



COMUNE DI SANTA MARIA A MONTE  
 Provincia di Pisa

AMPLIAMENTO CIMITERO SANTA MARIA A MONTE  
 - LOTTO 1 -  
 PROGETTO DEFINITIVO ESECUTIVO

UBICAZIONE: VIA QUERCE

RELAZIONE GEOLOGICA

Maggio 2017

GR01

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO,  
 PROGETTISTA E DIRETTORE LAVORI

**Dott. Ing. Maurizio Iannotta**  
 Servizio LL.PP. Comune di Santa Maria a Monte

COLLABORATORI ALLA PROGETTAZIONE

**Dott. Ing. Nico Marchetti - Dott. Ing. Alessandro Veracini**  
 Servizio LL.PP. Comune di Santa Maria a Monte

GEOLOGO

**Dott. Geol. Alessandra Giannetti**  
 Servizio LL.PP. Comune di Santa Maria a Monte

COLLAUDATORE STATICO

**Dott. Ing. Luciano Pasqualetti**  
 Servizio LL.PP. Comune di Santa Maria a Monte

COORDINATORE DELLA SICUREZZA

**Dott. Ing. Alessandro Veracini**



## INDICE ANALITICO

1 – GENERALITÀ E DESCRIZIONE DELL' INTERVENTO .....	2
2 - QUADRO NORMATIVO.....	2
3 - QUADRO CONOSCITIVO .....	3
4 – VINCOLI E PERICOLOSITA' DEDOTTE DAL QUADRO CONOSCITIVO.....	3
5 – RILEVAMENTO GEO-MORFOLOGICO E RICOSTRUZIONE STRATIGRAFICA .....	6
6 – INDAGINI GEOGNOSTICHE .....	16
7 – MODELLAZIONE FISICO-MECCANICA DEI TERRENI .....	18
8 – TERRE DI SCAVO .....	20
9 – SISMICA.....	24
10 – VERIFICHE DI STABILITÀ DEL FRONTE DI SCAVO E ULTERIORI PRESCRIZIONI .....	29
11 – LIQUEFAZIONE .....	30

## 1 – GENERALITÀ E DESCRIZIONE DELL' INTERVENTO

L'Amministrazione Comunale ha l'esigenza di procedere con l'ampliamento del cimitero di S. Maria a Monte Capoluogo, nell'area interessata dalla porzione più recente della costruzione.

L'ampliamento in progetto, sarà proceduto da alcune opere<sup>1</sup> di scavo e rinterro, volte a modellare l'area in oggetto al fine di prepararla ai successivi lavori d'ampliamento.

Il presente studio geologico si è posto, il fine di fornire un'adeguata conoscenza e caratterizzazione del territorio e del contesto in cui si fanno a inserire, entrambi, i lavori suddetti. L'area in studio si trova a nord-ovest del centro storico di Santa Maria a Monte. Secondo il RU comunale, approvato con Delibera di CC n° 2/2017, l'area è classificata come verde di connessione ecologica e funzionale e sottoposta a Vincolo D.M.17/05/1958 – D.Lgs 42/04 ess.mm.ii. e a Vincolo cimiteriale (vedi Fig. 1 – Estratto del R.U.).

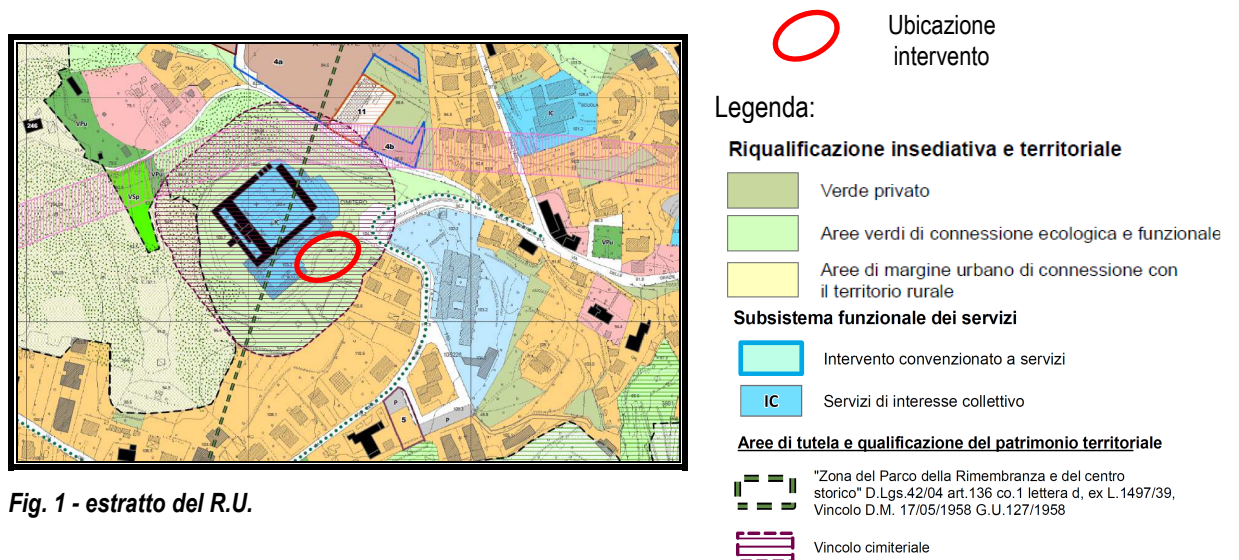


Fig. 1 - estratto del R.U.

Il Cimitero di Santa Maria a Monte, negli anni, ha subito continue modifiche e ampliamenti che hanno trasformato completamente l'impostazione originale a pianta quadrata. A sud della struttura originaria, sin dagli anni '70, si sono sviluppati i nuovi ampliamenti, (l'ultimo progettato nel 2012), con la realizzazione di nuovi campi comuni e nuovi lotti a due piani fuori terra, con loculi e ossari. L'intervento in progetto, da eseguire nell'area adiacente all'ultimo ampliamento, consiste nella realizzazione di una nuova sezione costituita da due fabbricati, con pianta regolare, tra loro giuntati e articolati su due piani. Negli edifici in progetto troveranno sistemazione complessivamente n. 340 loculi prefabbricati e n. 4 cappelle gentilizie. Le fondazioni, di tipo superficiale a platea, e le strutture saranno eseguite in c.a., per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati dell'Ing. Maurizio Iannotta.

## 2 - QUADRO NORMATIVO

Il presente lavoro è stato eseguito seguendo le prescrizioni indicate nella normativa attualmente vigente e, in particolar modo, facendo riferimento:

<sup>1</sup> Approvate con DT n° 83/2017

- DM 14/01/2008 “Nuove norme tecniche per le costruzioni” e la relativa circolare esplicativa del 2 febbraio 2009 n. 617 “Istruzioni per l'applicazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni”;
- D.Lgs 152 del 3/04/2006 e ss.mm.ii. “Norme in materia ambientale”;
- DM 264 del 13/10/2016 “Regolamento recante criteri indicativi per agevolare la dimostrazione della sussistenza dei requisiti per la qualifica dei residui di produzione come sottoprodotti e non come rifiuti.”

### 3 - QUADRO CONOSCITIVO

La presente relazione è stata redatta in conformità alla normativa vigente in materia e in base ad un quadro conoscitivo costituito dal:

- Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) redatto dall'Autorità di Bacino del Fiume Arno;
- Piano di gestione del rischio alluvioni (PGRA) del Distretto dell'Appennino Settentrionale, approvato con Delibera del Comitato Istituzionale Integrato n°235 del 03/03/2016, che sostituisce il PAI, parte idraulica;
- Piano di Bacino Stralcio Riduzione rischio idraulico, dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno, approvato con D.P.C.M. del 05/11/1999 e ss.mm.ii.;
- Piano di Bacino Stralcio Bilancio Idrico, adottato con Delibera n° 214 del 21/12/2010, del Comitato Istituzionale (C.I.) dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno, le cui misure di salvaguardia sono state prorogate come da comunicato pubblicato nella G.U. n° 13 del 16/01/2013 e ss.mm.ii.
- Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Pisa (P.T.C.) approvato con delibera di C.P. n° 100 del 27/07/2006 e ss.mm.ii., delibera di C.P. n° 7 del 13/01/2014 e ss.mm.ii.;
- Piano di Indirizzo Territoriale (PIT) con valenza di piano paesaggistico approvato con Delibera di Consiglio Regionale con n. 37 del 27/03/2015 e ss.mm.ii.;
- Studio geologico eseguito a supporto del nuovo Piano Strutturale approvato con Delibera di C.C. n° 49/2014.
- Studio geologico eseguito a supporto della variante al Regolamento Urbanistico vigente ai sensi dell'art. 222 della L.R. 65 del 10/11/2014 e ss.mm.ii., approvata con delibera di C.C. n° 2/2017.

### 4 – VINCOLI E PERICOLOSITA' DEDOTTE DAL QUADRO CONOSCITIVO

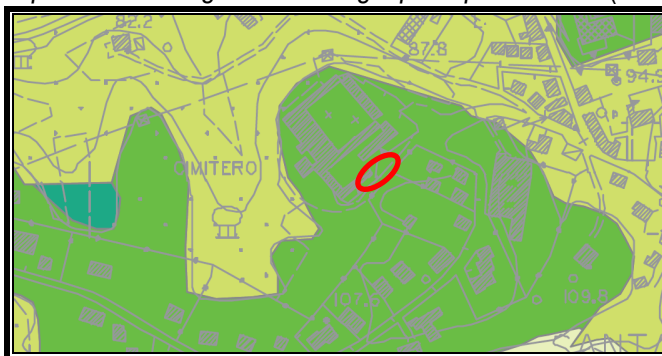
Il Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Pisa, approvato con D.C.P. n° 100 del 2006, individua per l'area in studio le seguenti pericolosità:

1) **Pericolosità geomorfologica in parte irrilevante e in parte bassa;**

2) **Pericolosità idraulica irrilevante;**

3) **Vulnerabilità idrogeologica media classe 3B** → *corrisponde a situazioni in cui la risorsa idrica considerata presenta un grado di protezione mediocre; in essa ricadono, nelle aree di pianura, le zone in cui sono ipotizzabili tempi di arrivo in falda compresi tra i 7 ed i 15 giorni, quali quelle interessate da falde libere in materiali alluvionali mediamente permeabili con livelli piezometrici prossimi al piano campagna, quelle di ricarica di acquiferi confinati a bassa permeabilità, quelle*

consistenti in terrazzi alluvionali antichi costituiti da litologie poco permeabili e direttamente connessi all'acquifero principale, quelle a permeabilità medio alta ma con superficie freatica depressa per cause naturali, nonché, nelle aree collinari e montuose, le zone di affioramento di terreni litoidi a media permeabilità, le zone morfologicamente pianeggianti con affioramento di terreni sciolti di media permeabilità con sufficiente estensione e ricarica, le zone di alimentazione delle sorgenti di principale importanza emergenti da litologie poco permeabili. (vedi Fig. 2 – estratto TAV. 10 del Piano Strutturale).



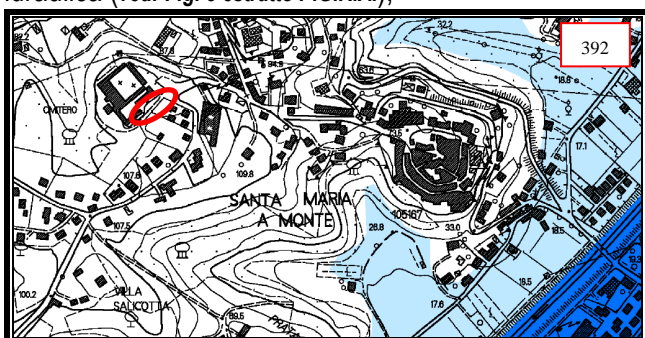
Ubicazione intervento

Legenda

- 1 - Vulnerabilità irrilevante
- 2 - Vulnerabilità bassa
- 3A - Vulnerabilità media
- 3B - Vulnerabilità media
- 4A - Vulnerabilità elevata

Fig. 2 - estratto TAV. 10 del Piano Strutturale – carta delle aree con problematiche idrogeologiche

Secondo il Piano di gestione del rischio alluvioni (PGRA), consultando le cartografie di riferimento per la pericolosità da alluvione, l'area oggetto di studio non rientra in nessuna classe di pericolosità idraulica (vedi Fig. 3 estratto P.G.R.A.);



Ubicazione intervento

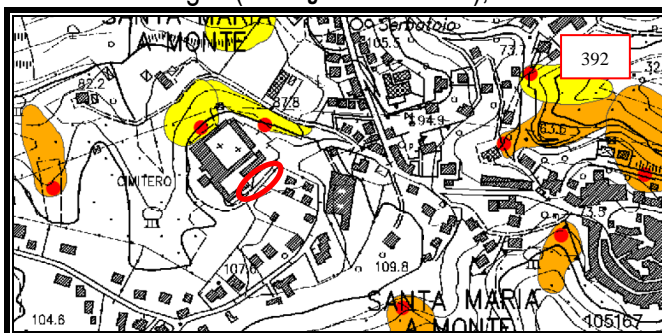
Legenda Pericolosità Alluvioni Fluviali

- P1 - pericolosità bassa
- P2 - pericolosità media
- P3 - pericolosità elevata

Fig. 3 - estratto (n° 392) del PGRA carta della pericolosità alluvioni fluviali

Secondo il Piano di Bacino Stralcio Assetto Idrogeologico (PAI) l'area in studio:

- non rientra nella perimetrazione delle aree con pericolosità da fenomeni geomorfologici di versante – a livello di dettaglio (vedi Fig. 4 estratto P.A.I.);



Ubicazione intervento

Legenda

- P.F.4 Aree a pericolosità molto elevata
- P.F.3 Aree a pericolosità elevata
- P.F.2 Aree a pericolosità media

Fig. 4 – estratto (n° 392) del Piano di Bacino del fiume Arno - stralcio Assetto Idrogeologico - Perimetrazione delle aree con pericolosità da fenomeni geomorfologici di versante e da frane- livello di dettaglio.



- rientra nella perimetrazione delle aree con pericolosità da fenomeni geomorfologici di versante - livello di sintesi, nella classe P.F.2. (vedi Fig. 5 estratto P.A.I.);

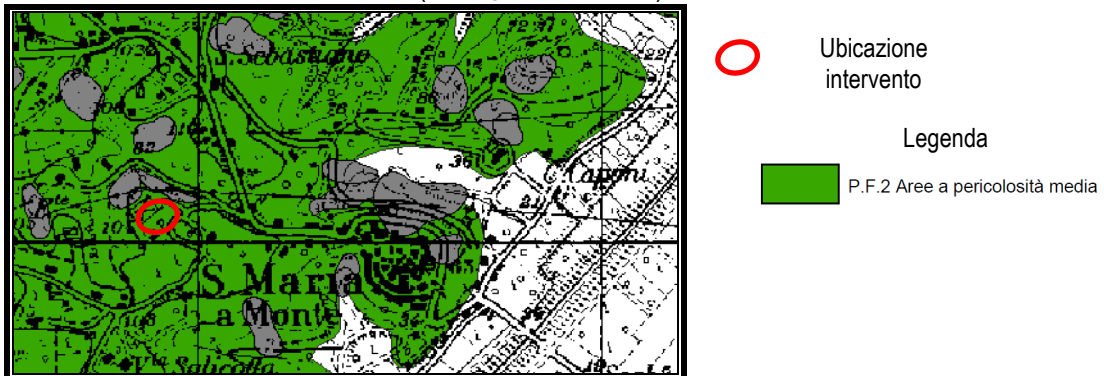


Fig. 5 – estratto (dello stralcio n° 78) del Piano di Bacino del fiume Arno - stralcio Assetto Idrogeologico - Perimetrazione delle aree con pericolosità da fenomeni geomorfologici di versante

Lo studio geologico, redatto ai sensi del DPGR 53/R/2011, a supporto del nuovo Piano Strutturale (2014) classificava l'area d'intervento secondo le seguenti classi di pericolosità:

1) **pericolosità geologica media - classe G2** → aree in cui sono presenti fenomeni franosi inattivi e stabilizzati (naturalmente o artificialmente); aree con elementi geomorfologici, litologici e giacaturali dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto; corpi detritici su versanti con pendenze inferiori al 25%. In questa classe ricade una buona parte del territorio comunale ove si riscontra un'apparente stabilità a cui però si attribuisce una certa predisposizione all'evoluzione geomorfologica (talvolta anche rapida fino al dissesto) in seguito a una cattiva gestione del suolo (abbandono delle opere di presidio idraulico-agrarie, di manutenzione del suolo, modifica del profilo, errata o scarsa regimazione delle acque ...) (vedi Fig. 6 - estratto TAV. 9 del PS).

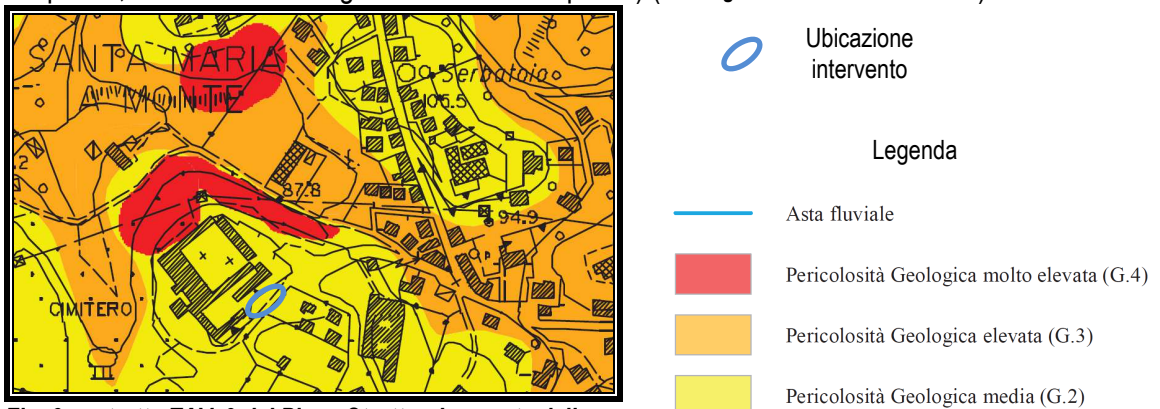


Fig. 6 - estratto TAV. 9 del Piano Strutturale – carta delle aree per pericolosità geologica

2) **pericolosità idraulica** → non è segnalata nessuna classe di pericolosità ai sensi del DPGR 53/R/2011;

3) **pericolosità Sismica locale media - classe S2** → zone suscettibili d'instabilità di versante inattiva e che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta a 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) (vedi Fig. 7 - estratto TAV. 13-RU del PS).



Fig. 7 - estratto TAV. 13-RU del RU – carta della pericolosità sismica

In base alle pericolosità dettate dagli strumenti comunali e sovraordinati, ai sensi del DPGR 53/R/2011, all'intervento in oggetto, sono assegnate le seguenti fattibilità<sup>2</sup>:

G2 → F2 (Fattibilità con normali vincoli)

I1 → F1 (Fattibilità senza particolari limitazioni)

S2 → F2 (Fattibilità con normali vincoli)

## 5 – RILEVAMENTO GEO-MORFOLOGICO E RICOSTRUZIONE STRATIGRAFICA

### Assetto geomorfologico

La zona in esame è situata, su una spianata sub orizzontale, in parte artificiale, con accesso da via Querce, in prossimità del limite sud-ovest delle Colline delle Cerbaie. Le colline delle Cerbaie costituiscono una dorsale che si estende in direzione NordEst - SudOvest e separa il Padule di Bientina a Ovest, dal Padule di Fuccionchio a Est. Dal punto di vista geomorfologico, la zona in progetto è situata, in parte su terreni pianeggianti, a nord-ovest del centro storico di S. Maria a Monte, posti a una quota altimetrica di circa 103 m. s.l.m., e in parte su un rilievo di terra di altezza intorno ai 5/6 m e con fianchi ripidi caratterizzati da una pendenza maggiore del 35%, valore ricavato dalla carta delle pendenze dello studio geologico a supporto del Piano Strutturale (Vedi Fig. 8 - estratto TAV. 6a del PS e documentazione fotografica).

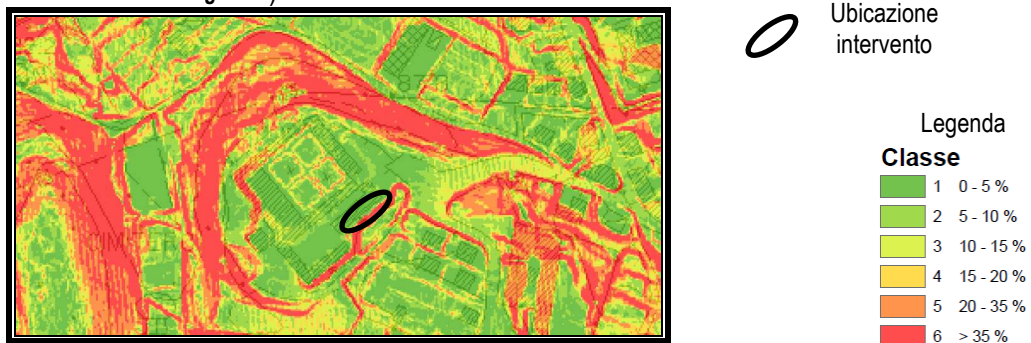


Fig. 8 - estratto TAV. 6a del Piano Strutturale – carta delle Pendenze

<sup>2</sup> Dalla Tabella guida per l'assegnazione delle classi di Fattibilità al di fuori delle schede norma ai sensi del D.P.G.R. 53/r del RU approvato con DCC n° 2/2017.

L'area in studio è stata recentemente (2014-2015) interessata dall'ampliamento della struttura cimiteriale; l'intervento ha comportato la sagomatura del rilievo a monte dell'opera, che a oggi presenta fenomeni precoci di erosione e dilavamento superficiali dovuti principalmente all'acclività, all'insufficiente regimazione delle acque meteoriche provenienti da monte e al non rinverdimento della scarpata.



**Foto – panoramica entrata laterale del cimitero di SMM**



**Foto – panoramica dal piazzale cimiteriale**

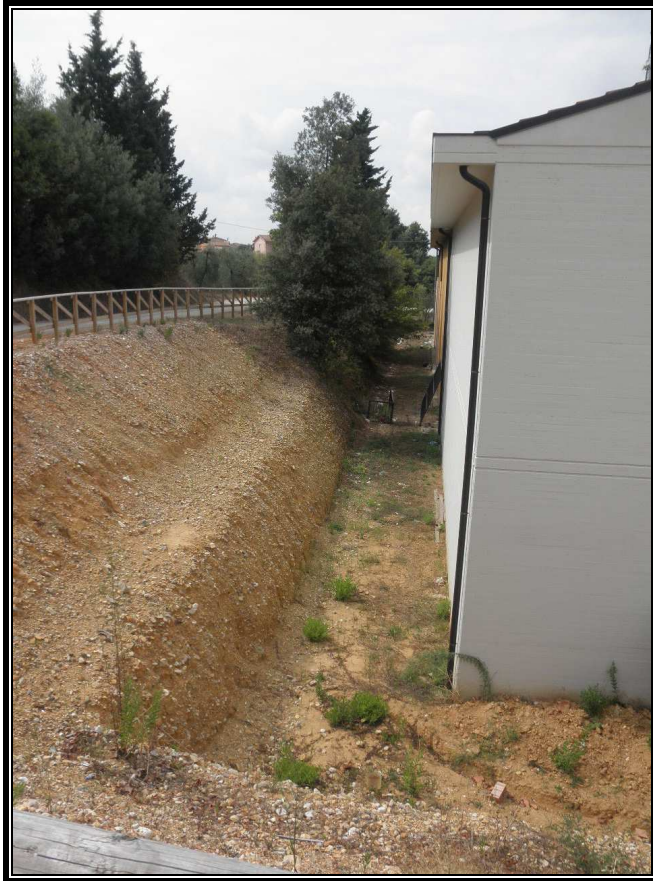




*Foto – panoramica fianco laterale dell'intervento recente*



*Foto – panoramica dalla "strada" a monte dell'intervento recente*



**Foto – panoramica fianco posteriore dell'intervento recente**

I margini nord-orientali della spianata ove sorge l'area cimiteriale (*fig.re 6 e 7*), sono stati interessati da alcuni fenomeni gravitativi:

Il primo dissesto, sul versante a monte della via Fonte, si è verificato nel marzo del 2006, successivamente, nel marzo 2007, in un'area non contigua, si è verificato un altro modesto movimento gravitativo.

Entrambi i dissesti, verificati in concomitanza o a seguito di eventi meteorici particolarmente intensi e/o prolungati, incluse precipitazioni nevose (anno 2006), si possono configurare principalmente come movimenti di scivolamento rotazionale.

I movimenti gravitativi hanno coinvolto essenzialmente i terreni superficiali del versante, costituiti, nella parte alta del versante, essenzialmente da terreno di riporto, formato da ciottoli arrotondati e spigolosi di modeste dimensioni con matrice argillo-limosa-sabbiosa e da materiali detritici di varia natura, disposti con uno scarso grado di costipamento e mescolati anche a resti vegetali.

In quest'area il sottosuolo, sotto la copertura detritica superficiale, è caratterizzato da terreni a componente limoso-sabbiosa e argillosa con presenza di livelli di argilla organica e torba, con scarsa capacità drenante soprattutto al piede del versante.

L'evento più significativo, quello del marzo 2006, è rappresentato da una frana di scivolamento rotazionale caratterizzata da una scarpata di coronamento lunga circa 20/30 m e alta circa 2/3 m.



Il versante, dopo il dissesto, si presentava con profilo, dalla cima al piede, concavo – convesso ed era interessato da un'unica scarpata di frana, che esibiva un bordo abbastanza curvilineo e delimitava l'area quasi indisturbata circostante la parte sommitale della frana

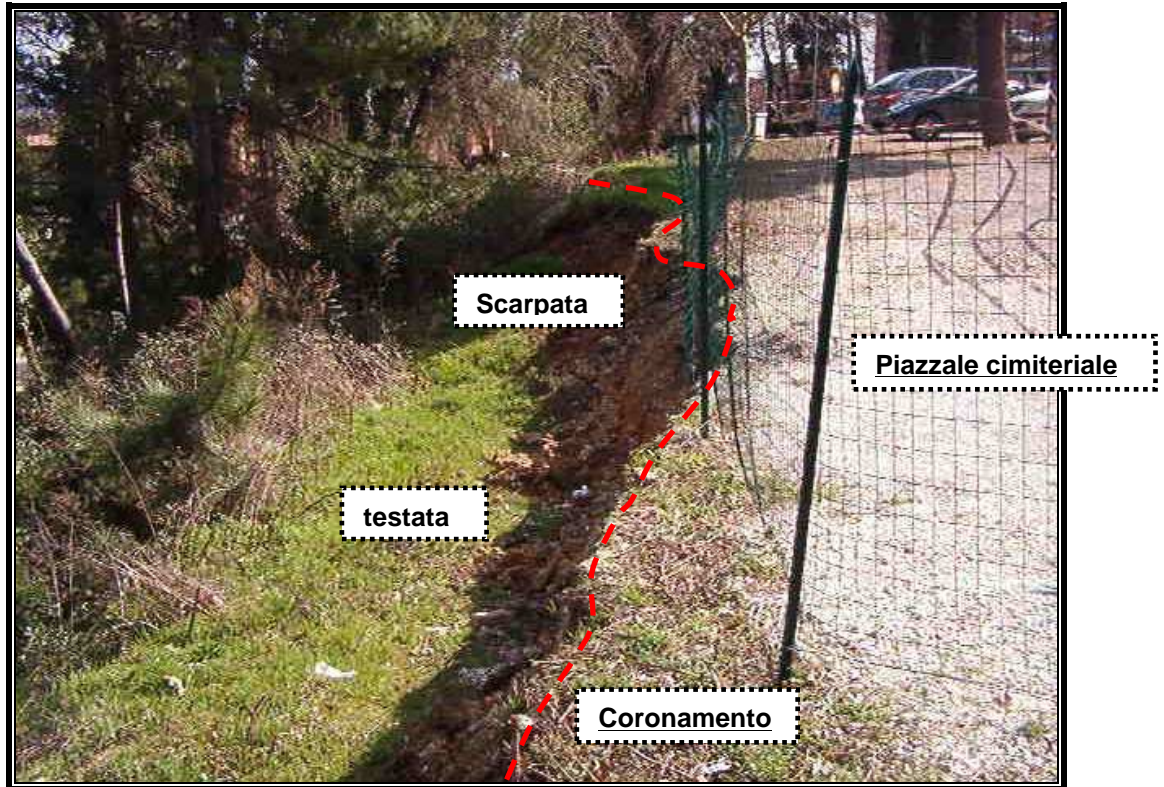


Foto anno 2006 – scarpata principale e coronamento del movimento franoso

Il materiale dislocato risultava abbastanza integro nella parte sommitale, mentre verso il piede di frana si notava una certa caoticizzazione, dovuta verosimilmente sia al manifestarsi dei fenomeni di Chablis, sia alla presenza di litotipi più argillosi, la cui alterazione delle caratteristiche geotecniche può avere comportato rigonfiamenti e/o mescolamenti.

Questo fenomeno, può indurre a ritenere che probabilmente il movimento rotazionale sia stato accompagnato o si è evoluto in un movimento di colamento lento di tipo soli-flusso, almeno verso la parte inferiore del versante, dove prevalgono i litotipi argillosi.

Da una prima indagine visiva, nell'anno 2006, si rilevavano su gran parte del versante, delle crepe trasversali anch'esse indici del movimento avvenuto e piccoli movimenti di "soliflusso" caratteristici di materiali limosi-argillosi, suscettibili di imbibirsi d'acqua e diventare plastici o quasi fluidi. Attualmente, a causa della ricrescita della vegetazione arbustiva, i segni di attività sopra descritti sono stati nascosti, ma rimangono visibili dei rigonfiamenti e depressioni del terreno, indicazioni dello stato di attività del movimento gravitativo coinvolgente gran parte del versante a monte della Via Fonte, unica via di accesso all'abitato urbano della zona.

L'attribuzione della classe di pericolosità geologica più elevata (G4 del DPGR 53/R/2011 – Fig. 6) per il dissesto gravitativo osservato è stata imposta dalla tipologia e dallo stato di attività del fenomeno.

L'individuazione dell'area a G4, è stata estesa a tutto il versante a valle del piazzale cimiteriale, in ragione dei segni di attività sopra descritti e del fatto che la probabile area d'influenza/evoluzione, del fenomeno gravitativo osservato, sia localizzabile (nell'ipotesi plausibile di un'evoluzione con cinematica lenta) nelle immediate vicinanze dell'area in dissesto che presentano le stesse caratteristiche geo-morfologiche.

I fenomeni gravitativi descritti sono stati inseriti, con Decreto del Segretario Generale dell'Autorità di Bacino del fiume Arno n° 52/2014, nelle cartografiche relative agli stralci del Comune di S. Maria a Monte, in area a P.F.4 (*pericolosità da processi geomorfologici di versante e da frana molto elevata*) del PAI (*Piano di bacino stralcio Assetto Idrogeologico*) (fig. 4).

I movimenti gravitativi sono stati temporaneamente arginati principalmente attraverso interventi di appesantimento del piede con geo-block in cls e l'esecuzione di un fosso di guardia, per l'intercettazione delle acque meteoriche, nel piazzale del cimitero. Questi movimenti confermano che l'area nord-orientale cimiteriale è caratterizzata, almeno superficialmente, da materiale di riporto con scarse caratteristiche tecniche e interessata da ruscamenti diffusi e dilavanti.

#### Assetto litostratigrafico

Dal punto di vista geologico l'area in progetto ricade, (vedi Fig. 9 - estratto TAV. 1 del PS), in una superficie nella quale affiorano i depositi della formazione delle Cerbaie **BCE** – Pleistocene medio, costituiti da un conglomerato matrice sostenuto, costituito da ciottoli eterogenei, di dimensioni inferiori a 10 cm di quarziti bianche, rosa, violette e verdi, calcari cristallini, diaspri e altri litotipi provenienti dai M.ti Pisani, immersi in una matrice di natura tendenzialmente sabbiosa di colore rosso. In questi depositi si possono notare localmente livelli o lenti di sabbie medio-grossolane, sabbie limose e limi argillosi, questi ultimi spesso di colore grigio. Sia i clasti sia la matrice hanno generalmente un elevato grado di alterazione.

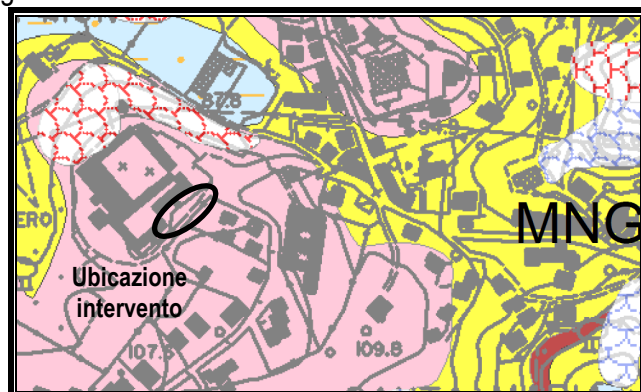
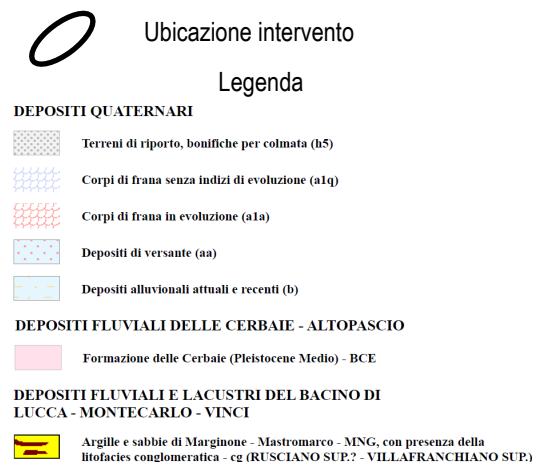


Fig. 9 - estratto TAV. 1 del Piano Strutturale – carta geologica



Questi depositi hanno una potenza di circa 40 m, sotto a questi si trovano i depositi denominati **MNG - Argille e Sabbie di Marginone – Mastromarco – con presenza di litofacies conglomeratica (cg) - Rusciano Sup? – Villafranchiano Sup**: Sabbie gialle, limi sabbiosi e argille limose di colore grigio nocciola, di ambiente deposizionale fluviale e palustre. All'interno si rinvencono livelli conglomeratici



(cg) spesso cementati con ciottoli prevalentemente carbonatici (provenienti essenzialmente dalla Falda Toscana e più raramente dai M.ti Pisani). Talvolta questi conglomerati assumano uno spessore e una continuità laterale tale da renderli cartografabili.

Il passaggio tra queste due formazioni o la possibile presenza di un livello conglomeratico, nel sito in oggetto, potrebbe essere rappresentato dal picco a 1,81 Hz, nella curva H/V della misura di microtremore TR2, che evidenzia la presenza di un contrasto d'impedenza sismica ad una profondità di circa 50 m, per maggiori dettagli si rimanda alla relazione sismica.

Dalla consultazione del catalogo **ITHACA** "*ITaly HAZard from CApable faults*" (di ISPRA Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale) si evidenzia che per l'area in esame non sono presenti faglie capaci, faglie che potenzialmente possono creare deformazione in superficie.

#### Ricostruzione paleogeografica dell'area

Nella zona in studio affiorano formazioni che si sono depositate dal Pliocene inferiore e medio fino all'olocene. La loro deposizione è da ricollegarsi alle oscillazioni del livello marino conseguenti alle variazioni climatiche e agli apporti solidi dei vari corsi d'acqua provenienti dai rilievi circostanti. La deposizione di queste formazioni è avvenuta durante un regime tettonico distensivo che ha seguito l'apertura del bacino tirrenico (Aguzzi et al., 2006) in età neogenica.

Di seguito si riportano le principali fasi dell'evoluzione geologica avvenuta nel periodo Miocene Sup. – Olocene:

**Miocene superiore** – ha origine il "*sfenocasma*" ligure-tirrenico, tra la Corsica e il M.te Albano – M.ti del Chianti, monti che dovevano corrispondere al crinale appenninico del tempo. Inizia la sedimentazione nelle fosse tettoniche. In questo periodo si possono ancora ben individuare gli accavallamenti tettonici e le arcature dei rilievi rappresentate dalle dorsali *Medio Toscana* (Apuane-M.te pisano-Iano-Montagnola Senese-M.te Leone), *Peritirrenica* posta a circa 30 km più a occidente dalla precedente (M.ti Casciana Terme, M.ti della Gherardesca-M.ti di Campiglia-il rilievo di Piombino fino all'Elba) e di *Meloria-Vada*. L'idrografia con vergenza Adriatica, è interrotta dal sorgere della catena paleo-appenninica in corrispondenza della linea Albano-Chianti. Le dorsali costituiscono soglie che limitano le comunicazioni delle acque tra le diverse fosse tettoniche, nel fondo delle quali si accumulano depositi lacustri.

A riprova di questa teoria si possono annoverare i sondaggi denominati Poggio e Zannone, dove non sono stati individuati orizzonti gessiferi, che invece caratterizzano la sedimentazione in questo periodo nel bacino Versilia-Pisa-Colline livornesi, sedimentazione collegata a un evento geodinamico che avrebbe interrotto, più o meno completamente, gli scambi idrici tra Atlantico e Mediterraneo, in concomitanza di un clima arido. Inoltre, in Zannone si nota, uno spessore molto ridotto di sedimenti mio-pliocenici come appunto si sarebbe verificato se tale area avesse rappresentato una zona di soglia, emersa fino al momento della precipitazione delle evaporiti mioceniche. Tale soglia corrisponderebbe alla continuazione dell'alto tettonico del M.te Pisano sotto i depositi alluvionali della pianura di Pisa.

Solo alla fine di questo periodo il bacino Versilia-Pisa-Colline livornesi sembra essere stato in comunicazione diretta con gli adiacenti bacini della Valdera e della Garfagnana-Valdelsa, in quella

che è definita in letteratura fase “*lago mare*”, quando le acque dolci si sono estese. Questa fase di “*lago mare*” si sarebbe verificata, secondo la maggior parte degli autori, al perdurare dell'interruzione delle comunicazioni tra il Mar Mediterraneo e gli oceani ma con una notevole ripresa delle attività fluviali conseguente a variazioni climatiche in senso umido. Federici e Mazzanti (1988) ipotizzano l'apertura della soglia durante la fase “*lago-mare*” solo nel Miocene superiore, in seguito la stessa soglia è rimasta poi totalmente sommersa, se pur rappresentando un alto relativo, durante la sedimentazione pliocenica e del pleistocene inf.

**Pliocene inferiore – Pliocene medio** - fase di massimo sprofondamento nelle fosse tettoniche; il mare inonda ampiamente l'area dello “*sfenocasma*” (fino al Pliocene medio inoltrato), ricoprendo gran parte dei pilastri e conseguentemente dei tratti delle antiche dorsali inglobati in questi. Il mare si spinge verso oriente dentro nuovi e grandi bacini fino a lambire la dorsale M. Albano – M. ti del Chianti – M. Cetona. In questi bacini avviene una sedimentazione essenzialmente sabbiosa-argillosa. Secondo Mazzanti & Trevisan (1978<sup>3</sup>) la trasgressione marina pliocenica è da mettersi in relazione all'abbassamento isostatico conseguente all'assottigliamento crostale.

La dorsale Peritirrenica è ampiamente intersecata dalle soglie di Casciana Terme e di Cecina, che consentano l'ingresso del mare nei bacini a Ovest ed Est della dorsale; mentre la dorsale Medio Toscana è ancora abbastanza integra.

Questo tipo di tettonica di grande sbalzo è documentato dalle intercalazioni di materiali detritici molto grossolani, nelle successioni argillose di mare profondo (es. Argille azzurre) e dal notevole spessore di queste successioni.

Il cambiamento di ambiente deposizionale (da quello di acque dolci a quello di acque marine piuttosto profonde, almeno nella Toscana costiera) avviene per trasgressione “acqua su acqua”: le acque dolci della depressione del lago-mare sarebbero state rapidamente mescolate con acque marine a causa del riattivarsi delle comunicazioni tra l'oceano Atlantico e il mar Mediterraneo.

**Parte superiore del Pliocene medio e Pliocene sup.** – inizia il sollevamento epirogenetico dell'area dello “*sfenocasma*” a nord di Cecina-Volterra-Siena. Tale sollevamento è accompagnato dalle manifestazioni magmatiche (es. parte centrale maremma, vulcanismo amiatino).

L'attività di sprofondamento procede verso Est, con la formazione di un primo lago tettonico nel Valdarno superiore, il crinale appenninico si sposta a Oriente di quest'ultimo.

Verso la fine del Pliocene il mare si ritira in gran parte della toscana, durante tale regressione si ha la deposizione delle cosiddette “Sabbie gialle” che corrispondono alla chiusura del ciclo marino pliocenico (Ghelardoni et al.; 1968<sup>4</sup>)

**Pleistocene inferiore** – continua la fase di sollevamento nella Toscana costiera, interrotto solamente da limitati episodi di sprofondamento nel Valdarno inferiore e nella bassa Val di Cecina, dovuti probabilmente alla migrazione della progradazione dello “*sfenocasma*” verso NE. Progradazione documentata dall'apertura delle fosse tettoniche di Firenze, del Mugello e del Casentino e della

<sup>3</sup> Mazzanti R. e Trevisan L.; 1978 – *L'evoluzione della rete idrografica nell'Appennino centro-settentrionale. Geogr. Fis. Dinam. Quat. Vol. 1*

<sup>4</sup> Ghelardoni R. et al.; 1968 – *Ricostruzione paleogeografica dei bacini neogenici e quaternari nella bassa valle dell'Arno sulla base dei sondaggi e dei rilievi sismici. Mem. Soc. Geol. Ital. Vol. 7*

seconda fase nella fossa del Valdarno superiore. Il crinale appenninico raggiunge una posizione molto vicina a quella attuale.

Le ingressioni marine avvengono solo nelle aree costiere.

A grandi linee, in questo periodo, si possono distinguere due tipi di bacini: uno marino, comprendente la parte più bassa della valle dell'Arno fino all'allineamento Pontedera-Bagni di Casciana; e uno continentale-lacustre/palustre, più interno, caratterizzato essenzialmente da pianure alluvionali con locali e frequenti ristagni d'acqua (Ghelardoni et al.; 1968). Alla fine del Pleistocene inf. il regime di subsidenza subì una forte diminuzione, molto probabilmente, a causa di movimenti positivi responsabili del brusco sollevamento dei M.te Pisano, M. Albano ecc.

Nel pleistocene inf. gran parte della zona delle Cerbaie era occupata da un grandissimo lago denominato "*Lago delle Pianore*", questo spiegherebbe come mai in quella zona non si ritrova la formazione delle Sabbie e argille ad Artica Islanda, tipica delle colline livornesi, pisane e di M.te Castello, nell'area che fu occupata dal grande golfo marino denominato "*Sinus Pisanus*", che rappresenta in questa zona la fase trasgressiva del ciclo sedimentario del Pleistocene inf. (Federici e Mazzanti, 1988<sup>5</sup>).

**Pleistocene medio** - la fase di sollevamento si estende a tutta la Toscana. Le fosse tettoniche, apertesi nel Pleistocene inf. si colmano di sedimenti o si svuotano delle acque lacustri. La rete idrografica assume l'assetto attuale, almeno per le linee generali. La sedimentazione in questo periodo è scarsa: i sedimenti erosi, dall'arco interno della catena appenninica e dai rilievi isolati tra questa e il mare, sono trasportati e scaricati in mare dalla rete fluviale. Nelle fosse tettoniche generate nel Pleistocene inferiore, la sedimentazione è limitata a poco spessi depositi fluviali, magari grossolani ma ridotti a terrazzi per l'erosione dovuta al sollevamento tettonico o all'abbassamento del livello di base fluviale, conseguente alle grandi oscillazioni climatiche del Pleistocene medio e superiore.

I movimenti tettonici verticali sono ormai abbastanza limitati, mentre divengono importanti le variazioni del livello marino e del clima causate dalle glaciazioni.

I movimenti tettonici che portano al sollevamento del Pianalto delle Cerbaie sono fatti risalire (Federici e Mazzanti, 1988) all'interglaciale Riss-Würm. Nell'interglaciale Riss-Würm avviene una fase di sovralluvionamento della pianura pisana, nell'area depressa e precedentemente incisa durante la fase glaciale Rissiana, per risalita del livello di base del fiume Arno, contemporaneamente il fiume Serchio sovralluviona la pianura di Lucca e superando la soglia di Montecarlo si dirige a sud, dove diventa tributario dell'Arno, scorrendo nell'area depressa tra il fianco orientale del M.te Pisano e le Cerbaie.

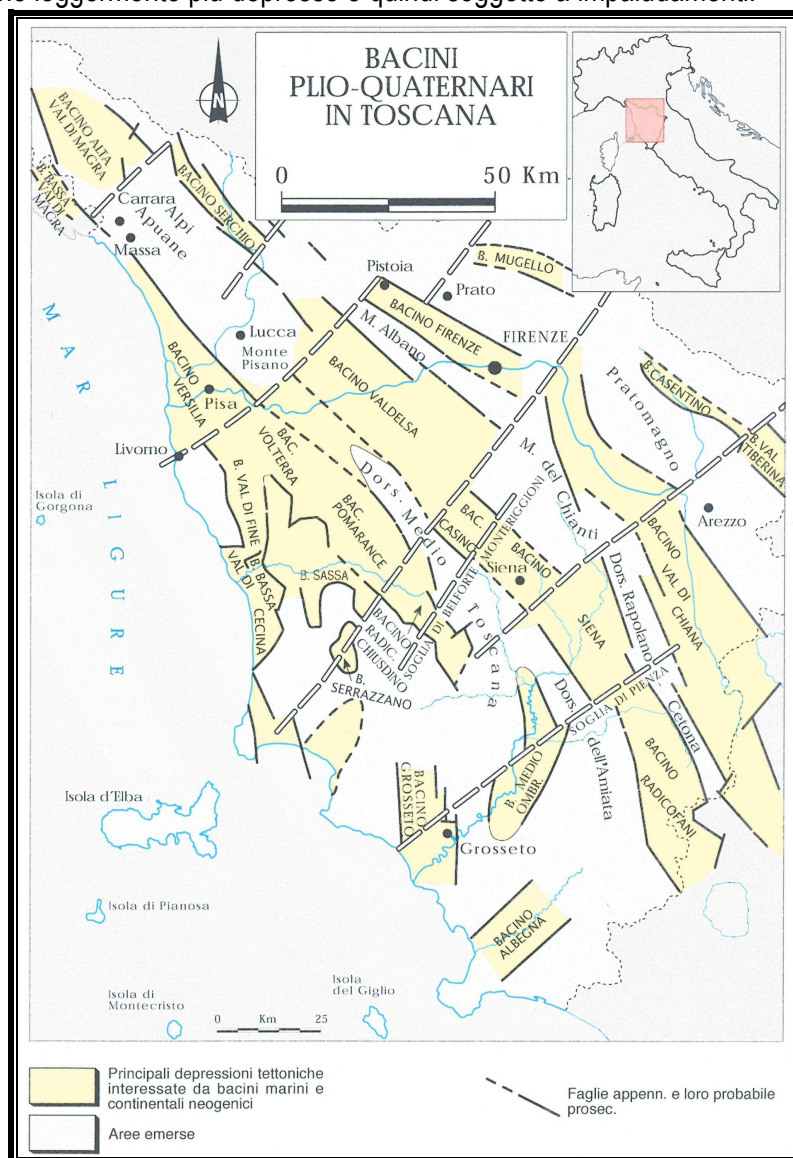
**Pleistocene superiore** – probabilmente (non si hanno documentazioni esaustive e sicure) la fase di sollevamento dell'intera Toscana continua. Ciò che caratterizza questo periodo sono le oscillazioni climatiche, con variazioni fino a 130 m del livello del mare e quindi del livello di base dei fiumi.

**Olocene** – il livello del mare risale di 110 m; il clima esce nettamente dalla fase dell'ultima glaciazione. L'attività antropica diventa sempre più invadente su tutti gli aspetti del paesaggio.

Nella zona di pianura e al limite dell'area delle zone collinari (delle Cerbaie, Livornesi e Pisane), in

<sup>5</sup> Federici P.R., Mazzanti R. 1988 – *l'evoluzione della Paleogeografia e della rete idrografica del Valdarno inf.* Boll. Soc. Geogr. Ital., vol. 5 ser XI.

conseguenza del sovralluvionamento causato dalla risalita del livello marino, durante la deglaciazione postwürmiana, e dal contemporaneo aumento dello sbarramento a mare ad opera del sistema dei lidi del delta dell'Arno, si sono depositate delle alluvioni fluviali costituite in prevalenza da sabbie e limi. In alcuni pozzi scavati, in questi depositi alluvionali, si rinvennero, in profondità, varie lenti di ghiaia, fatte risalire a fasi würmiane di maggior trasporto fluviale, conseguenza di un clima maggiormente umido, che incide in profondità le valli, modellate su livelli di base anche di 110 m più bassi di quello attuale (R. Mazzanti, 1994<sup>6</sup>). In affioramento questi depositi fluviali sono essenzialmente sabbiosi e limosi (prevalentemente nelle valli che confluiscono nella pianura di Pisa) o argillosi e limosi nella pianura di Pisa, inoltre, le sabbie prevalgono nelle zone più prossime ai corsi (anche quelli antichi) dei fiumi dell'Arno, Serchio e dell'Era-Cascina, mentre nelle zone più distanti sono più diffuse le argille e le torbe nelle zone leggermente più depresse e quindi soggette a impaludamenti.



**fig. 10 – Distribuzione dei principali bacini Plio-Quaternari in Toscana (estratta dall'Atlante dei dati Biostratigrafici della Toscana, riportata non in scala.)**

<sup>6</sup> Mazzanti R., 1994 – *la pianura di Pisa e i rilievi contermini- la natura e la storia* - edizioni del Cerro pag. 15



### Assetto idrogeologico e idraulico

Lo smaltimento delle acque meteoriche avviene essenzialmente, in parte per deflusso superficiale, in parte, per infiltrazione naturale nel sottosuolo; quest'ultima funzione delle caratteristiche granulometriche e di permeabilità della porzione più superficiale del terreno.

Durante la campagna geognostica eseguita, dal Geol. S. Gagliardi (1999), per l'ampliamento del cimitero Lotto B e C sono state rilevate delle misure piezometriche nei fori di sondaggio S1 (circa 16,00 dal pc.) e S2 (circa 17,00 dal p.c.).

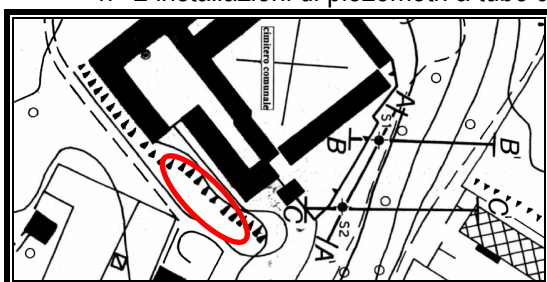
Le indagini geognostiche eseguite nel 2012, per l'ultimo ampliamento cimiteriale, pur includendo l'installazione di un piezometro, in pvc, non hanno rilevato una falda acquifera negli orizzonti investigati. Particolare importanza dovrà avere la regimazione delle acque meteoriche che dovranno essere raccolte e convogliate nell'attuale sistema di smaltimento, previa verifica di adeguatezza della stessa ai nuovi apporti. Si dovrà, inoltre, evitare il dilavamento del versante e il verificarsi d'infiltrazioni a tergo degli edifici cimiteriali. A tale scopo, prima di eseguire il rinterro con il terreno di scavo, dovranno essere realizzate le opere d'impermeabilizzazione delle pareti esterne, le opere di drenaggio delle eventuali acque d'infiltrazione, quelle per la raccolta dei pluviali degli edifici e quelle per la raccolta delle acque di scorrimento superficiale. Attualmente, le acque meteoriche, raccolte dai pluviali, e quelle di scarico, del fabbricato cimiteriale, sono convogliate verso la fognatura comunale, analogamente, le acque che provengono dalla nuova struttura in progetto e dal residuo versante dovranno essere ricondotte a questa rete di smaltimento, previa verifica di adeguatezza della stessa ai nuovi apporti. A causa della posizione orografica del sito l'aspetto idrico più importante nella zona è rappresentato dal *Rio Trebbio* che scorre, a circa un 500 m a nord-ovest, nella valle della Fonte, e raccoglie le acque meteoriche, di ruscellamento e gli scarichi di acque utilizzati per usi antropici.

L'area d'intervento non rientra negli ambiti previsti dalla L.R. 21/12 e ss.mm.ii. e in nessuna classe di pericolosità individuata dai Piani di Bacino Rischio Idraulico e PGRA. Lo studio geologico di supporto al Piano Strutturale non individua per l'area in studio nessuna pericolosità idraulica ai sensi del DPGR 53/R.

### 6 – INDAGINI GEOGNOSTICHE

Durante la campagna geognostica eseguita, dal Geol. S. Gagliardi (1999), sono state eseguite nel versante nord est:

- n° 2 sondaggi a carotaggio continuo, prelievo e analisi di n° 4 campioni indisturbati.
- n° 2 installazioni di piezometri a tubo aperto con monitoraggio.



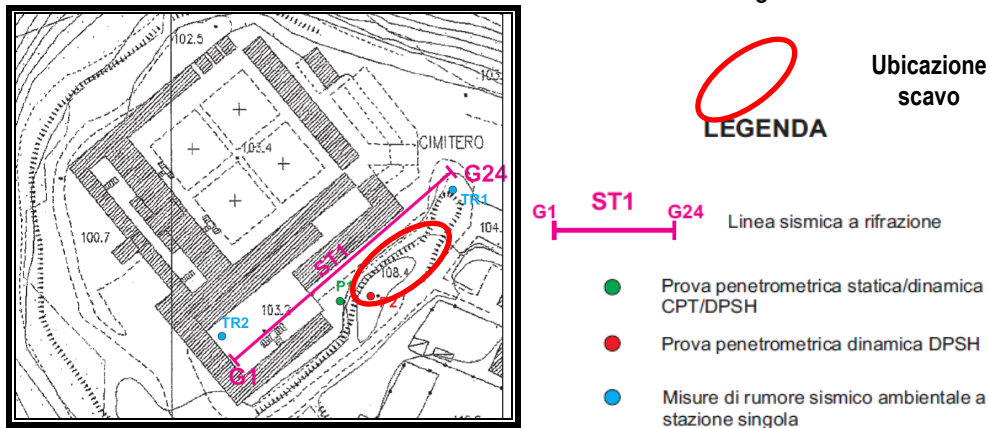
Ubicazione  
scavo

#### LEGENDA

- S1 sondaggio a carotaggio continuo
- S2 sondaggio a carotaggio continuo

L'amministrazione comunale, in ragione dell'intervento da realizzare nel 2014/2015 ha commissionato alla ditta Geoprove sas di Lucca, a luglio 2012, ulteriori indagini:

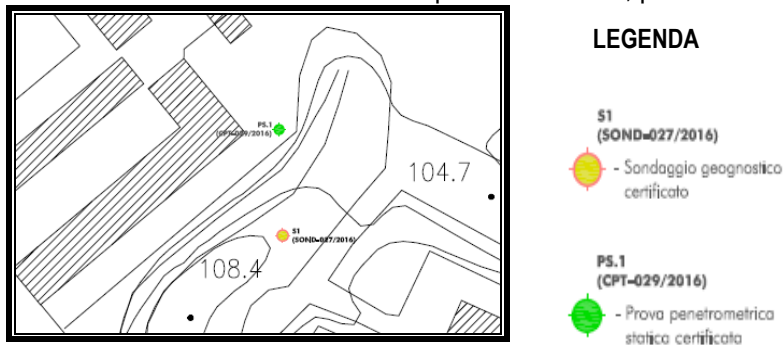
- una prova penetrometrica statica (CPT) fino alla profondità di 15 m dal p.c., con installazione di un piezometro in pvc;
- una prova penetrometrica dinamica pesante (DPSH) fino alla profondità di circa 6 m dal p.c.;
- una prospezione sismica a rifrazione con onde P e SH;
- n° 2 misure di rumore sismico ambientale a stazione singola.



**fig. 11 – Ubicazione indagini geognostiche 2014**

Per la progettazione del prossimo ampliamento cimiteriale, sono state eseguite ulteriori indagini consistenti:

- un carotaggio continuo fino alla profondità di 24 m, con prelievo di due campioni indisturbati e l'esecuzione di una prova SPT;
- una penetrometria statica (CPT), spinta alla profondità di 16.60 m dal piano campagna;
- analisi di laboratorio dei campioni indisturbati, prelevati con fustella Shelby.



**fig. 12 – Ubicazione indagini geognostiche 2016**

Le indagini effettuate, unitamente al rilievo geo-morfologico dell'area in studio hanno permesso l'attribuzione delle principali caratteristiche fisico-meccaniche, una ricostruzione più dettagliata della stratigrafia degli orizzonti investigati e infine la determinazione del modello geotecnico di riferimento.

Le indagini eseguite nell'agosto del 2016 sono state effettuate da una ditta certificata (n° 7464 autorizzazione della Presidenza del Consiglio Superiore dei LL.PP.) ai sensi dell'art.59 del DPR 6/6/2001 n° 380.

Le indagini geognostiche sono state definite, congiuntamente all'ing. M. Iannotta, in funzione delle opere da realizzare (DPGR 36/R del 2009 e ss.mm.ii), dell'assetto geomorfologico, delle classi di pericolosità dell'area (sotto gli aspetti geomorfologici, idraulici e sismici) e delle classi di fattibilità per l'intervento da eseguire.

## 7 – MODELLAZIONE FISICO-MECCANICA DEI TERRENI

L'elaborazione dei dati acquisiti nelle varie campagne geognostiche, ha permesso l'attribuzione delle principali caratteristiche fisico-meccaniche e la ricostruzione della stratigrafia degli orizzonti investigati per l'area in studio, riportata nella **Tavola n° 16\_04\_DE\_G01**.

Dalla ricostruzione stratigrafica è stato identificato il modello geotecnico, considerando adeguate e cautelative semplificazioni, nella tabella che segue, sono riportate le unità litologiche riconosciute con i rispettivi parametri geotecnici caratteristici attribuiti:

	MODELLO						
	Profondità <sup>7</sup> (m)	$\gamma_k$ (KN/m <sup>3</sup> )	$\Phi_k$ (°)	$C_{uk}$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\Phi_k'$ (°)	$C'_k$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	$Mok$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
<b>Unità litologica A</b> (sabbie con matrice limo argillosa rossastra caratterizzate dalla presenza di ghiaie e ciottoli arrotondati)	0.0 ÷ 8.0/8.50	19.50	31.00	0.00	-	-	38.30
<b>Unità litologica B</b> (limi argillosi e/o argille limose debolmente sabbiose)	8.00/8.50 ÷ 18.00	19.20	0.00	0.62	28.7	0.15	45.50 <sup>8</sup>
<b>Unità litologica C</b> (limi sabbiosi)	18.00 ÷ 22.00	19.20	28.00	0.00	-	-	70.78

Sulla base delle indagini effettuate i valori caratteristici, in condizioni non drenate (stato a breve termine), sono stati attribuiti attraverso un approccio statistico e probabilistico<sup>9</sup>, applicando le seguenti relazioni:

$$C_{uk} = C_{um} * (1 + X * V_{Cu})$$

$$\Phi_k = \Phi_m * (1 + X * V_{\Phi})$$

Dove:

$C_{uk}$  = valore caratteristico della coesione;

<sup>7</sup> Con riferimento alla quota di 108.0 m s.m.l.

<sup>8</sup>  $M_o$  a 1 Kg, mentre  $M_o$  a 2 Kg è pari a 64.34 kg/cm<sup>2</sup> valori ottenuti da elaborazioni di prove di consolidazione edometrica di laboratorio

<sup>9</sup> Previa eliminazione dei valori estremi (outlier) molto bassi o molto alti che potrebbero alterare notevolmente la determinazione dei parametri caratteristici

$Cu_m$  = valore medio della coesione;

$X$  = parametro dipendente dalla legge di distribuzione della probabilità e dalla probabilità di non superamento adottata;

$VCu$  = coefficiente di variazione (COV) di  $Cu$ , definito come rapporto fra lo scarto quadratico medio e la media dei valori di  $cu$ ;

$\Phi_k$  = valore caratteristico dell'angolo d'attrito;

$\Phi_m$  = valore medio dell'angolo d'attrito

$V\Phi$  = coefficiente di variazione (COV) di  $\Phi$ , definito come rapporto fra lo scarto quadratico medio e la media dei valori di  $\Phi$ .

Adottando per  $X$  un valore pari a  $-1.645$  (Euro codice 7), che corrisponde al Frattile 5%, cioè che ci sia una probabilità del 5% che il valore del parametro calcolato possa essere inferiore (quindi più sfavorevole), le formule diventano:

$$C_{uk} = C_{u_m} * (1 - 1.645 * VCu)$$

$$\Phi_k = \Phi_m * (1 - 1.645 * V\Phi)$$

Per l'unità litologica B, per ricavare i valori dei parametri geotecnici nelle condizioni drenate (a lungo termine) sono stati usati i valori delle analisi di laboratorio dei campioni indisturbati.

I parametri sopra indicati, sono assimilabili ai valori caratteristici richiesti dalle NTC del 2008, ai sensi della Circolare M.I.T. n°617 del 2/2/2009. Da questi ultimi si otterranno, applicando opportuni coefficienti di sicurezza parziali, i valori di progetto. Detto questo, per avere un completo ed esaustivo quadro della parametrizzazione geotecnica dei terreni investigati, è utile far riferimento alle certificazioni delle prove penetrometriche e delle analisi di laboratorio allegate in appendice.

La determinazione dei parametri di progetto dipenderà dal tipo di verifica nei confronti degli Stati Limite Ultimi ove si possono adottare, in alternativa, due diversi approcci progettuali:

a) APPROCCIO 1 COMBINAZIONE 1 (A1 + M1 + R1)

b) APPROCCIO 1 COMBINAZIONE 2 (A2 + M2 + R2)

c) APPROCCIO 2 UNICA COMBINAZIONE (A1 + M1 + R3)

Nel caso a) e c) i valori di progetto si ottengono dividendo i valori caratteristici per i coefficienti M1 della Tabella 6.2.II delle NTC; mentre nel caso b) i valori di progetto si ottengono dividendo i valori caratteristici per i coefficienti M2 della Tabella 6.2.II delle NTC.

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFF. PARZIALE	COEFF. PARZIALE $\gamma_M$	(M1)	(M2)
<i>Tg dell'angolo di resistenza al taglio</i>	$Tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'_k}$	1,0	1,25
<i>Coesione efficace</i>	$C'_k$	$\gamma_{C'}$	1,0	1,25
<i>Resistenza non drenata</i>	$Cu_k$	$\gamma_{Cu}$	1,0	1,4
<i>Peso dell'unità di volume</i>	$\gamma$	$\gamma_\gamma$	1,0	1,0

**Tabella 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno.**



COEFFICIENTE.	R2
$\gamma_R$	1.1

**Tabella 6.8.I – Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche di sicurezza di materiali sciolti e di fronti di scavo.**

## 8 – TERRE DI SCAVO

Per il sito in esame non sono note attività di potenziale contaminazione come:

- Abbandoni di rifiuti ai sensi del D.lgs 152/06 e ss.mm.ii.;
- Presenza di serbatoi e/o cisterne interrato, contenenti idrocarburi o altre sostanze pericolose, sia in uso e/o dismesse sia rimosse;
- Scarichi di acque reflue industriali e/o civili;
- Impianti ricadenti nella disciplina del DM 16/05/1989; nel DL 334/99 (aziende a rischio incidente rilevante);
- Impianti soggetti al procedimento di VIA del D.lgs 152/06 o impianti di gestione dei rifiuti;
- Vicinanza a strade di grande comunicazione e/o altri fenomeni d'inquinamento diffuso.

Il sito in esame non è tra quelli censiti dal Sistema Informativo dei Siti Interessati da procedimento di Bonifica (SISBON), messo a punto dalla Regione Toscana e dall'ARPAT.

Dalla consultazione delle foto aeree, disponibili presso la banca dati regionale denominata Geoscopio, risalenti fino all'anno 1954 (volo GAI), è stato possibile appurare che l'area in studio è sempre stata utilizzata come cimitero comunale. L'area in esame, inoltre, ha una destinazione urbanistica a verde di connessione ecologica e funzionale.

L'amministrazione comunale con DT 83/2017 ha proceduto ad approvare il progetto dei "Lavori propedeutici all'inizio dei lavori di ampliamento del cimitero Capoluogo".

I lavori consistano principalmente nello scavo di circa 2.070 mc (*Vedi Fig. 13 - estratto progetto di cui alla DT 83/2017 e documentazione fotografica*) di cui:

- 170 mc circa, da utilizzare per il rinterro del recente ampliamento cimiteriale, previa impermeabilizzazione delle strutture da interrare e regimazione delle acque di drenaggio e superficiali;
- 460 mc circa, da accatastare in ambito del cantiere (retro del cimitero), al fine di utilizzarli per il successivo rinterro del nuovo ampliamento cimiteriale. Dovranno essere temporaneamente (massimo un anno) collocati sul retro della struttura cimiteriale, su un'area pianeggiante e lontana dal fronte del pendio nord occidentale;
- 1.440 mc circa, da poter utilizzare in altri processi es. reinterri, riempimenti, rimodellazioni, ripascimenti, ecc..



Foto – retro del cimitero

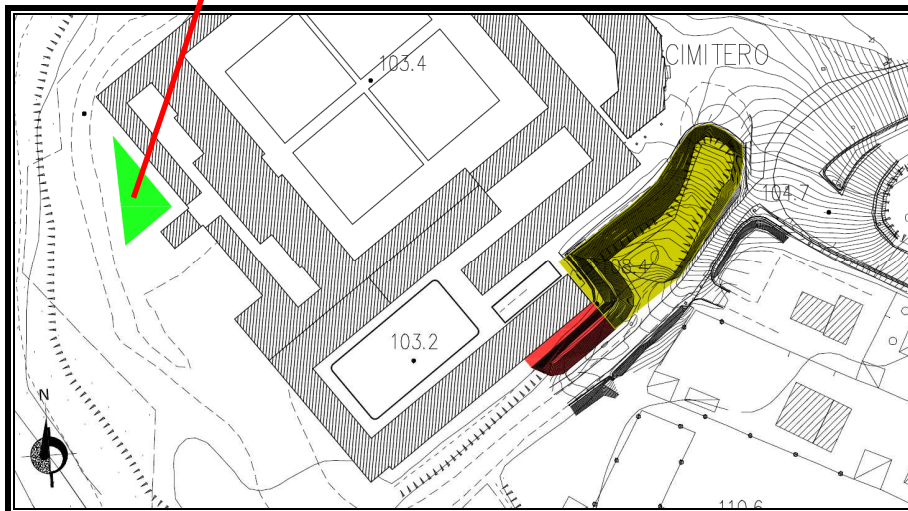





fig. 13 – estratto progetto di cui all DT 83/2017

-  Volume di scavo: 2070 mc di terreno
-  Volume di rinterro: 170 mc di terreno
-  Volume accatastato: 460 mc di terreno

Al fine di poter utilizzare il materiale da scavo occorre dimostrare che questo verifichi le condizioni di cui:

- all'art. 184-bis comma 1 del D.Lgs 152/2006 e ss.mm.ii. e possa essere così considerato un sottoprodotto e non un rifiuto;

- all'art. 41 bis del DL 69/13, convertito con modifiche nella L. 98/13.

Il DM 264/2016 definisce le modalità con le quali si possa dimostrare le condizioni e i requisiti per escludere un residuo di produzione dal campo di applicazione della normativa sui rifiuti.

Ai sensi dell'art. 4 del DM 264/2016 i residui di produzione<sup>10</sup> sono sottoprodotti quando in ogni fase della gestione del residuo siano soddisfatte tutte le seguenti condizioni:

- *La sostanza o l'oggetto è originato da un processo di produzione, di cui costituisce parte integrante e il cui scopo primario non è la produzione di tale sostanza o oggetto;*
- *E' certo l'utilizzo della sostanza o dell'oggetto nel corso dello stesso o di un successivo processo di produzione o di utilizzazione da parte del produttore o di terzi;*
- *La sostanza o l'oggetto può essere utilizzato direttamente senza alcun ulteriore trattamento diverso dalla normale pratica industriale;*
- *L'ulteriore utilizzo è legale, ossia la sostanza o l'oggetto soddisfa, per l'utilizzo specifico, tutti i requisiti pertinenti riguardanti i prodotti e la protezione della salute e dell'ambiente e non porterà a impatti complessivi negativi sull'ambiente o la salute umana.*

L'appaltatore dei Lavori di cui alla DT 83/2017, ha comunicato<sup>11</sup> all'amministrazione comunale l'individuazione di un sito, identificato catastalmente al Fog. 6 particella n° 109 del Comune di S. Maria a Monte, in cui riutilizzare parte del materiale scavato e fornito l'analisi chimiche delle terre del sito di produzione e di quello di riutilizzo.

E' stata inoltre presentata, dal proprietario del sito di riutilizzo, una pratica edilizia Scia, agli atti Prot. 7006/2017.

Il materiale scavato sarà utilizzato per un ripascimento di un terreno su un'area di circa 5420 mq per un'altezza massima di circa 30 cm. Particolare attenzione dovrà essere posta nella regimazione delle acque, sia durante i lavori sia a lavori conclusi, in maniera tale da non alterare l'esistente reticolo minore, né le modalità di scorrimento e/o infiltrazione delle acque.

Sui campioni prelevati sono stati analizzati i seguenti analiti:

PARAMETRO
Scheletro
Residuo a 105° C
Amianto
Antimonio

<sup>10</sup> ogni materiale o sostanza che non è deliberatamente prodotto in un processo di produzione (art. 2 DM 264/2016)

<sup>11</sup> E-mail del 15 e 18/05/2017

Arsenico
Cadmio
Cobalto
Cromo totale
Cromo VI
Mercurio
Nichel
Piombo
Rame
Zinco
Idrocarburi C < 12
Idrocarburi C > 12

E' stato eseguito, inoltre, il Test di cessione per valutare l'idoneità al recupero (DM 186/2006 e ss.mm.ii.).

I risultati dei test di laboratorio, riportati in allegato, evidenziano che gli elementi/composti analizzati rispettano le CSC (Concentrazione Soglia di Contaminazione) per i suoli ad uso verde e residenziale (**Tab .1 colonna A della parte IV del D.lgs 152/2006** e ss.mm.ii.). I risultati del test di cessione mostrano per tutti i parametri il rispetto dei limiti indicati nell'All. 3 al DM 186/2006, rendendo il materiale idoneo al recupero.

Il progetto di ampliamento del cimitero Capoluogo prevede uno scavo per lo splateamento e per l'esecuzione di tubazioni e pozzetti di circa 235.66 mc. Di questi circa 213.51 mc saranno accantonati in cantiere per il successivo riutilizzo nello stesso per rinterri e la restante parte, circa 22.15 mc, insieme al materiale derivante dalle eventuali operazioni di demolizione sarà smaltito in discariche e/o impianti autorizzati.

Il materiale prodotto ha quindi caratteristiche chimiche e chimico-fisiche tali che il suo impiego, eseguito nel rispetto delle norme di tutela delle acque superficiali e sotterranee, non determina rischio per la salute e per la qualità delle matrici ambientali interessate.

Le operazioni di scavo dovranno essere eseguite con escavatori meccanici, il materiale dovrà essere caricato, di volta in volta, su idoneo mezzo di trasporto e portato nel sito di destinazione individuato, dove andrà, via via, steso ed adeguatamente compattato, senza creare coacervi.

Si prevede dunque il ricorso ad una metodologia di scavo e di utilizzo, che rientra nelle normali pratiche industriali ed in grado di non determinare, usando le normali accortezze, un rischio di contaminazione o inquinamento dell'ambiente. L'utilizzo, dovrà avvenire senza che i materiali da scavo siano sottoposti a preventivi trattamenti, fatta eccezione per le normali pratiche industriali.

La ditta appaltatrice dell'opera in oggetto e quella di cui ai lavori propedeutici, produttrici dei materiali di scavo dovranno:

- 1) attestare le condizioni di cui al comma 1 dell'art. 41 bis del D.L. n° 69/2013 convertito, con modifiche, nella L. 98/2013, tramite una dichiarazione ai sensi del DPR 445/2000 resa all'ARPAT e al Comune di S. Maria a Monte;
- 2) Confermare, ai sensi del comma 3 dell'art. 41 bis, alle autorità di cui sopra, che i materiali da scavo sono stati completamente utilizzati secondo le previsioni comunicate.

Si ricorda che il trasporto di tali materiali come sottoprodotti dovrà avvenire nel regime proprio dei beni e dei prodotti.

Il deposito e l'utilizzo dei materiali di scavo, nell'area di cantiere del Cimitero Capoluogo, non potrà superare in ogni caso un anno di tempo dalla data di produzione.

## 9 – SISMICA

L'OPCM n. 3274 del 20/03/2003 "*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*" aveva inserito il Comune di S. Maria a Monte in zona 2 caratterizzata da:

- valori di accelerazione orizzontale ( $a_g/g$ ), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, compresi tra 0,15 e 0,25;
- accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) pari a 0,25g.

in base alla successiva OPCM n. 3519 del 28/4/2006 (con la quale sono stati emanati i "*criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone*"), la Regione Toscana con Delibera di Giunta Regionale n. 431 del 19 giugno 2006 approva la riclassificazione sismica del territorio regionale e inseriva il Comune di S. Maria a Monte nella zona 3S. La zona 3S è stata individuata appositamente dalla Regione per assicurare lo stesso livello di protezione dalle azioni sismiche della zona 2, per quei comuni come S. Maria a Monte che sono stati declassati dalla zona a media sismicità (2) alla zona a bassa sismicità (3).

Il 6 aprile del 2004 la Commissione Grandi rischi del dipartimento della Protezione Civile approva la Mappa di Pericolosità sismica del Territorio Nazionale che è divenuta la mappa di riferimento prevista dal DM 14/01/2008. In seguito, con l'entrata in vigore del DM del 14/01/2008 "*Norme tecniche per le costruzioni*" (entrato in vigore il 1 luglio del 2009), i criteri di stima dell'azione sismica di base, non sono più vincolati alla zona sismica di appartenenza del comune in cui è collocato il progetto (concetto "*zona dipendente*"), ma basati su un approccio definito "*sito dipendente*".

La Regione Toscana con Delibera di Giunta Regionale n. 878 dell'8 ottobre 2012 "*Aggiornamento della classificazione sismica regionale in attuazione dell'O.P.C.M. 3519/2006 e ai sensi del D.M. 14/01/2008 - Revoca della DGRT 431/2006*" conferma per il territorio di S. Maria a Monte la zona a bassa sismicità 3. Recentemente la Regione Toscana, con Deliberazione GRT n. 421 del 26/05/2014, in conseguenza della fusione di 14 comuni toscani, con conseguente istituzione dal 1 gennaio 2014 di 7 nuove amministrazioni comunali, ha ridefinito la classificazione sismica regionale. Con la DGRT



421/2014 è stato approvato l'aggiornamento dell'allegato 1 (elenco dei comuni) e dell'allegato 2 (mappa) della Deliberazione GRT n. 878 dell'8 ottobre 2012; per il territorio di S. Maria a Monte è stata riconfermata la zona a bassa sismicità 3.

Eseguendo una ricerca, nei cataloghi disponibili<sup>12</sup>, degli eventi storici con risentimento nel territorio comunale, si può ricostruire la storia sismica del comune di S. Maria a Monte, in particolare consultando il catalogo DBMI11<sup>13</sup> (Database macrosismico italiano, che contiene dati d'intensità relativi a 1681 terremoti che fanno parte del catalogo CPTI11 di Rovida et al., 2011), s'individuano per S. Maria a Monte, 10 eventi con risentimento nel territorio comunale.

Dai dati consultati si evince che le sorgenti epicentrali principali che hanno generato eventi con risentimenti apprezzabili nell'area di S. Maria a Monte sono individuabili principalmente nelle strutture sismo genetiche della Garfagnana-Luigiana, Bassa Padana-Parmense, Volterrano e Valle del Bisenzio. Gli epicentri dei sismi più forti catalogati sono principalmente collocati in area appenninica e in particolare in Garfagnana-Luigiana che è l'area sismo genetica più vicina e più attiva. Si segnalano i terremoti del 27 ottobre 1914 con intensità epicentrale del VII° MCS che ha provocato un risentimento del V° MCS e quello del 7 settembre 1920 con intensità epicentrale del X° MCS e risentimento del VI-VII° MCS.

Di seguito si riportano i maggiori eventi sismici accaduti o limitrofi in Toscana negli ultimi 30 anni, dal 1985 con magnitudo superiore a 4:

Data evento sismico	Area epicentrale	Magnitudo
23/01/1985	Garfagnana	MW = 4.7
10/10/1995	Lunigiana	MI = 4.9
23/09/1997	Umbria-Marche	MW = 5.8
01/04/2000	Amiata	MW = 4.5
26/11/2001	Valtiberina	MI = 4.4
14/09/2003	Appennino Bolognese	MI = 5.0
01/03/2008	Mugello	MI = 4.2
14/09/2009	Mugello	MI = 4.2
27/01/2013	Garfagnana	MI = 4.8
21/06/2013	Lunigiana	MI = 5.2
23/06/2013	Lunigiana	MW = 4.4
30/06/2013	Lunigiana	MW = 4.5
11/07/2013	Appennino Tosco-Emiliano	MW = 4.0
09/07/2014	Appennino Pistoiese	MW = 4.1
19/12/2014	Val di Pesa	MW = 4.0
24/04/2015	Appennino Pistoiese	MW = 4.3

### Legenda

MI = magnitudo locale

MW = magnitudo momento

**Tabella tratta dall'Allegato 1 della DGRT 1271 del 12/12/2016 "LR 58/2009 - Aggiornamento del Documento conoscitivo del rischio sismico 2016"**

La ditta Geoprove Sas, di Lucca, ha eseguito un'indagine mediante sismica a rifrazione con onde P e SH. Tale indagine ha consentito la caratterizzazione sismostratigrafica dei terreni e il calcolo del parametro Vs30, pari a circa 349 m/sec. Le indagini sismiche, allegate alla presente relazione, a

<sup>12</sup> Dati tratti dal sito dell'INGV

<sup>13</sup> Database macrosismico italiano, che contiene dati di intensità relativi a 1681 terremoti che fanno parte del catalogo CPTI11 (Rovida et al., 2011)

cui si rimanda per maggior dettagli, indicano una categoria di sottosuolo C ai sensi delle NTC 2008.

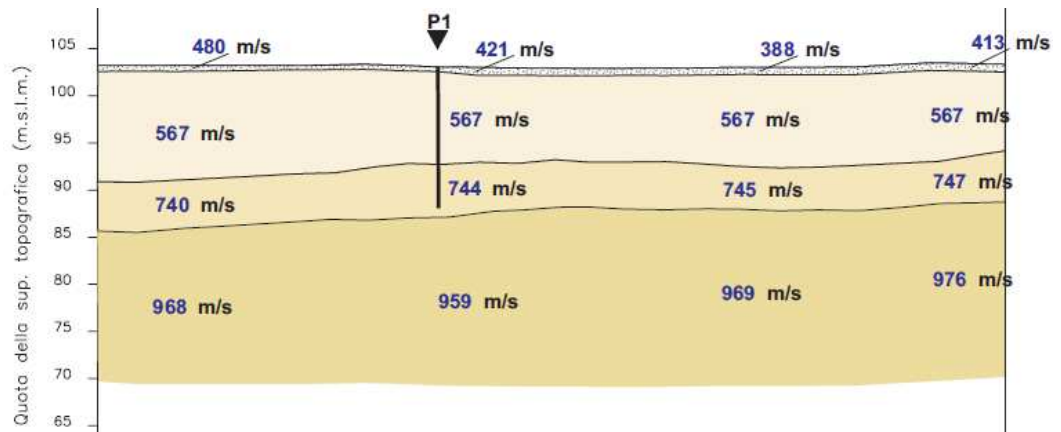


fig. 13 - Prospezione sismica a rifrazione onde P

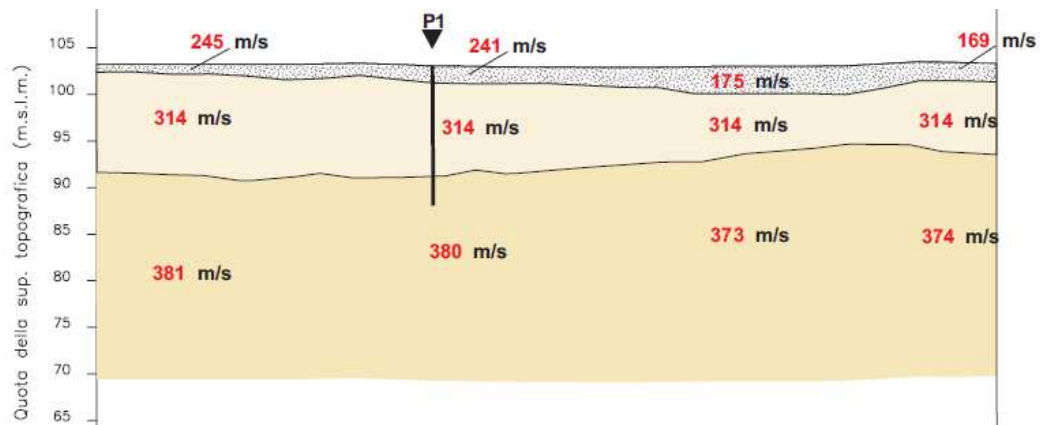


fig. 14 - Prospezione sismica a rifrazione onde SH

Per il calcolo dell'azione sismica occorre attribuire la categoria topografica del sito che nel caso di configurazioni topografiche non complesse è deducibile dalla tabella 3.2IV delle NTC.

Nel caso in esame, date le caratteristiche del sito descritte in precedenza, possiamo attribuire all'opera in progetto, la categoria topografica **T1**, con un coefficiente di amplificazione topografica  $S_T = 1.0$ .

I parametri adottati per l'opera, dal progettista strutturale, per la vita nominale ( $V_n$ ) e la Classe d'uso sono i seguenti:

**$V_n = 50$  anni (tab. 2.4.I NTC)**

**Classe d'uso = II  $\rightarrow$   $C_u$  (coefficiente d'uso) = 1 (tab. 2.4.II NTC)**

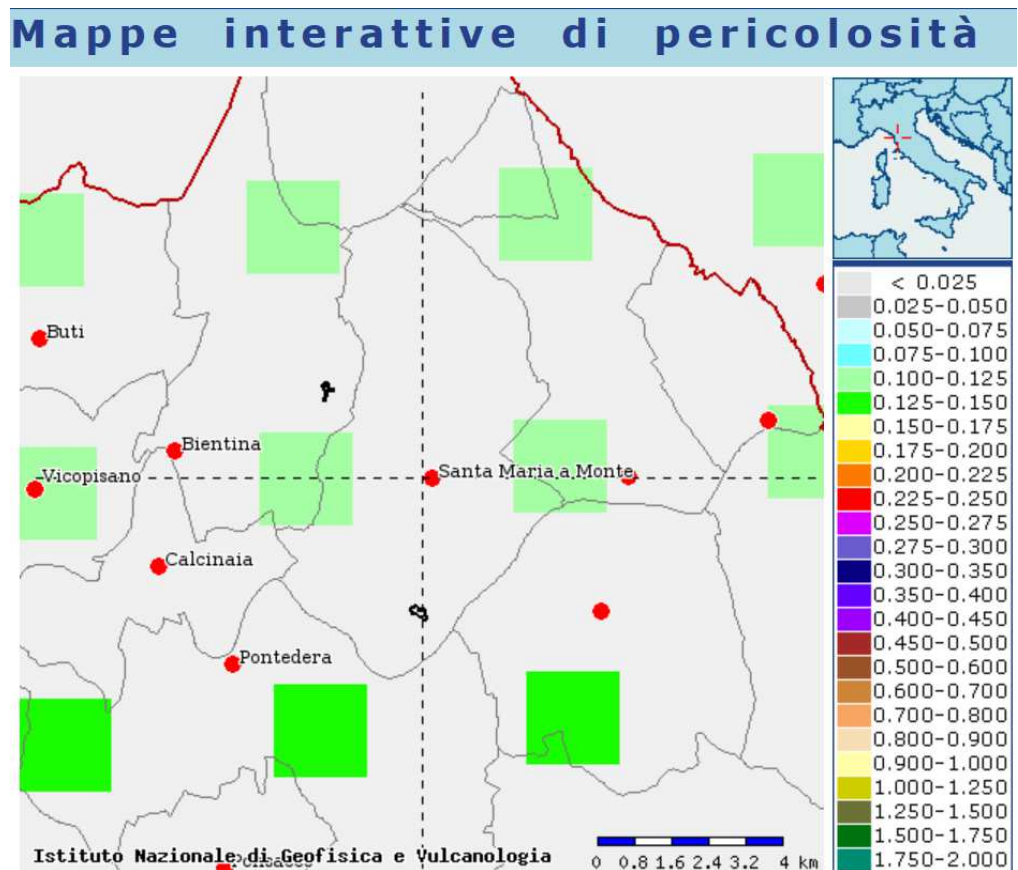
da cui se ne deduce che la vita di riferimento  **$V_r = V_n \times C_u$  (2.4.1. NTC) è pari a 50.**

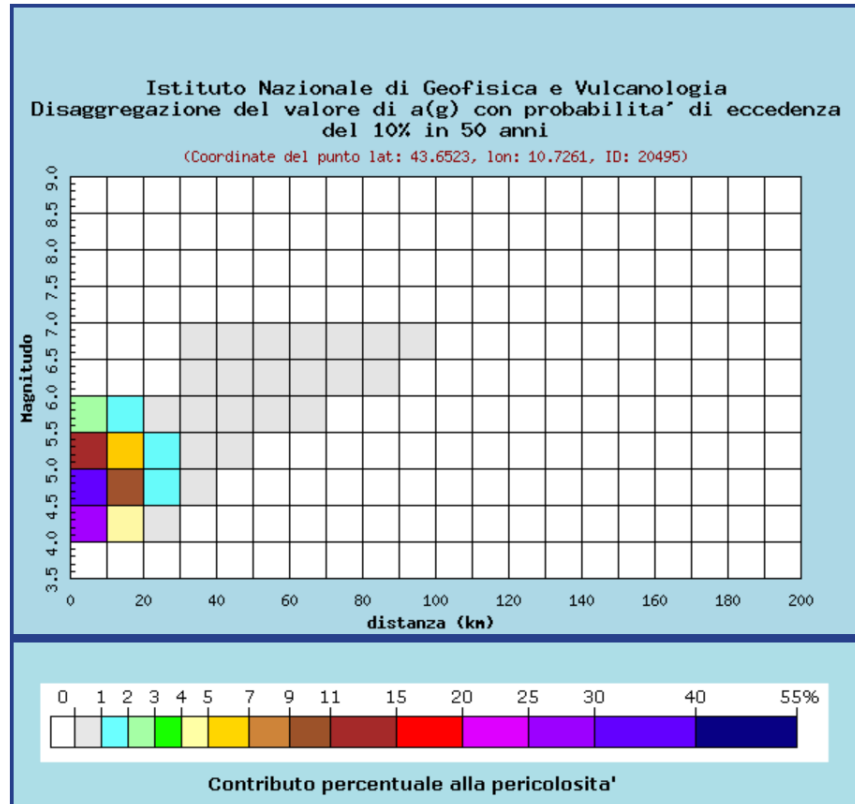
L'accelerazione sismica di base del sito (coordinate ED 50 latitudine 43,700222 e longitudine 10,686888) è definita tramite l'utilizzo del software **Spettri-NTC ver 1.03** messo a disposizione dal Consiglio superiore dei LL.PP. (<http://www.cslp.it/cslp/index.php>) e risulta pari a 0.116 g per  $T_r = 475$  (per gli SLV)

### Valori dei parametri $a_g$ , $F_o$ , $T_C^*$ per i periodi di ritorno $T_R$ associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_C^*$ [s]
SLO	30	0,042	2,558	0,239
SLD	50	0,052	2,563	0,252
SLV	475	0,116	2,562	0,285
SLC	975	0,156	2,427	0,289

Consultando le mappe di disagregazione sismica del sito dell'INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia <http://esse1-gis.mi.ingv.it>), per il territorio di S. Maria a Monte, con riferimento al sito d'interesse, sono stati determinati i contributi percentuali alla pericolosità sismica forniti dalle coppie magnitudo-distanza dei terremoti che possono essere risentiti nell'area.





Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 43.6523, lon: 10.7261, ID: 20495)										
	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	26.000	34.000	11.300	2.280	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	4.800	9.770	5.690	1.650	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.115	1.070	1.380	0.560	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.012	0.254	0.234	0.079	0.015	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.017	0.168	0.236	0.050	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.038	0.146	0.036	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.054	0.017	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.002	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
4.770	7.950	0.836

**Grafici della disaggregazione della pericolosità sismica (per probabilità di superamento del 10% in 50 anni, corrispondente a un tempo di ritorno di 475 anni)**

I dati estrapolati forniscono le seguenti informazioni:

- La pericolosità sismica dell'area in esame indica in  $0,100 \div 0,150 g$  ( $g$  = accelerazione di gravità) la massima accelerazione su suolo rigido con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, corrispondente a un tempo di ritorno di 475 anni;
- Il massimo contributo (34,0%) alla pericolosità sismica dell'area in esame è dato dalla coppia magnitudo  $M = 4.5 - 5.0$  e distanza epicentrale  $R = 0 - 10$  km;
- I valori medi di magnitudo e distanza sono rispettivamente 4.77 e 7.950 km.
- I dati di variabilità in termini di magnitudo e distanza sono rispettivamente  $M =$  da 4 a 6 e  $R =$  da 0 a 30 (per SVL).

## 10 – VERIFICHE DI STABILITÀ DEL FRONTE DI SCAVO E ULTERIORI PRESCRIZIONI

Le verifiche di stabilità del versante, sono state eseguite, nella situazione di progetto, tramite il software SSAP 2010 (SLOPE STABILITY ANALYSIS PROGRAM) nella versione 4.7.2 (2016), con l'utilizzo del metodo di Morgenstern-Price (1965).

Il grado di stabilità del pendio, in condizioni statiche o dinamiche (per azioni sismiche), nei confronti di movimenti gravitativi, è valutato attraverso la determinazione del cosiddetto "FATTORE O COEFFICIENTE DI SICUREZZA" indicato con il simbolo  $F_s$ .

Il metodo di calcolo di  $F_s$  impiegato si basa sulle tecniche di verifica dette LIMIT EQUILIBRIUM METHOD (metodo dell'equilibrio limite) che individuano  $F_s$  come il rapporto tra lo sforzo di taglio disponibile  $T_f$  (capacità) e lo sforzo di taglio totale mobilitato  $T_m$  (domanda). Ne deriva che se  $F_s (=T_f/T_m)$  è  $>1.0$  siamo in condizioni di stabilità, mentre per  $F_s <1.0$  siamo in condizioni instabili dovuti a un generalizzato deficit di resistenza.

La superficie dell'attuale scarpata del pendio è stata definita attraverso un rilievo piano altimetrico esteso ad una zona sufficientemente ampia a monte e a valle del pendio stesso. Dal rilievo è stato possibile ricavare varie sezioni topografiche del versante e nelle verifiche di stabilità è stata considerata la sezione n° 4, ritenuta la più gravosa.

Per i fronti di scavo, le NTC del 2008 prescrivono al Cap. 6.8.2. che le verifiche di sicurezza devono essere effettuate secondo l'approccio 1 ( $A2 + M2 + R2$ ), tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.8.I.

Con riferimento alla normativa suddetta, al fine di valutare, le condizioni di sicurezza del fronte di scavo è stata eseguita una verifica globale del pendio, il programma di calcolo determina la superficie critica, (individuata tra 2500 superfici possibili come quella che corrisponde al grado di sicurezza più basso), fornendo i coefficienti  $F_s$ , riportati in allegato.

Il coefficiente di sicurezza minimo del fronte di scavo è pari a 1.1, ciò indica una situazione stabile ma vicina al limite dell'equilibrio, di conseguenza si raccomanda, in tutte le fasi dei lavori e successivamente:

- Di eseguire una corretta regimazione delle acque meteoriche e/o superficiali, onde evitare fenomeni, di ristagno, di erosione o d'infiltrazione, dannosi per l'area oggetto d'intervento e per i terreni limitrofi;
- Che lo scarico a valle delle acque avvenga in modo da evitare danni ai terreni sottostanti e del pendio;



- Che tutte le tubature idrauliche sotterranee siano progettate e realizzate in modo da evitare perdite o rotture, assicurando in particolare che, nei terreni di riporto, suscettibili d'assestamento, le opere siano in grado di mantenere la loro efficienza;
- Che per gli scavi e i riporti di terreno non siano create condizioni di rischio per il verificarsi di smottamenti, franamenti o altri movimenti gravitativi;
- Che Gli scavi e i riporti siano eseguiti in stagioni a minimo rischio di piogge, procedendo per stadi di avanzamento tali da consentire il consolidamento dei fronti, eventualmente, secondo le indicazioni della DL anche con opere provvisorie o definitive;
- Che in fase di esecuzioni dei lavori siano messi in atto tutti gli accorgimenti tecnici ritenuti necessari dalla DL a evitare il verificarsi di danni di natura idrogeologica;
- Che durante l'esecuzione dei lavori sia posta particolare attenzione alla regimazione delle acque e alla stabilità dei fronti di scavo e del pendio, nel caso in cui non si proceda in tempi brevi all'ampliamento del cimitero, i fronti di scavo e/o il pendio, devono essere protetti, ad esempio tramite teli impermeabili;
- Che i materiali inerti ed il terreno di risulta dei lavori non siano abbandonati ma smaltiti secondo quanto previsto dal D.Lgs N° 152/2006 e ss.mm.ii. e dalla normativa vigente in materia;
- Eseguire una sagomatura del versante secondo un angolo di pendio  $\leq$  a  $38^\circ$  (valore di progetto per le verifiche di stabilità condotte);
- Eseguire il rinverdimento del residuo versante.
- Porre il piano di posa delle fondazioni ad una profondità, dal piano di campagna attuale, di circa 80 cm, o oltre se necessario, in maniera da oltrepassare il terreno vegetale e/o d'alterazione.

## 11 – LIQUEFAZIONE

Il fenomeno della liquefazione si ha in quei terreni che non sono dotati di coesione e abbiano un comportamento esclusivamente granulare. In tali terreni si può ipotizzare un drenaggio talmente rapido che possa avvenire istantaneamente, ciò provoca un aumento istantaneo delle pressioni neutre tale da comportare un annullamento delle pressioni effettive intergranulari. L'area in esame non ricade nelle zone suscettibili d'instabilità per liquefazione, nella cartografia delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) del RU comunale.

Detto questo l'assenza di falda freatica, le caratteristiche sismiche dell'area e la presenza di terreni con una buona percentuale di limo/argilla ci fanno ragionevolmente supporre che l'area in studio non presenta potenzialità di liquefazione.

*Santa Maria a Monte, maggio 2017*

Dott. Giannetti geol. Alessandra