazzati o non terrazzati (bna). L'alveo di detti corsi d'acqua è contraddistinto dalla presenza di depositi alluvionali attuali (b).

Il contesto è completato dalla presenza di terreni di origine antropica, in particolare in corrispondenza dei rilevati stradali, di manufatti di origine antropica e delle arginature in corrispondenza del Fiume Arno.

Il quadro geomorfologico è contraddistinto nella porzione a sud del corso del Torrente Vicano di Pelago da fenomenologie gravitative con i relativi coronamenti il cui stato di attività è principalmente attivo, mentre gli areali in destra del suddetto Torrente presentano estesi distretti caratterizzati dalla presenza di fenomenologie gravitative con i relativi coronamenti il cui stato di attività è sia attivo, sia quiescente che stabilizzato. Sono presenti, inoltre areali con fenomenologie di soliflusso generalizzato, soliflusso localizzato ed aree con fenomeni di erosione superficiale.

Inoltre si ha la presenza di una serie di scarpate di erosione sia attive che non e di orli rimodellati di scarpata o deboli rotture di pendio, nonché, in prossimità dei corsi d'acqua di orli di scarpata o di terrazzo fluviale.

Dal punto di vista morfologico si evidenzia una generale acclività da bassa a medio-bassa dei versanti (pendenze comprese tra 0% e 25%) con limitati settori ad maggiore acclività.

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 la frazione di Massolina 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 particolare sono state ricavate le risultanze del seguente numero di indagini:

- n. 12 sondaggi geognostici a carotaggio continuo di cui n. 5 strumentati con tubo piezometrico, n. 1 strumentato con canna inclinometrica e n. 1 strumentato con tubo per prova down-hole, con le relative risultanze stratigrafiche e talora geotecniche di laboratorio;
- n. 2 stratigrafie risultanti da saggi o trincee esplorative realizzate con escavatore meccanico;

- n. 20 prove penetrometriche di cui n. 6 prove penetrometriche statiche e n. 14 prove penetrometriche dinamiche;
- n. 1 stratigrafia di terebrazione di pozzo profondo;
- n. 4 indagini di sismica a rifrazione con onde P e Sh..

In corrispondenza dell'abitato di Massolina sono inoltre stata 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. 1 stendimento sismico a rifrazione per l'acquisizione delle onde P e Sh e in n. 2 prove di sismica passiva mediante tecnica a stazione singola sulle vibrazioni ambientali (HVSR).

### ***Modello geologico del sottosuolo***

Il substrato geologico su cui sorge il nucleo insediativo di Massolina risulta costituito da terreni riconducibili alle formazioni dell'Unità di Monte Morello (Formazione di Sillano – SIL e Formazione di Monte Morello – MLL).

In particolare l'area a sud del corso del Torrente Vicano di Pelago è contraddistinto principalmente dai termini prevalentemente argillitici e argillitico marnosi della Formazione di Sillano (SIL). Questa presenta una coltre di alterazione, che con l'aggiunta delle coperture eluvio-colluviali, può raggiungere i 4,5 - 6,0 m di spessore.

Invece, la porzione di territorio a nord e in destra del corso del torrente Vicano di Pelago, presso la località Pietrella vede un substrato costituito dalla Formazione di Monte Morello (MLL) costituita dall'alternanza di calcari marnosi con subordinati livelli marnoso siltitici e argillitico marnosi, quest'ultimi talora prevalenti, e aventi in superficie spessori di coltre alteritica e/o eluvio-colluviale estremamente variabile, compresi da qualche metro a 4,0 - 5,0 m con settori dove le coltri si spingono anche a fino 8,0 – 10,0 m di profondità del p.c..

In corrispondenza del corso del Fiume Arno e dello stesso Torrente Vicano di Pelago, al di sopra del substrato litoide, si rinvencono spessori, compresi tra 3,5 e 6,0 m, di litologie da macroclastiche a sabbioso-limose riferibili ai depositi alluvionali attuali (b) e recenti terrazzati e non (bna).

Infine in alcuni areali vengono riconosciuti spessori metrici di depositi riferibili a coltri di frana o a spessori di entità variabile di terreni di riporto antropico.

### ***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 1:5.000 e presentato in scala 1:10.000, dalla disponibilità delle indagini geognostiche e sismiche di cui al dettaglio precedentemente e da n. 2 misure HVSR classificate in classe A1 si ricava una valutazione di qualità pari a 66,4 che la colloca in classe di accettabilità B.

### ***Misure di frequenza naturale e indagini di sismica a rifrazione***

In corrispondenza dell'abitato di Massolina sono state appositamente eseguite n. 2 misure di sismica passiva con metodo HVSR (R28 e R29) nell'ambito dello studio in oggetto.

Le registrazioni di rumore sismico hanno messo in luce fenomeni di risonanza con alti contrasti di impedenza sismica (ampiezze rispettivamente di 3,98 e 3,56) tuttavia a profondità di 20 / 30 m per la prova R28 e leggermente maggiore (30 / 50 m) per la prova R29.

Dai dati di base a disposizione sono state ricavate le risultanze di n. 4 linee sismiche a rifrazione (27\_SR, 28\_SR, 29\_SR e 30\_SR) eseguite in loc. Pietrella. Nel loro insieme le indagini hanno messo in evidenza la presenza di tre orizzonti sismici con rispettivamente le seguenti velocità delle onde sismiche compressionali: 187 – 331 m/s, 590 – 777 m/s e 2017 – 2301 m/s. Il primo orizzonte (spessore circa 2,0 m) presumibilmente deriva dalla

presenza di coltri detritiche superficiali, il secondo orizzonte sismico (spessore tra 7,0 e 15,0 m) corrisponde a litologie, anche alterate, del substrato litoide argillitico marnoso, il terzo sismostrato corrisponde al substrato argillitico inalterato.

- PATERNO

(vedi tavole G.29 e G.30)

***Inquadramento geologico e geomorfologico***

L'area su cui sorge l'abitato di Paterno è caratterizzata dalla presenza di terreni riconducibili alle formazioni dell'Unità di Monte Cervarola – Falterona (Dominio Toscano) e dell'Unità di Monte Morello (Dominio Ligure).

In particolare l'Unità di Monte Cervarola - Falterona è rappresentata dal Membro di Camaldoli (FAL2) delle Arenarie del M. Falterona costituito da prevalenti strati arenacei e subordinati strati pelitici e dal Membro di Montalto (FAL3) delle Arenarie del M. Falterona con alternanza di livelli arenacei, marnosi, argillitici e siltitici, mentre l'Unità di Monte Morello è rappresentata principalmente dalla formazione della Pietraforte (PTF) e secondariamente, nei settori ad ovest di Castel Sofia, dalla Formazione di Monte Morello (MLL). Per quanto riguarda le Arenarie del M. Falterona, il Membro di Camaldoli (FAL2) interessa l'abitato di Paterno, di Pagiano e l'abitato della loc. la Rimessa con assetto principalmente a franapoggio e immersioni verso il quadrante sud-occidentale con inclinazioni comprese tra 15° e 35°. Il Membro di Montalto (FAL3) interessa l'areale a monte dell'abitato di Paterno, come ad esempio in corrispondenza della loc. Magnale, con giaciture anch'esse a franapoggio immergenti di 10° - 40° verso i quadranti meridionali. Inoltre il Membro di Montalto (FAL3) costituisce il substrato geologico degli areali delle località La Rimessa e Le Muricce.

Attraverso una faglia a componente normale, di interesse regionale, ed andamento nord-ovest/sud-est e circa nord-sud, i depositi dell'Unità di Monte Cervarola – Falterona, presenti sul lato di letto (settore orientale della linea di faglia, vengono messi in contatto con i depositi dell'Unità di Monte Morello presenti sul lato di tetto (settore occidentale della linea di faglia).

La formazione della Pietraforte (PTF) che rappresenta i depositi dell'Unità di Monte Morello presenta un assetto giaciturale estremamente ondulato con immersioni e inclinazioni variabili e polarità sia normale che, talora, inversa.

Le varie formazioni riconosciute sono soventemente, in particolare la formazione della Pietraforte (PTF), sormontate da coltri eluvio-colluviali (b2a) e, in alcuni settori, da corpi detritici di frana.

In prossimità del corso del Torrente Vicano di Sant'Ellero i terreni del substrato sono talora sormontati da una copertura costituita da depositi alluvionali recenti, terrazzati o non terrazzati (bna).

Il contesto è completato dalla presenza di terreni di origine antropica, in particolare in corrispondenza delle aree intensamente urbanizzate o di manufatti e/o manomissioni di origine antropica.

Il quadro geomorfologico è contraddistinto in alcuni areali da fenomenologie gravitative con i relativi coronamenti il cui stato di attività è principalmente quiescente e subordinatamente stabilizzato. Sono presenti, inoltre, areali con fenomeni di erosione superficiale, aree soggette ad erosione profonda, in particolare in corrispondenza delle scarpate di monte della loc. Pagiano, e aree soggette a soilcreep.

Inoltre si ha la presenza di una serie di scarpate di erosione sia attive che non e di orli rimodellati di scarpata o deboli rotture di pendio, nonché, in prossimità dei corsi d'acqua di orli di scarpata o di terrazzo fluviale e di fenomeni di erosione lineare o incanalata.

Dal punto di vista morfologico si evidenzia una generale acclività da bassa a medio-bassa dei versanti (pendenze comprese tra 0% e 25%) nei settori di affioramento dei terreni riferibili a un substrato costituito dalla Pietraforte (PTF), mentre si hanno pendenze maggiori, con acclività generalmente non inferiori al 15% e in molti casi maggiori del 25% nei settori di affioramento delle Arenarie del M. Falterona e in particolare in corrispondenza della presenza del Membro di Camaldoli (FAL2) dove prevalgono gli strati di natura arenacea.

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 la frazione di Paterno 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 particolare sono state ricavate le risultanze del seguente numero di indagini:

- n. 1 sondaggio geognostico a carotaggio continuo con la relativa risultanza stratigrafica e geotecnica di laboratorio;
- n. 8 stratigrafie risultanti da saggi o trincee esplorative realizzate con escavatore meccanico;
- n. 3 prove penetrometriche statiche;
- n. 5 stratigrafie di terebrazioni di pozzi profondi;
- n. 3 indagini di sismica a rifrazione con onde P e Sh.

In corrispondenza dell'abitato di Paterno 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***

Il substrato geologico su cui sorge l'abitato di Paterno risulta costituito da terreni riconducibili alle formazioni dell'Unità di Monte Cervarola – Falterona (Arenarie del M. Falterona - Membro di Camaldoli – FAL2 e Arenarie del M. Falterona - Membro di Montalto – FAL3) e dell'Unità di Monte Morello (Pietraforte – PTF).

In particolare l'area del nucleo storico di Paterno e il settore a sud di essa fino al corso del Torrente Vicano di Sant'Ellero è contraddistinto dai termini litoidi prevalentemente arenacei del Membro di Camaldoli delle Arenarie del M. Falterona (FAL2), mentre i settori a monte di questi, come ad esempio l'area della loc. Magnale, e le aree in corrispondenza della località La Rimessa, vedono come substrato i termini arenaceo-marnoso-pelitici del Membro di Montalto delle Arenarie del M. Falterona (FAL3).

Sudette litologie sono sormontate da uno spessore di coltre eluvio-colluviale e/o alteritica con spessori massimi rilevati di circa 2,0 m.

Il substrato della porzione ad ovest dell'abitato di Paterno – La Rimessa è invece contraddistinto dalla presenza delle torbiditi arenacee della formazione della Pietraforte (PTF) che presentano uno spessore alteritico e/o eluvio-colluviale rilevato dalle indagini ricavate compreso tra 0,5 e 3,5 m.

Attraverso una faglia a componente normale, di interesse regionale, ed andamento nord-ovest/sud-est e circa nord-sud, i depositi dell'Unità di Monte Cervarola – Falterona, presenti sul lato di letto (settore orientale della linea di faglia, vengono messi in contatto con i depositi dell'Unità di Monte Morello presenti sul lato di tetto (settore occidentale della linea di faglia).

La formazione della Pietraforte (PTF) che rappresenta i depositi dell'Unità di Monte Morello presenta un assetto giaciturale estremamente ondulato con immersioni e inclinazioni variabili e polarità sia normale che, talora, inversa.

Infine in alcuni areali vengono riconosciuti spessori metrici di depositi riferibili a coltri di frana o a spessori di entità variabile di terreni di riporto antropico.

### ***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 1:5.000 e presentato in scala 1:10.000, dalla disponibilità delle indagini geognostiche e sismiche di cui al dettaglio precedentemente e da n. 2 misure HVSr di cui n. 1 classificata in classe A2 e n. 1 classificata in B1 si ricava una valutazione di qualità pari a 58,2 che la colloca in classe di accettabilità B.

### ***Misure di frequenza naturale e indagini di sismica a rifrazione***

In corrispondenza dell'abitato di Paterno sono state appositamente eseguite n. 2 misure di sismica passiva con metodo Hvsr (R26 e R27) nell'ambito dello studio in oggetto.

La registrazione R26 non ha presentato nessun fenomeno di risonanza, mentre la prova R27, eseguita presso la loc. La Rimessa ha messo in luce una frequenza del picco principale di 3,99 Hz con ampiezza di 2,33 che denota fenomeni di risonanza a profondità comprese tra 20 e 30 m dal p.c. e un basso contrasto di impedenza sismica.

In prossimità della prova R27 dai dati di base sono ricavabili le risultanze di n. 3 indagini di sismica a rifrazione (37\_SR, 38\_SR e 39\_SR). Un primo sismostrato dello spessore di 2,0 – 4,0 m dal p.c. presenta  $V_s = 208$  m/s comprende le coltri di materiale sciolto superficiale. Un secondo sismostrato di spessore compreso tra 8,0 e 20,0 m dal p.c. presenta  $V_s$  comprese tra 353 e 500 m/s ed è riferibile alla presenza di sedimenti sciolti da mediamente addensati ad addensati e livelli lapidei a prevalente natura argillitica, di cui i sedimenti sciolti ne rappresentano la porzione più alterata. Infine, un terzo sismostrato rappresenta il bedrock sismico e substrato lapideo con  $V_s = 1200$  m/s.

- **FONTISTERNI**

(vedi tavole G.26 e G.27)

### ***Inquadramento geologico e geomorfologico***

L'area su cui sorge l'abitato di Fontisterni è caratterizzata dalla presenza di terreni riconducibili alle formazioni dell'Unità di Monte Morello (Dominio Ligure) e in particolare alla Formazione di Monte Morello (MLL) e, subordinatamente, alla Formazione di Sillano (SIL).

Queste sono soventemente sormontate da coltri eluvio-colluviali (b2a) e/o da corpi detritici di frana quiescenti (Fq). In particolare i terreni appartenenti alla Formazione di Sillano (SIL) caratterizzano con litologie prevalentemente argillitico e siltitico marnose, il substrato geologico della porzione sud-occidentale dell'areale di interesse, presso il corso del Fosso di Santa Lucia, mentre i terreni appartenenti alla Formazione di Monte Morello (MLL), che sormonta stratigraficamente mediante contatto-tettonico la Formazione di Sillano (SIL) costituiscono con litologie prevalentemente calcaree e calcareo marnose il substrato geologico di gran parte del settore di interesse e del nucleo abitativo in particolare.

L'assetto giaciturale delle formazioni mostra in media direzioni di immersione verso i quadranti meridionali con blande inclinazioni e assetto generalmente a franapoggio, da più inclinato a meno inclinato del pendio.

In prossimità del corso del Torrente Vicano di Sant'Ellero i terreni del substrato sono sormontati da una copertura costituita da depositi alluvionali recenti, terrazzati o non terrazzati (bna). L'alveo del Torrente stesso è contraddistinto dalla presenza di depositi alluvionali attuali (b).

Il contesto è completato dalla presenza di terreni di origine antropica, in particolare in corrispondenza delle aree intensamente urbanizzate o di manufatti e/o manomissioni di origine antropica.

Il quadro geomorfologico è contraddistinto da distretti caratterizzati dalla presenza di fenomenologie gravitative di tipo quiescente con i relativi coronamenti e da areali interessati da franosità diffusa e da erosione superficiale; ed è completato dalla presenza di una serie di scarpate di erosione non attive e da orli rimodellati di scarpata o deboli rotture di pendio.

Dal punto di vista morfologico si evidenzia una acclività generalmente compresa tra 10% e 25% con settori in corrispondenza dell'abitato con pendenze inferiori (comprese tra 0% e 10%), e settori a nord delle località Il Fattoio e Frontignano e a sud delle località Il Poggiolo e Masseto con maggiori acclività (comprese tra 25% e 45%).

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 la frazione di Fontisterni 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 particolare sono state ricavate le risultanze del seguente numero di indagini:

- n. 1 sondaggio geognostico a carotaggio continuo strumentato con tubo piezometrico con le relative risultanze stratigrafiche e geotecniche di laboratorio;
- n. 1 stratigrafia di terebrazione di pozzo profondo;
- n. 1 indagine di sismica a rifrazione con onde P e Sh;
- n. 1 indagine di sismica tipo MASW;
- n. 1 indagine di sismica passiva tipo HVSR.

#### ***Modello geologico del sottosuolo***

Il substrato geologico su cui sorge l'abitato di San Francesco risulta costituito interamente da terreni riconducibili alla Formazione di Monte Morello (MLL) dell'Unità di Monte Morello.

In particolare l'area dell'abitato è contraddistinto dai termini della Formazione di Monte Morello (MLL) costituita dall'alternanza di calcari marnosi con subordinati livelli marnoso siltitici e argillitico marnosi, quest'ultimi talora prevalenti, e aventi in superficie spessori di oltre alteritica e/o eluvio-colluviale generalmente compresa tra 4,0 e 7,0 m dal p.c..

#### ***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 1:5.000 e presentato in scala 1:10.000, dalla disponibilità delle indagini geognostiche e sismiche di cui al dettaglio precedentemente e da n. 1 misura HVSR classificata in classe A1 si ricava una valutazione di qualità pari a 56,1 che la colloca in classe di accettabilità B.

#### ***Misure di frequenza naturale e indagini di sismica a rifrazione***

In corrispondenza dell'abitato di Fontisterni dai dati di base è ricavabile una di sismica passiva con metodo Hvsr (55\_HVSR) che ha messo in luce una frequenza del picco principale di 8,25 Hz con ampiezza di 4,46 che denota fenomeni di risonanza superficiale, a profondità comprese tra 5 e 10 m dal p.c., e un alto contrasto di impedenza sismica.

In prossimità della suddetta prova dai dati di base sono ricavabili i risultati della indagine di sismica a rifrazione (49\_SR) che mostra la presenza di un primo sismostrato di spessore 4,0 – 5,0 m con  $V_s = 230$  m/s, un secondo sismostrato di spessore 2,0 – 3,0 m con  $V_s = 345$  m/s, e un terzo e ultimo sismostrato con  $s = 525$  m/s.

L'indagine sismica di tipo Masw eseguita (50\_MASW) fornisce un valore di  $V_{s30} = 432$  m/s.

## **9. 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 (Capoluogo, Diaceto, Borselli, Consuma, San Francesco, Palaie) 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.15, G.21 e G.27 realizzate 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.

| <i><b>ID ZONA MOPS</b></i>                                       | <i><b>CLASSE PERICOLOSITA' SISMICA</b></i> |
|--|--|
| <b><i>Zone stabili</i></b>                                       |  |
|  | S.1  |
| <b><i>Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali</i></b> |  |
| Z1   | S.2  |
| Z2   | S.2  |
| Z3   | S.3  |
| Z4   | S.3  |
| Z5   | S.2  |
| Z6   | S.2  |
| Z7   | S.2  |
| Z8   | S.3  |
| Z9   | S.3  |

|  |   |
|--|---|
| Z10  | S.3   |
| Z11  | S.2   |
| Z12  | S.2   |
| Z13  | S.2   |
| Z14  | S.3   |
| Z15  | S.2   |
| Z16  | S.3   |
| Z17  | S.2   |
| Z18  | S.2   |
| Z19  | S.2   |
| Z20  | S.3   |
| Z21  | S.2   |
| Z22  | S.3   |
| <b><u>Zone suscettibili di instabilità</u></b> |   |
| FR1  | S.4   |
| FR2  | S.4   |
| FR3  | S.3   |
| FR4  | S.3   |
| FR5  | S.2   |
| FR6  | S.2<br>(S.3 nel caso * in loc. Palaie per alto<br>c.i. sismica da prova 10_R) |
| CD   | S.3   |

Firenze li 26.11.2013

---

Prof. Dott. Geol. Eros Aiello

---

Dott. Geol. Gabriele Grandini