



Comune di S. Maria a Monte

Relazione geologica a supporto del Recupero e rifunzionalizzazione di edificio storico da destinarsi a museo e collegamento con percorso accessibile all'area archeologica della "rocca"

Ai sensi del § 6.2.1 delle NTC 2018



Geol. Alessandra Giannetti
(Iscritta all'albo dell' OGT al n. 1363)

Servizio LL.PP.
Settore 6
Comune di Santa Maria a Monte

marzo 2022

INDICE ANALITICO

1 – GENERALITÀ	2
2 - QUADRO NORMATIVO.....	3
3 - QUADRO CONOSCITIVO	3
4 – VINCOLI E PERICOLOSITA' DEDOTTE DAL QUADRO CONOSCITIVO.....	4
5 – RICOSTRUZIONI PALEOGEOGRAFICHE, INQUADRAMENTO GEOLOGICO, STRUTTURALE GENERALE E LOCALE	12
6 - INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO, GEOLOGICO, IDRAULICO, IDROGEOLOGICO E SISMICO	15
7 – INDAGINI GEOGNOSTICHE E MODELLO GEOLOGICO	45
8 – TERRE E ROCCE DA SCAVO	52
9 – CONCLUSIONI E PRESCRIZIONI.....	53

Allegati:

Dati estratti dal DB geologico-geomorfologico della RT

Indagini geognostiche 2005;

indagini geognostiche 2022;

Analisi TRS;

Tavola unica.

1 – GENERALITÀ

L'Amministrazione Comunale intende realizzare il recupero e la rifunzionalizzazione di un edificio storico da destinarsi a museo, compresa la realizzazione di una passerella accessibile ai disabili per il collegamento all'area archeologica della "Rocca". L'intervento si trova nel centro storico del Comune di Santa Maria a Monte, in un'area classificata dal vigente RU come **Nucleo Urbano Storico** e sottoposta a vincolo DM 17/05/58 e D.Lgs 42/04 e ss.mm.ii. (Fig. 1 – Estratto Tav. 2 del R.U.).

La presente relazione geologica, sulla base di specifici rilievi e indagini, ai sensi del § 6.2.1 NTC 2018, illustra e caratterizza gli aspetti stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici, e i conseguenti livelli delle pericolosità geologiche del sito in studio.





La relazione geologica è stata redatta, su incarico dell'amministrazione comunale avvenuto con Determina n. 23/2022.




Fig. 1 - estratto Tav. 2 del R.U.









Legenda:

Subsistema degli insediamenti urbani a prevalente funzione residenziale

-  Perimetro del Nucleo urbano storico
-  Nucleo urbano storico (Art.31)
-  Edifici di interesse testimoniale (Art.22)
-  Villa (Art.57)

 Ubicazione intervento

Aree di tutela e qualificazione del patrimonio territoriale

-  "Zona del Parco della Rimembranza e del centro storico" D.Lgs.42/04 art.136 co.1 lettera d, ex L.1497/39, Vincolo D.M. 17/05/1958 G.U.127/1958 (Art.70)
-  Vincolo cimiteriale (Art.72)
-  Fascia di rispetto elettrodotti (Art.73)
-  Fascia di rispetto metanodotto (Art.73)
-  Sito di importanza regionale - S.I.R. 63 Cerbaie (Art.62)
-  Aree boscate (Art.70)
-  Corsi d'acqua, bacini d'acqua (Art.61)
-  Parchi ed aree archeologiche (Art.56)

L'intervento in oggetto, dell'Ing. Pinelli Roberto e dell'Arch. Falchi Martino (incaricati con Determina 99 del 7 giugno 2021) propone *“il recupero di un fabbricato risalente alla metà del settecento, attualmente in stato di abbandono e degrado, inserito all'interno del contesto della Rocca, la parte fortificata più alta del borgo di Santa Maria a Monte, fulcro da cui l'intero insediamento ha avuto origine. La struttura verrà adibita a Museo in ampliamento dei locali ad esso adiacente e grazie alla realizzazione di un percorso dedicato diventerà la porta di accesso al Parco Archeologico della Rocca.”*

2 - QUADRO NORMATIVO

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

- DM 17/01/2018 “Nuove norme tecniche per le costruzioni” e la relativa circolare esplicativa C.S.LL.PP. del 21 gennaio 2019 n. 7 “Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni di cui al DM 17/01/2018”;
- D.Lgs 152 del 3/04/2006 e ss.mm.ii. “Norme in materia ambientale”;

3 - QUADRO CONOSCITIVO

La presente relazione è stata eseguita 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, parte geomorfologica (entrato in vigore con la pubblicazione del D.P.C.M. 6 maggio 2005 “Approvazione del Piano di Bacino del fiume Arno, stralcio assetto idrogeologico” (GU n. 230 del 3/10/2005), le norme di attuazione e gli allegati sono stati pubblicati sulla G.U. n. 248 del 24/10/2005);
- Piano di bacino del distretto idrografico dell'Appennino Settentrionale, stralcio assetto idrogeologico per la gestione del rischio da dissesti di natura geomorfologica (PAI), variante generale ai vigenti Piani stralcio Assetto Idrogeologico dei bacini del fiume Arno e del fiume Serchio e dei bacini della Toscana, avente a oggetto la revisione del quadro normativo e delle classi di pericolosità ai fini della loro integrazione a scala distrettuale (adottato con delibera n. 20 del 20 dicembre 2019 dalla Conferenza istituzionale permanente dell'Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino settentrionale e pubblicato in GU Serie Generale n.9 del 31/01/2020);
- 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 e ss.mm.ii..

4 – VINCOLI E PERICOLOSITA' DEDOTTE DAL QUADRO CONOSCITIVO

Pericolosità:

Il Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Pisa, individua per l'area in studio le seguenti pericolosità:

1) In **classe 2 - pericolosità geomorfologica bassa**

2) in **classe 1 di Pericolosità idraulica irrilevante**

Si ricorda che per quanto attiene la pericolosità geomorfologica e la pericolosità idraulica, il PTC assume nel proprio quadro conoscitivo e fa propri tutti gli elaborati e le discipline dei Piani di Bacino (art. 18 e 19 della disciplina del PTC).

3) nella **classe 2 di Vulnerabilità idrogeologica bassa** → *corrisponde a situazioni in cui la risorsa idrica considerata é apparentemente non vulnerabile, in base a considerazioni riguardanti la natura degli eventuali acquiferi e quella dei terreni di copertura, ma per cui permangono margini d'incertezza dovuti a diversi fattori, quali la scarsa disponibilità di dati, la non precisa definibilità delle connessioni idrogeologiche, e simili; corrisponde altresì alle situazioni in cui sono ipotizzabili tempi di arrivo in falda superiori a 30 giorni; in essa ricadono corpi idrici multifalda caratterizzati dalla presenza di alternanze tra litotipi a diversa ma comunque bassa permeabilità non completamente definiti si base idrogeologica, terreni a bassa permeabilità sciolti o litoidi con pendenze superiori al 20 per cento o con piezometria media profonda, terreni alluvionali in vallette secondarie in cui non si rilevano indizi certi di circolazione idrica e con bacino di alimentazione caratterizzato in affioramento da litologie argilloso-sabbiose (Fig. 2- estratto TAV. P.9 del PTC – carta vulnerabilità idrogeologica).*

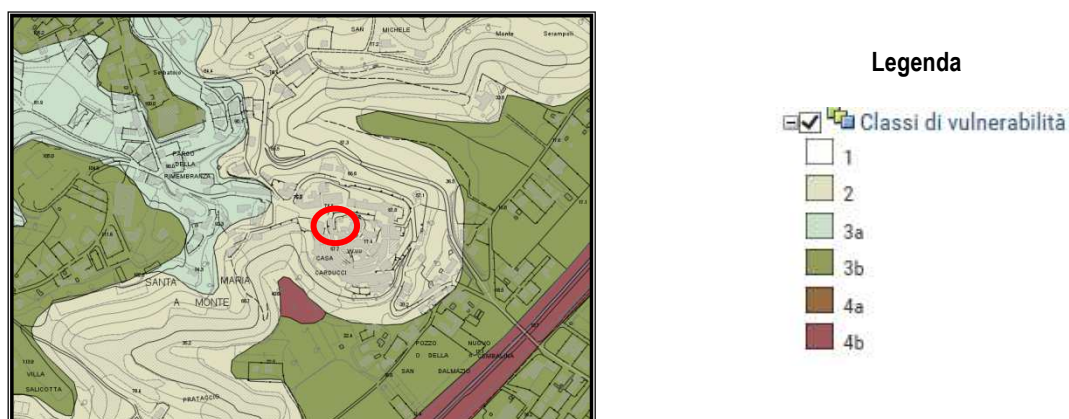


Fig. 2 - estratto TAV. P.9 del PTC – carta vulnerabilità idrogeologica

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 (Fig. 3 estratto P.G.R.A.);

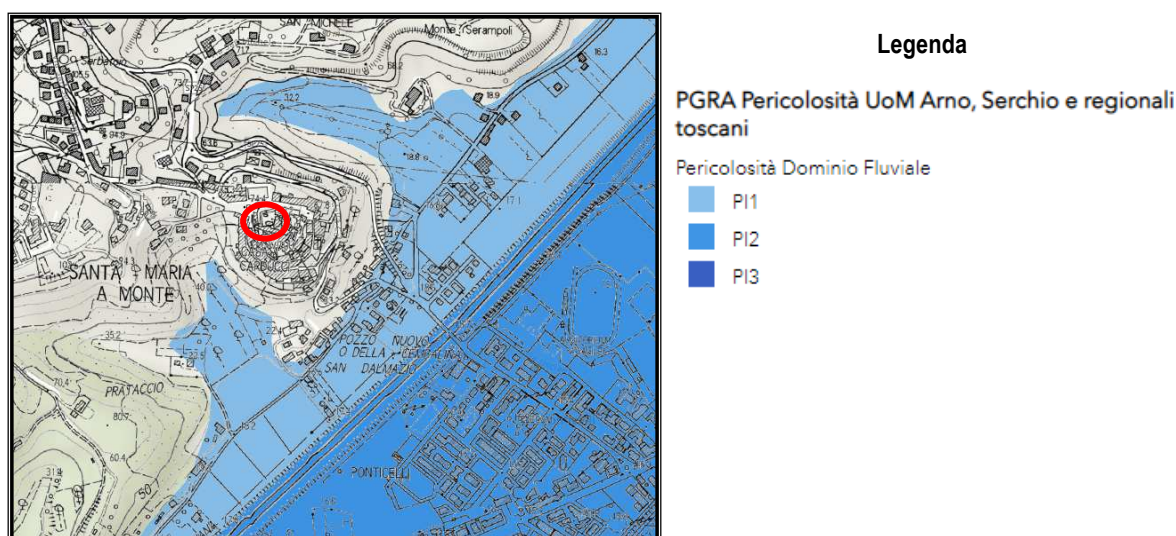


Fig. 3 - estratto del Piano di gestione del rischio alluvioni (PGRA - Perimetrazione delle aree con pericolosità da alluvione

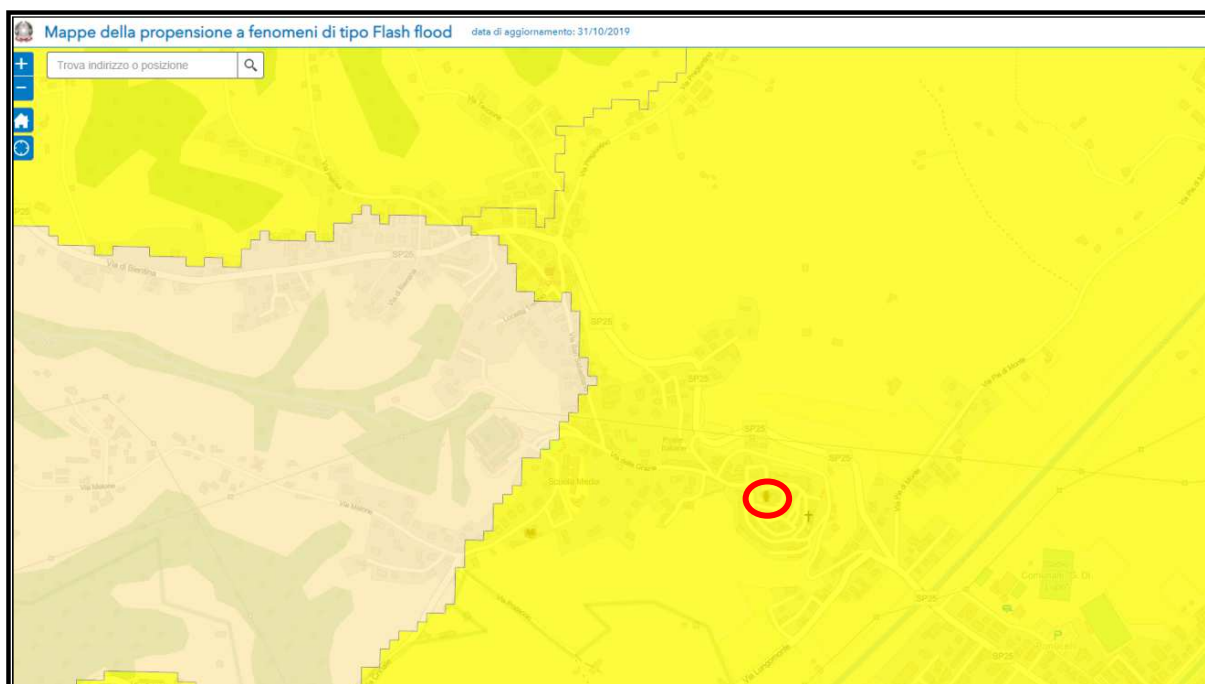
<https://geodataserver.appenninosettentrionale.it/portal/apps/webappviewer/index.html?id=5df4e2dc9f79431ea89eef064912c45a>).

L'elaborazione dei PGRA è organizzata secondo cicli di pianificazione in quanto la Direttiva comunitaria 2007/60/CE (cd. 'Direttiva Alluvioni' – recepita D.Lgs. n. 49/2010) prevede che i Piani siano riesaminati e, se del caso, aggiornati ogni sei anni. Il primo ciclo ha avuto quindi validità per il periodo 2015-2021.

Attualmente è in corso il secondo ciclo. La Conferenza Istituzionale Permanente (CIP), con delibera n. 26 del 20 dicembre 2021 (GU Serie Generale n.2 del 04-01-2022), ha, infatti, adottato il primo aggiornamento del PGRA (2021-2027).

La non pericolosità da alluvione dell'area è stata riconfermata anche nell'adozione del primo aggiornamento del PGRA.

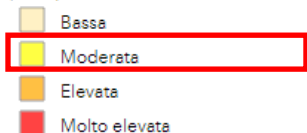
Secondo il PGRA l'area d'intervento ricade in classe con propensione moderata al verificarsi di eventi intensi e concentrati (pericolosità da flash flood):



Mappe della propensione a fenomeni di tipo Flash flood da PGRA: Aggiornamento al 31/10/2019

Pericolosità flash flood 2007/60/CE nelle UoM toscane - Il Ciclo - (2018)

Pericolosità flash flood 2007/60/CE nelle UoM toscane - (2018)



Il Piano per l'Assetto Idrogeologico (PAI), stralcio del Piano di bacino, ai sensi del Dlgs 152/2006 e s.m.i. "è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa e alla valorizzazione del suolo." Le disposizioni del PAI sono vincolanti per tutti i soggetti pubblici e privati dei territori del Distretto Appennino settentrionale.

Secondo il 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.), mentre rientra nella perimetrazione delle aree con pericolosità P.F.2 (media) da fenomeni geomorfologici di versante – a livello di sintesi (vedi Fig. 5 estratto P.A.I.).

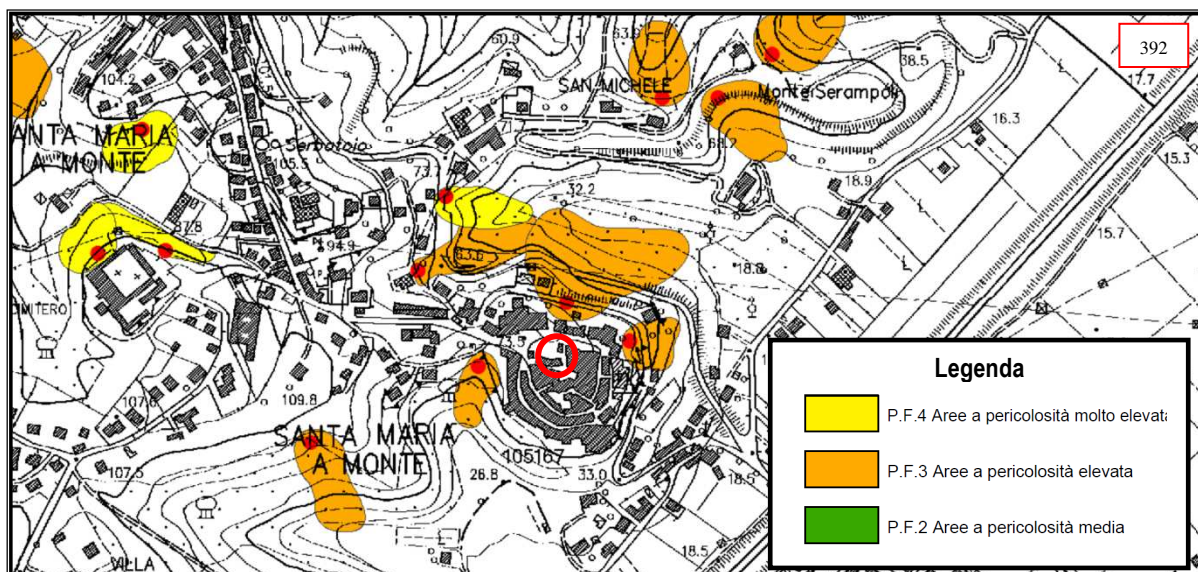


Fig. 4 – estratto (n° 392) del Piano di Bacino del fiume Arno - stralcio Assetto Idrogeologico - Perimetrazione delle aree con pericolosità da fenomeni geomorfologici di versante e da frane - livello di dettaglio.

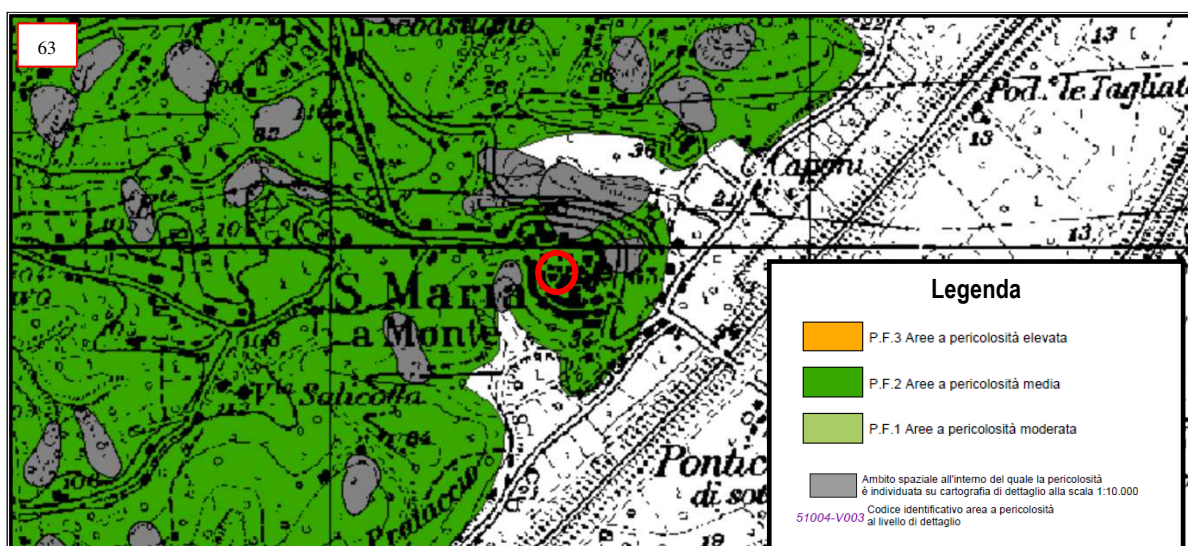


Fig. 5 – estratto (n° 63) del Piano di Bacino del fiume Arno - stralcio Assetto Idrogeologico - Perimetrazione delle aree con pericolosità da fenomeni geomorfologici di versante e da frane - livello di sintesi.

Alla data odierna è stato adottato, con delibera della Conferenza Istituzionale Permanente n.20 del 20 dicembre 2019, il progetto del Piano di bacino del distretto idrografico dell'Appennino Settentrionale, stralcio assetto idrogeologico per la gestione del rischio da dissesti di natura geomorfologica (PAI "dissesti geomorfologici") in cui l'area in studio rientra interamente nella perimetrazione delle aree con **pericolosità media P2** (aree stabilizzate, aree stabili interessate tuttavia da litologie e condizioni strutturali e geomorfologiche che determinano propensione media al dissesto e che possono dar luogo a modifica della loro condizione di stabilità) (vedi Fig. 6 estratto P.A.I. adottato).

Sono disposizioni immediatamente vincolanti ai sensi dell'art. 65, comma 4 del d.lgs. 152/2006 le norme di cui agli articoli 7, 8, 9, 10, 15 e 20 della disciplina di Piano, ovviamente solo con l'approvazione finale di detto strumento sarà completamente operativa la disciplina di Piano, che andrà a sostituire interamente le norme relative alla pericolosità da frana e da dissesti di natura geomorfologica per il bacino del fiume Arno.

Inoltre, la delibera di CIP n. 20 del 20.12.2019 prevede una specifica **misura di salvaguardia** (art. 65, c. 7 del d.lgs. 152/2006) relativa alla procedura di aggiornamento e modifica del progetto di PAI e dei PAI vigenti. La misura di salvaguardia richiama espressamente l'art. 15 della disciplina di Piano e l'applicazione degli allegati 2 e 3.

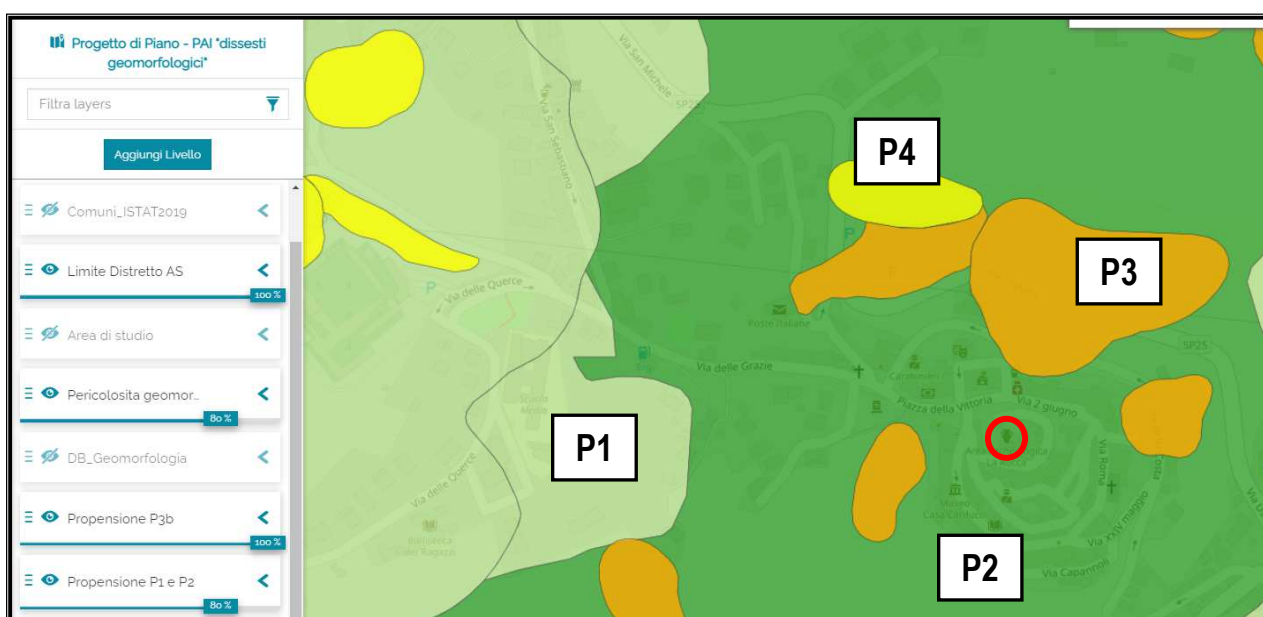


Fig. 6 – Estratto PAI adottato

Lo studio geologico, redatto ai sensi del DPGR 53/R/2011, a supporto del nuovo Piano Strutturale (2014) e della variante del RU (2017) classificano l'area d'intervento secondo le seguenti classi di pericolosità:

- 1) **pericolosità geologica elevata - classe G3** → *aree in cui sono presenti fenomeni quiescenti; aree con potenziale instabilità connessa, all'acclività, alla litologia, alla presenza di acque superficiali e sotterranee, aree interessate da intensi fenomeni erosivi; aree caratterizzate da terreni con scadenti caratteristiche geotecniche; corpi detritici su versanti con pendenze superiori al 25%. Sono aree con indizi e/o situazioni aventi propensioni all'instabilità, dove l'evoluzione geomorfologica, se non contrastata può evolvere verso la fase di dissesto vero e proprio (Fig. 7 estratto Tav. 9 Piano Strutturale).*

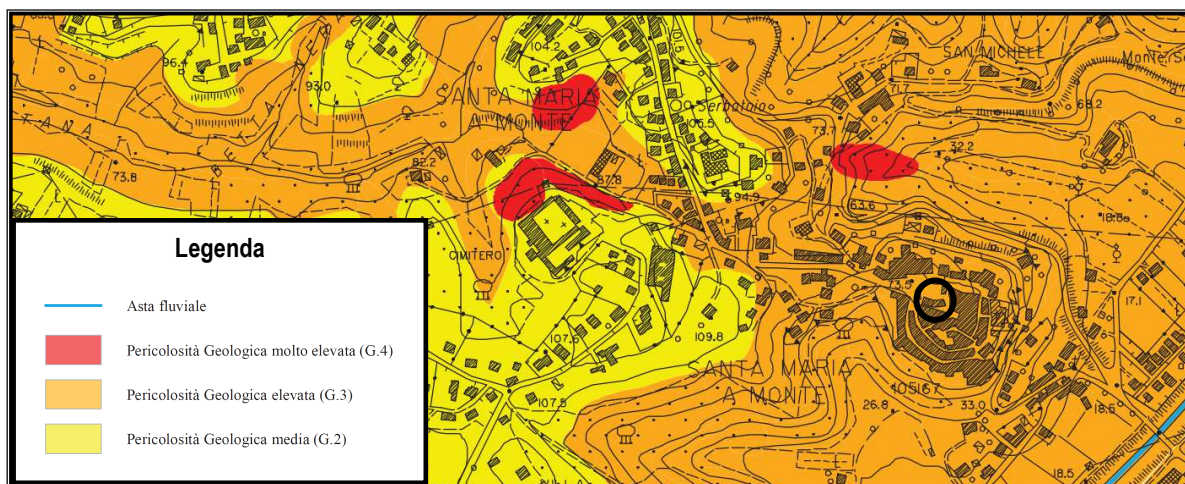


Fig. 7 - estratto TAV. 9 del Piano Strutturale – carta delle aree pericolosità geologica

2) **pericolosità idraulica** → non viene segnalata nessuna classe di pericolosità ai sensi del DPGR 53/R/2011 (Fig. 8 estratto Tav. 8 Piano Strutturale);

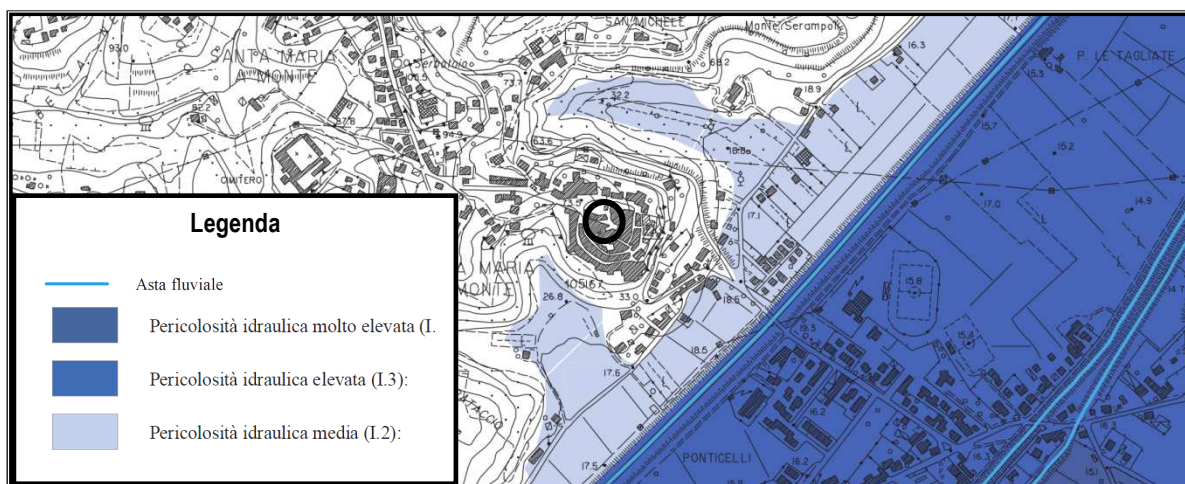


Fig. 8 - estratto TAV. 8 del Piano Strutturale – carta delle aree pericolosità idraulica

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). L'area in studio, ricade all'interno delle zone suscettibili di amplificazione sismica per effetti locali, e in particolare nella zona 2 corrisponde prevalentemente alle zone in cui si ritrova in affioramento essenzialmente la formazione MNG (Fig. 9 estratto Tav. 13 RU).

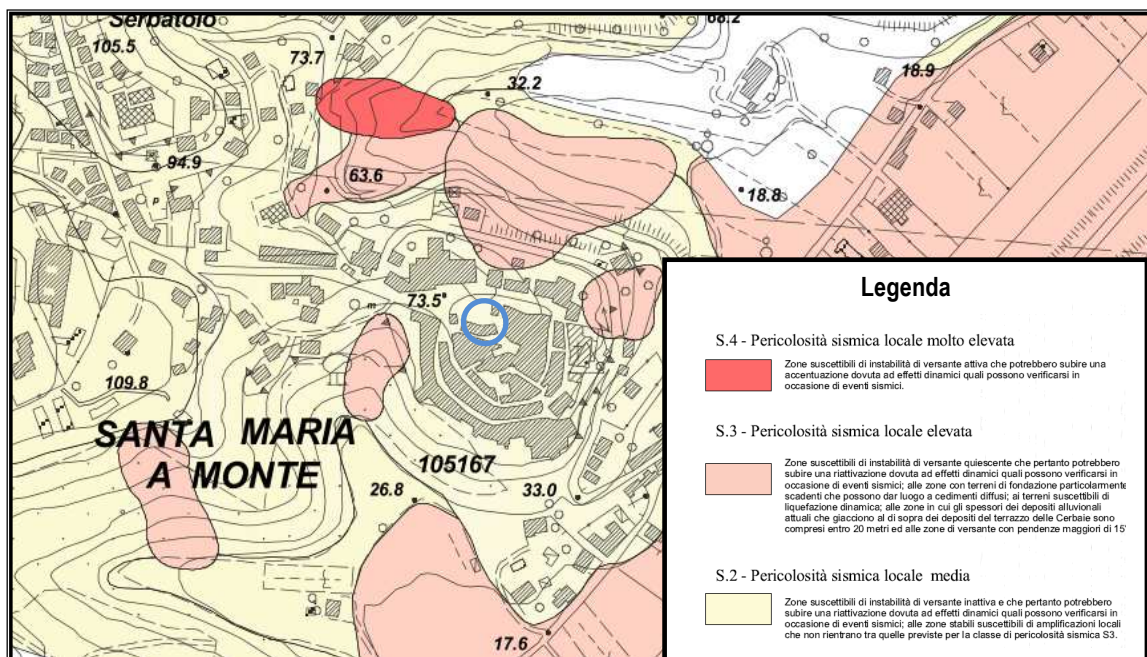


Fig. 9 - estratto TAV. 13-RU del RU – carta della pericolosità sismica

Ai sensi del DPGR 5/R/2020 "Regolamento di attuazione dell'art.104 della LR 65/2014 (Norme per il governo del territorio)" e delle Direttive tecniche per lo svolgimento delle indagini geologiche, idrauliche e sismiche approvate con DGRT 31/2020 si possono attribuire le seguenti pericolosità:

pericolosità geologica	Criteri di fattibilità
<p>G3: Aree in cui sono presenti fenomeni franosi quiescenti e relative aree di evoluzione; aree con potenziale instabilità connessa a giacitura, ad acclività, a litologia, alla presenza di acque superficiali e sotterranee e relativi processi di morfodinamica fluviale, nonché a processi di degrado di carattere antropico; aree interessate da fenomeni di soliflusso, fenomeni erosivi; aree caratterizzate da terreni con scadenti caratteristiche geomeccaniche; corpi detritici su versanti con pendenze superiori a 15 gradi.</p>	<p>La fattibilità degli interventi di nuova dificazione è subordinata all'esito di studi, rilievi e indagini geognostiche e geofisiche. L'intervento non dovrà modificare negativamente le condizioni e i processi geomorfologici presenti nell'area.</p>
<p>Pericolosità da alluvioni</p> <p>Area d'intervento esterna alle aree (P3, P2 e P1) individuate negli atti di pianificazione di bacino (in attuazione del D.lgs 49/2010). Nessuna presenza nell'area in studio o nelle immediate vicinanze degli elementi appartenenti al reticolo idrografico di cui all'art. 22 della LR 79/2012 e ss.mm.ii. Area non presidiata da sistemi arginali di cui all'art. 2 della LR 41/2018 e ss.mm.ii.</p>	<p>Criteri di fattibilità</p>

Pericolosità sismica locale	Criteri di Fattibilità
<p>S2 :</p> <ul style="list-style-type: none"> • zone stabili suscettibili di amplificazioni locali connessi con contrasti d'impedenza sismica attesa oltre alcune decine di metri dal piano campagna e con frequenza fondamentale del terreno indicativamente inferiore a 1 Hz; • zone stabili suscettibili di amplificazioni locali con fattore di amplificazione (F_x) < 1.4; • zone stabili suscettibili di amplificazione topografica (pendii con inclinazione superiore a 15 gradi); • zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, non rientranti tra quelli previsti nelle classi di pericolosità sismica S.3; <p>Per "alto contrasto d'impedenza sismica", sono da intendersi situazioni caratterizzate da rapporti tra le velocità di propagazione delle onde di taglio (V_s) del substrato sismico di riferimento e delle coperture sismiche sovrastanti - oppure all'interno delle coperture stesse - almeno pari a 2, come stimato dalle indagini sismiche. In alternativa, la medesima situazione è individuabile mediante il valore relativo all'ampiezza del picco di frequenza fondamentale delle misure passive di rumore ambientale a stazione singola, che deve essere almeno pari a 3.</p> <p>Si specifica inoltre che, per "alcune decine di metri", sono da intendersi spessori indicativamente intorno a 40 metri.</p>	<p>Non è necessario indicare condizioni di attuazione per la fase attuativa o progettuale degli interventi. Limitatamente a quelle connesse con contrasti d'impedenza sismica attesa oltre alcune decine di metri dal piano campagna e con frequenza fondamentale del terreno indicativamente inferiore a 1 Hz, la fattibilità degli interventi di nuova edificazione tiene conto dell'analisi combinata della frequenza fondamentale del terreno e del periodo proprio delle tipologie edilizie, al fine di verificare l'eventuale insorgenza di fenomeni di doppia risonanza terreno-struttura nella fase della progettazione edilizia.</p>
Problematiche idrogeologiche	Criteri di Fattibilità
<p>Vulnerabilità idrogeologica classe 2 bassa (PTC), ai sensi del PTC (art. 20.2) all'intervento in oggetto si assegna un livello I – rischio idrogeologico irrilevante.</p>	<p>La trasformazione o l'attività è pienamente ammissibile. La fattibilità degli interventi è comunque subordinata a contenere i possibili rischi d'inquinamento.</p>

Le pericolosità suddette sono coerenti con quelle dettate dal Piano Strutturale/RU comunale redatto ai sensi del precedente DPGR 53/R/2011:

G3 → F3 (Fattibilità condizionata – Art. 55 delle NTA del RU vigente);

I1 → F1 (Fattibilità senza particolari limitazioni – Art. 55 delle NTA del RU vigente);

S2 → F2 (Fattibilità con normali vincoli – Art. 55 delle NTA del RU vigente).

Non si rilevano pertanto particolari mutazioni della realtà conoscitiva e sostanziale del quadro conoscitivo di riferimento del sito.

5 – RICOSTRUZIONI PALEOGEOGRAFICHE, INQUADRAMENTO GEOLOGICO, STRUTTURALE GENERALE E LOCALE

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

Miocene superiore – ha origine il “*sfenocasma*”¹ 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-lano-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, viene 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, nel pozzo 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 (1988²) 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

¹ *apertura tettonica di dimensioni regionali che interessa l'intero spessore della crosta del sottosuolo di un'area continentale fino a raggiungere in profondità la parte superiore del mantello. L'assottigliamento crostale può arrivare alla sua completa elisione provocando la risalita fino in superficie dei magmi provenienti dalla crosta oceanica pesante (es. Mar Tirreno centrale).*

² *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.*

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 (1978³) 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.; 1968⁴)

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 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

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

⁴ 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

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).

Pleistocene medio - la fase di sollevamento si estende a tutta la Toscana. Le fosse tettoniche, apertesi nel Pleistocene inf. si colmano di sedimenti e 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 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, 1994⁵). 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.

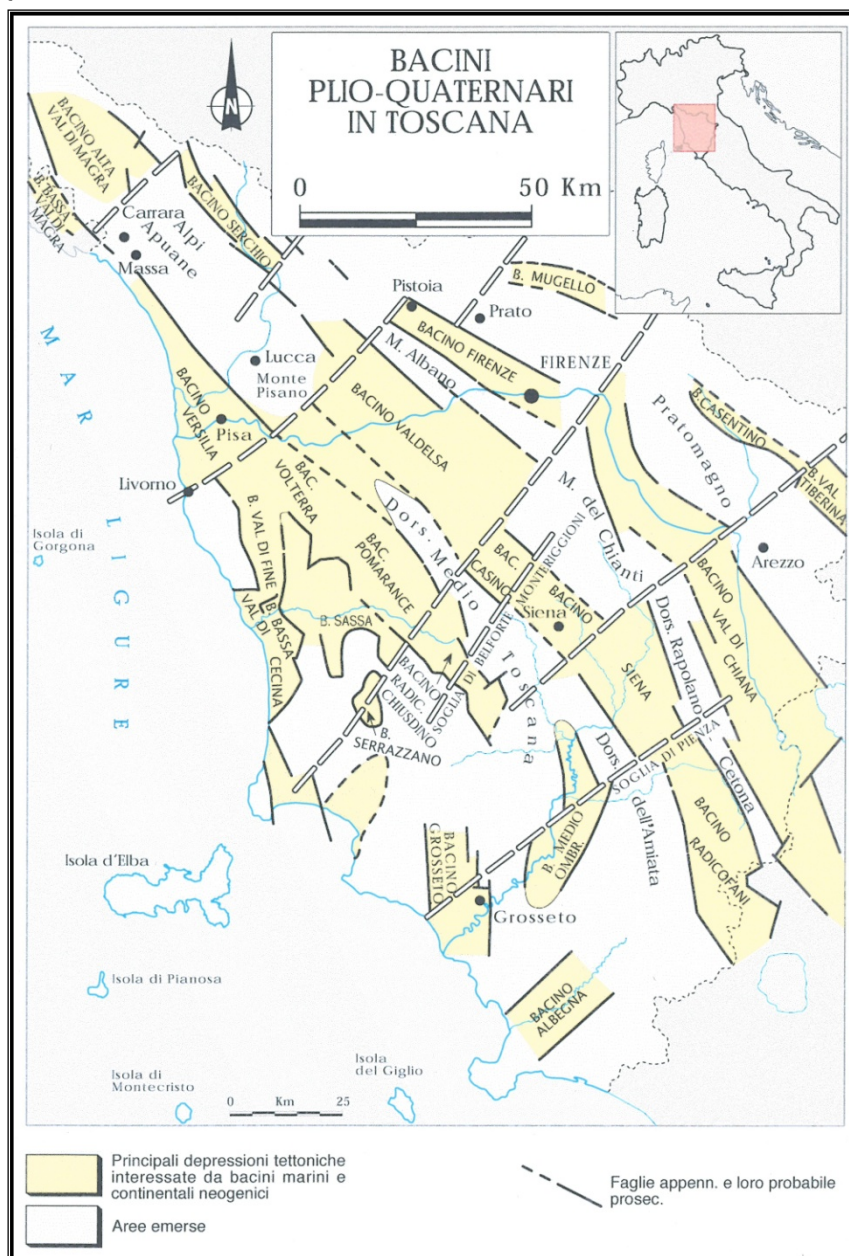


Fig. 10 – Distribuzione dei principali bacini Plio-Quaternari in Toscana (estratta dall'Atlante dei dati Biostratigrafici della Toscana, riportata non in scala)

6 - INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO, GEOLOGICO, IDRAULICO, IDROGEOLOGICO E SISMICO

⁵ Mazzanti R., 1994 – *la pianura di Pisa e i rilievi contermini- la natura e la storia* - edizioni del Cerro

Geomorfologia – Geologia - Litotecnica

La zona in esame è situata in prossimità del limite sud-orientale delle Colline delle Cerbaie, queste ultime costituiscono una dorsale che si estende in direzione NordEst - SudOvest e che separa la Padule di Bientina ad Ovest, dalla Padule di Fucecchio ad Est.

Nei versanti a nord-est e sud, della pendice sommitale del centro storico di S. Maria a Monte, esistono alcuni movimenti gravitativi lenti e/o quiescenti (classificati in PF3 dal Piano PAI - fig. 5 e 6) e uno, più a Nord, classificato come attivo (PF4 dal Piano PAI - fig. 5 e 6) che però è stato oggetto recentemente d'interventi di ripristino da parte della Provincia di Pisa.

Questi movimenti sono dovuti tendenzialmente all'instabilità del riporto eseguito durante lo sviluppo edificatorio del centro abitato e la realizzazione della Strada Provinciale n° 25. Una delle cause di questa instabilità geomorfologica potrebbe essere verosimilmente ricercata in una o più perdite del tratto intubato del Rio S. Michele, perdite che sono state evidenziate in una tomografia elettrica eseguita nel 2006.

La porzione di versante che da P.zza Vittoria degrada verso via Costa e a seguire verso la provinciale SP 25 presenta lenti movimenti del suolo pedologico che si manifestano con rigonfiamenti e depressioni del terreno e con inclinazioni degli alberi ad alto fusto presenti.

Dal punto di vista geomorfologico e topografico la zona in studio è situata su terreni con pendenze molto variabili (*Fig. 11 estratto TAV. 6a del Piano Strutturale – carta delle Pendenze*), a una quota altimetrica di circa 85.00 m. s.l.m.

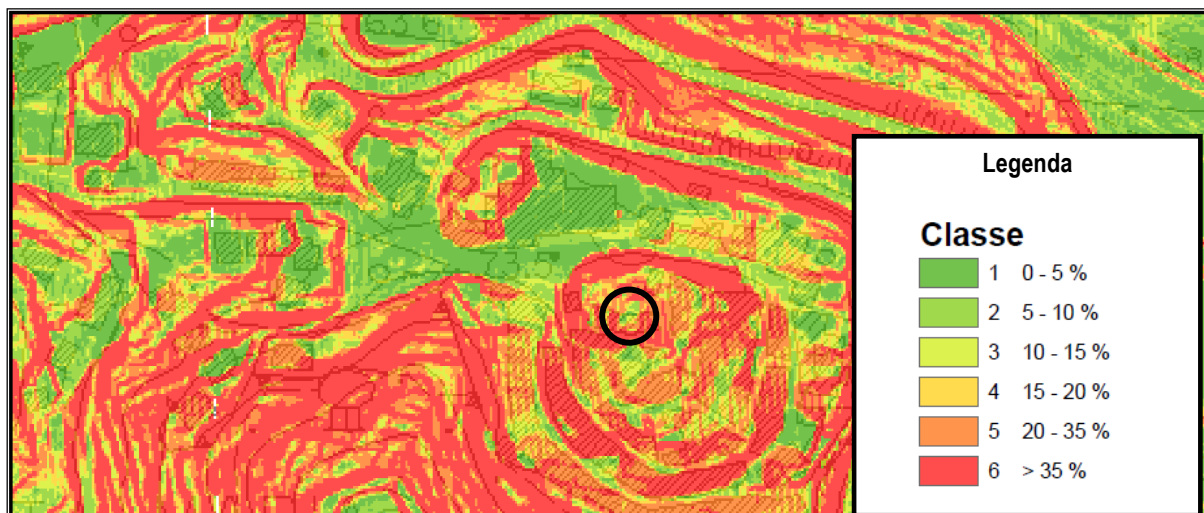
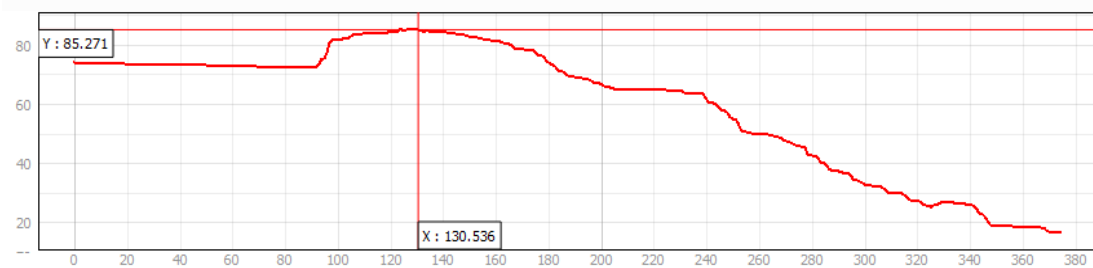
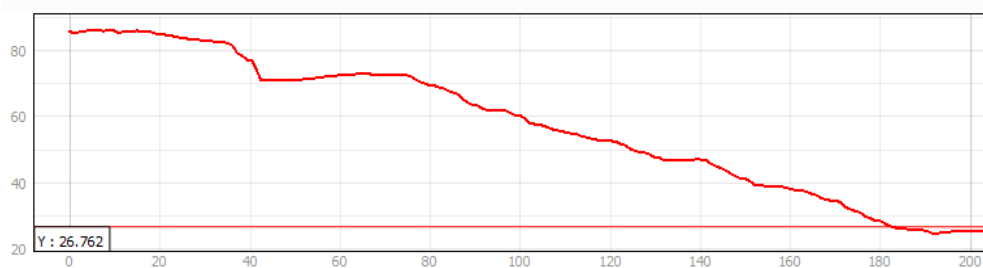
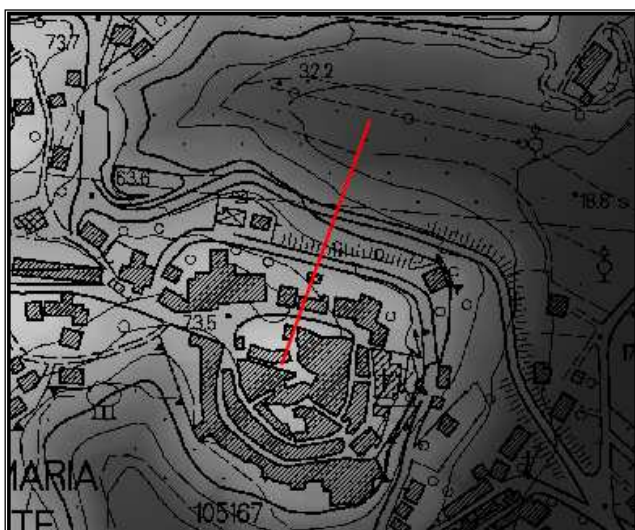
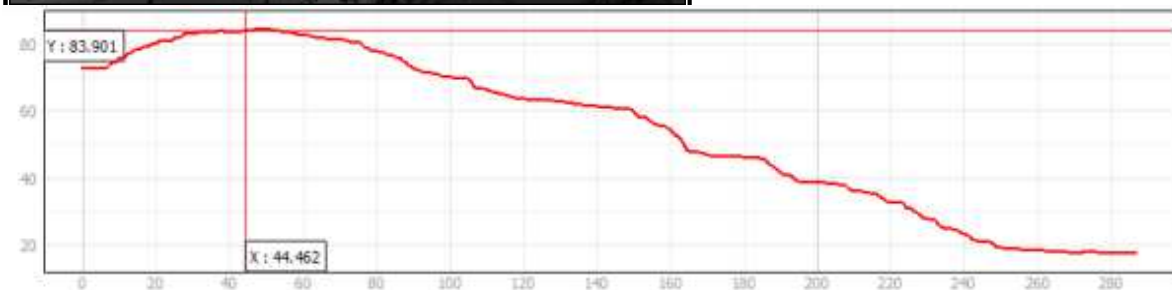
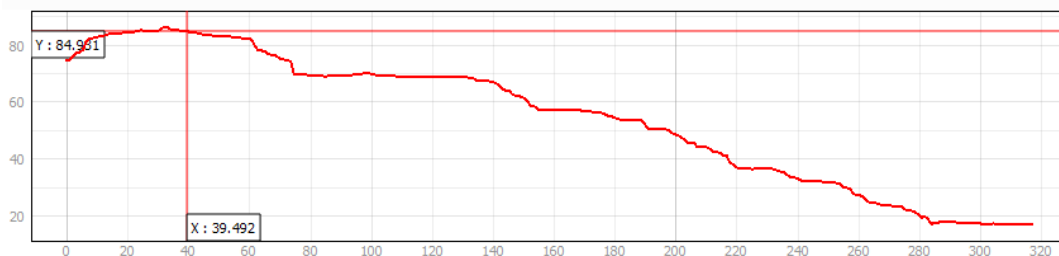
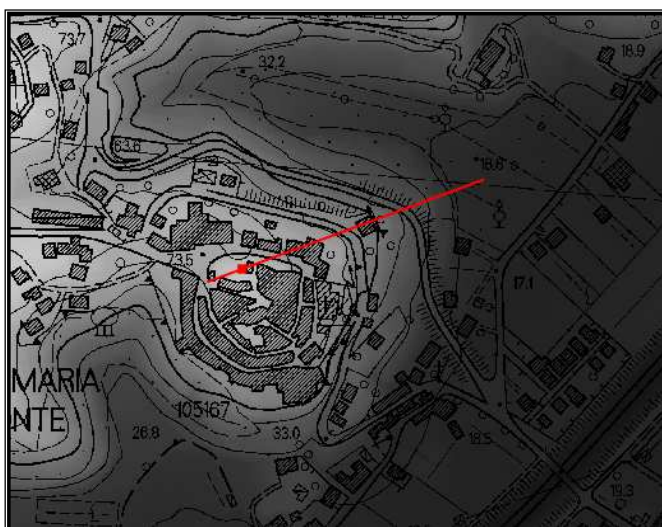


Fig. 11 - estratto TAV. 6a del Piano Strutturale – carta delle Pendenze

Sulla base del rilievo LIDAR disponibile sul sito della Regione Toscana (<https://geoblog.regione.toscana.it/-/open-geodata>), attraverso l'utilizzo di programmi open GIS, sono stati ricavati alcuni profili topografici, per stimare la pendenza del versante su cui è posto l'edificio in questione. Di seguito si riportano i risultati ottenuti, che conducono a stimare tale pendenza a valori superiori ai 15° (tendenzialmente tra i 17° e i 19°).





Dagli archivi storici e fonti letterali si apprende che la pendice settentrionale (che guarda piazza Vittoria) dell'area della Rocca è stata interessata da un movimento franoso avvenuto il 30 marzo del 1950. Le fonti illustrano questo movimento come un movimento repentino, di crollo, molto probabilmente dovuto al collasso dei rifugi antiaerei scavati nell'area e poi abbandonati.

Questi rifugi avevano l'ingresso in piazza Vittoria ed erano costituiti da 3 gallerie di circa 2.0 m d'altezza con uno sviluppo in lunghezza di circa 8 -10 m. Le cause della frana di crollo sono probabilmente da ricercare nei fenomeni di degradamento delle pareti che hanno conseguentemente provocato il crollo di queste cavità. Il recupero dell'area, seguito all'asportazione del materiale franato e alla demolizione delle parti pericolati, è consistito nella sagomatura a gradoni del versante che ancora oggi è parzialmente visibile.

Recentemente l'area della Rocca è stata oggetto di scavi archeologici e dei lavori (I e II LOTTO) per il recupero e sua valorizzazione come parco archeologico (dal 2006 al 2014).

Nell'area della Rocca i terreni superficiali hanno una morfologia prevalentemente legata all'azione antropica dovuta alla gradonatura del versante settentrionale, alla risagomatura del terreno di risulta degli scavi archeologici e alla modellazione dell'area per i lavori del parco archeologico.

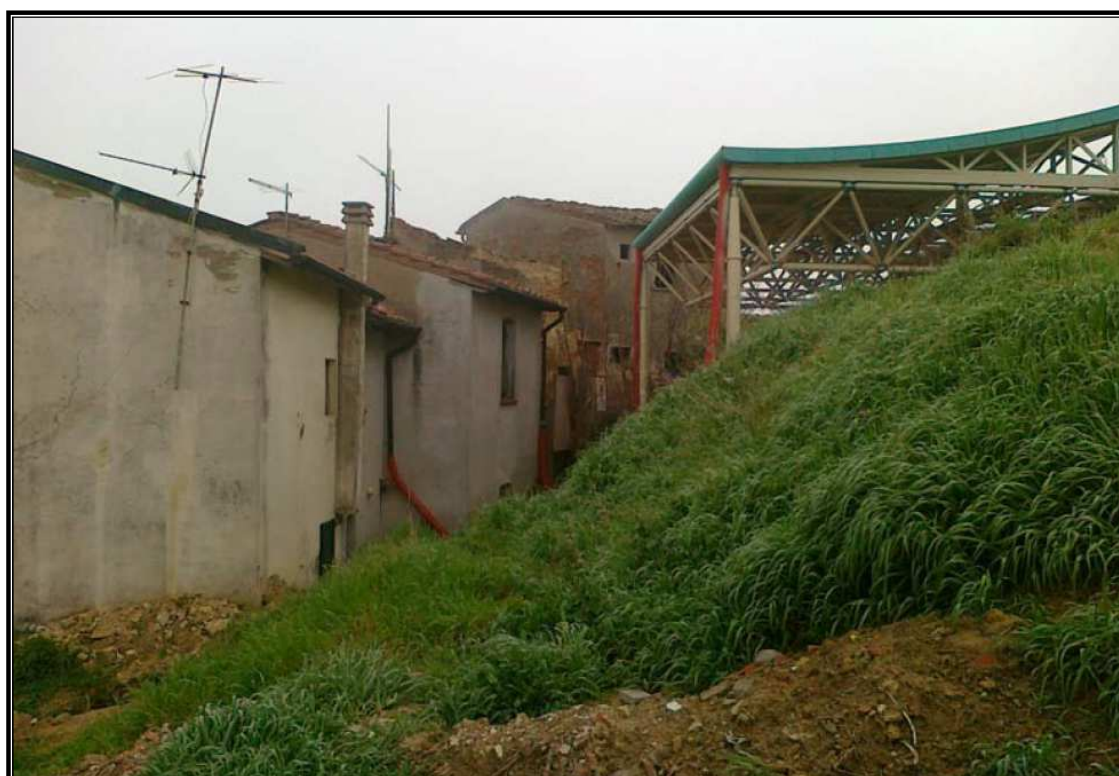


Foto 1 *Come si presentava l'area dell'intervento in oggetto prima dei lavori del "Progetto di Valorizzazione del Centro Storico e Recupero dell'Area della Rocca con destinazione a Parco Archeologico - Il LOTTO - Museo del territorio (2011).*



Foto 2 Come si presenta oggi (gennaio 2022) l'area dell'intervento in oggetto. Nelle parti più ripide, non inerbite è possibile osservare i depositi limi sabbiosi, con lenti di materiale arenaceo.



Foto 3 Particolare (gennaio 2022) affioramento dei limi sabbiosi



Foto 4⁶ Livello di arenarie in precedenza visibile in corrispondenza della cisterna medioevale. Si noti l'effetto mensola del livello arenario, per degradazione dei sottostanti terreni, e l'attività biologica all'interno di quest'ultimi.



Foto 5 Come si presenta oggi (gennaio 2022) l'area della cisterna.

⁶ Immagine tratta dalla relazione geologica del Geol. M. Perini (2005) relativa al I LOTTO dei lavori per il parco archeologico



Foto 6 e 7 Affioramenti limi e sabbie con livelli di arenaria (gennaio 2022) nell'area della rocca.

A partire dalla Carta Geologica Regionale in scala 1:10.000, a seguito di un processo di verifica e raccordo geometrico e informativo (condotto nel periodo 2009-2011 dal Centro di GeoTecnologie (CGT) dell'Università degli Studi di Siena, dall'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN) e il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Pisa) è stata curata la realizzazione del **Continuum Geologico della Regione Toscana**. I livelli informativi del Continuum sono stati, in seguito, acquisiti all'interno del DB Geologico (novembre 2014). I dati relativi a frane, depositi superficiali, forme e processi geomorfologici sono periodicamente integrati nel DB Geologico della Regione Toscana (liberamente scaricabile con licenza CC-BY: Open - GeoData). Il percorso di aggiornamento e manutenzione è affidato al Consorzio Lamma e recepisce i dati relativi agli studi svolti dal CNR/IGG di Pisa, dall'Università di Siena, oltre ai dati delle Autorità di Bacino, dei Piani Strutturali Comunali, degli studi di Interferometria e infine le segnalazioni inviate da geologi professionisti. Nell'**allegato 1** sono riportati i dati estratti dal DB geologico-geomorfologico della RT per l'area in studio.

L'area su cui sorge l'edificio in oggetto, è caratterizzata principalmente dai depositi fluviali e lacustri del bacino Lucca-Montecarlo-Vinci nei termini delle sabbie e argille di Marginone-Mastromarco e dei livelli conglomeratici (MNG). La formazione **MNG (Argille e Sabbie di Marginone – Mastromarco – con presenza di litofacies conglomeratica (cg) - Rusciano Sup? – Villafranchiano Sup)** è caratterizzata da sabbie gialle, limi sabbiosi e argille limose di colore grigio nocciola, di ambiente deposizionale fluviale e palustre con all'interno 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.

Tendenzialmente la formazione MNG può presentare fenomeni di cementazione conseguenti la lisciviazione prodotta dalle acque d'infiltrazione. Tali processi possono dare origine alla formazione di lenti e/o livelli, più o meno continui, arenacei a cemento calcareo e di livelli conglomeratici.

La formazione MNG è spesso obliterata sia dall'antropizzazione sia dai processi di pedogenesi dei terreni di copertura superficiali, tuttavia essa può essere osservata lungo le porzioni dei versanti più acclivi e lungo i tagli stradali, come accade lungo la SP 25 e nel relativo parcheggio di San Michele, dove si possono osservare i conglomerati. I sondaggi S1 del 2008 e S1 del 2014 nell'area degli ex-macelli rilevano i conglomerati, a una profondità di circa 6.0 m dal piano di campagna, per uno spessore di circa 8.00 m, mentre nel sondaggio S2 del 2008, eseguito in piazza della Vittoria, i conglomerati sono stati intercettati a una profondità di 12.0 m dal p.c., per uno spessore di circa 7.0 m.

Al di sotto dei conglomerati si rinvengono terreni tendenzialmente coesivi argille/argille limose, spesso intervallati da livelli più o meno sottili e continui di terreni granulari come sabbie limose e limi sabbiosi (*Fig. 12 e 13 estratti TAV. 1 e 2b del Piano Strutturale*).

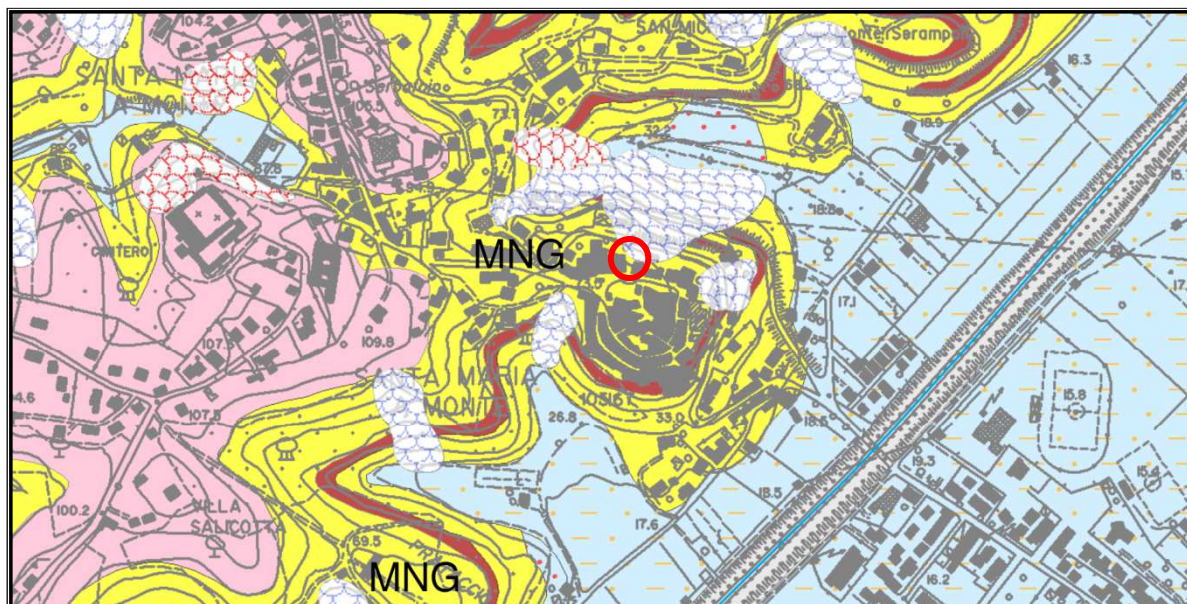








Fig. 12 - estratto TAV. 1 del PS – carta geologica

Legenda


DEPOSITI QUATERNARI

-  Terreni di riporto, bonifiche per colmata (h5)
-  Corpi di frana senza indizi di evoluzione (a1q)
-  Corpi di frana in evoluzione (a1a)
-  Depositi di versante (aa)
-  Depositi alluvionali attuali e recenti (b)

DEPOSITI FLUVIALI DELLE CERBAIE - ALTOPASCIO

-  Formazione delle Cerbaie (Pleistocene Medio) - BCE

DEPOSITI FLUVIALI E LACUSTRI DEL BACINO DI LUCCA - MONTECARLO - VINCI

-  Argille e sabbie di Marginone - Mastromarco - MNG, con presenza della litofacies conglomeratica - cg (RUSCIANO SUP.? - VILLAFRANCIANO SUP.)

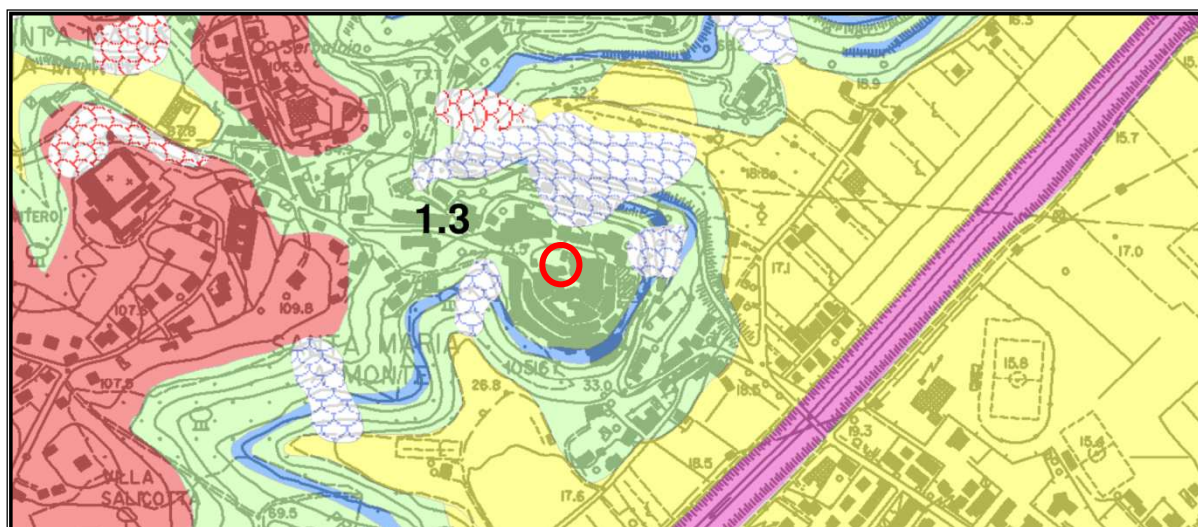
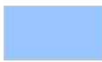

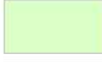




Fig. 13 - estratto TAV. 2b del PS – carta litotecnica

Legenda

-  1.1 Successioni conglomeratiche (cg)
-  1.2 Successioni sabbioso ghiaiose (BCE)
-  1.3 Sabbie e argille (MNG)
-  2.1 Successioni di depositi palustri e di colmata (h5)
-  2.2 Successioni di depositi a prevalenze argillosa (b+aa)

Idraulica e Idrogeologia

Nell'area in studio lo smaltimento delle acque meteoriche avviene essenzialmente, per deflusso superficiale, trattandosi di un'area fortemente urbanizzata, e in minore parte, per infiltrazione naturale nel sottosuolo; quest'ultima funzione delle caratteristiche granulometriche e di permeabilità della porzione più superficiale del terreno.

La circolazione sotterranea delle acque d'infiltrazione, con caratteristiche stagionali, seguirà la giacitura degli orizzonti dei livelli a bassa permeabilità costituiti sia dai livelli cementati sia dai livelli prevalentemente limo argillosi.

Nel tempo si è potuto osservare che, durante la stagione piovosa, nei fori di drenaggio del muro di contenimento della rocca lungo via 2 Giugno sgorga acqua, fenomeno invece quasi assente nei fori di drenaggio del muro di contenimento su piazza Vittoria.

La posizione orografica del sito, la presenza di una cisterna medioevale per la raccolta delle acque meteoriche, le osservazioni di campagna e la litologia dei depositi affioranti, portano a escludere ragionevolmente la presenza di falde idriche superficiali.

A conferma di tutto ciò si riportano diverse campagne piezometriche eseguite nell'area in studio:

- Lo studio geologico, del Dott. M. Perini, relativo al progetto di Valorizzazione del Centro Storico e Recupero dell'Area della Rocca con destinazione a Parco Archeologico, afferma che: *"Nel corso della campagna geognostica (settembre – ottobre 2005) le rilevazioni all'interno dei fori lasciati dalle diverse prove non hanno evidenziato la presenza di acqua, risultando di fatto gli stessi sempre asciutti. Ciò conferma l'assenza di falda almeno nella parte sommitale della rocca."*;
- Lo studio geologico, del Dott. S. Gagliardi (1994) evidenzia la presenza di acqua nel sottosuolo solo alle profondità riportate nella seguente tabella:

Foro sondaggio/ anno esecuzione	Quota sondaggio (s.l.m.)	Data lettura - profondità da p.c.			
S1 1994	56.00 m	9/3/94 (-13.00 m)	21/3/94 (-13.02 m)	28/4/94 (- 6.70 m)	27/6/94 (- 7.40 m)
S2 1994	66.00 m	11/2/93 (-10.40 m)	9/3/94 (-13.30 m)	21/3/94 (-13.20 m)	28/4/94 (-13.05 m)
S3 1994	70.00 m	9/3/94 (-9,10 m)	21/3/94 (-9,38 m)	28/4/94 (-7,70 m)	27/6/94 (-9,50 m)

- Il monitoraggio piezometrico (con piezometro, nel foro del sondaggio Sc1 del 2014 posto a circa 67/68.0 m s.l.m, a tubo aperto e finestrato, fino alla profondità di 16 m dal p.d.c.), eseguito dalla scrivente (2014-2015, per il progetto del recupero degli ex macelli), ha consentito di monitorare il seguente andamento del livello piezometrico dell'acqua nel sottosuolo:

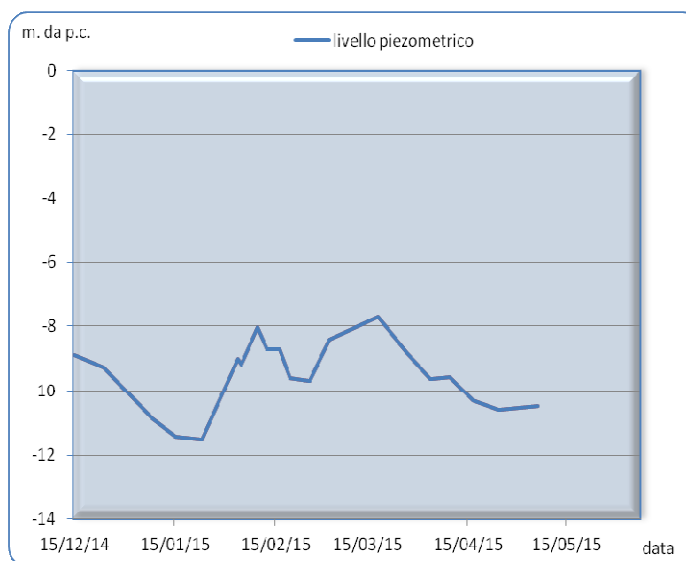


Grafico dell'oscillazione del livello piezometrico

L'aspetto idrico più importante nella zona è rappresentato dal *Rio San Michele* che scorre a valle della Strada Provinciale e raccoglie le acque meteoriche, di ruscellamento e gli scarichi di acque utilizzati per usi antropici. Nella tavola unica, allegata alla presente relazione, è riportato il suo originario andamento e quello attuale, compresa la parte intubata, che si estende da monte dell'edificio adibito a ufficio postale fino a valle della Strada Provinciale.

Per quanto concerne l'aspetto idraulico dell'area, si deve evidenziare che il luogo, non rientra negli ambiti previsti dalla L.R. 41/18 e ss.mm.ii., non rientra in nessuna classe di pericolosità individuata dal Piano di Bacino Stralcio Rischio Idraulico e dal 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.

Nel 2005 per la redazione del progetto del parco archeologico, il Geol. M. Perini realizzò anche una campagna di prospezioni geoelettriche basata sulla metodologia "Electrical Imaging", che ha permesso di acquisire un quadro generale di riferimento per l'area sommitale della Rocca (in allegato si riporta la relazione descrittiva sulle indagini geognostiche del geol. M. Perini, 2005).

Le suddette indagini rilevarono (*Fig. 14 estratto planimetria localizzazione anomalie geoelettriche 2005 Geol. M. Perini*), all'interno di due orizzonti geoelettrici principali, la presenza di tre "anomalie geoelettriche ad alta resistività riconducibili alla presenza di strutture sepolte (opere fondazionali e/o murarie, ...) e/o alla presenza di vuoti".

L'anomalia n° 1 può ragionevolmente essere collegata alla cavità corrispondente al locale tecnico al quale si accede da piazza Vittoria. L'anomalia n° 2 che è stata rilevata in prossimità del muro a retta che delimita il sottostante resede di civile abitazione potrebbe essere dovuta proprio alla presenza di questa cavità verticale che si apre direttamente in superficie. La terza anomalia potrebbe essere dovuta a consistenti strutture sepolte o a una cavità posta 6-8 metri di profondità.

LEGENDA

-  Percorsi di accesso
-  Struttura archeologica
-  Localizzazione anomalie ad alta resistività rilevate

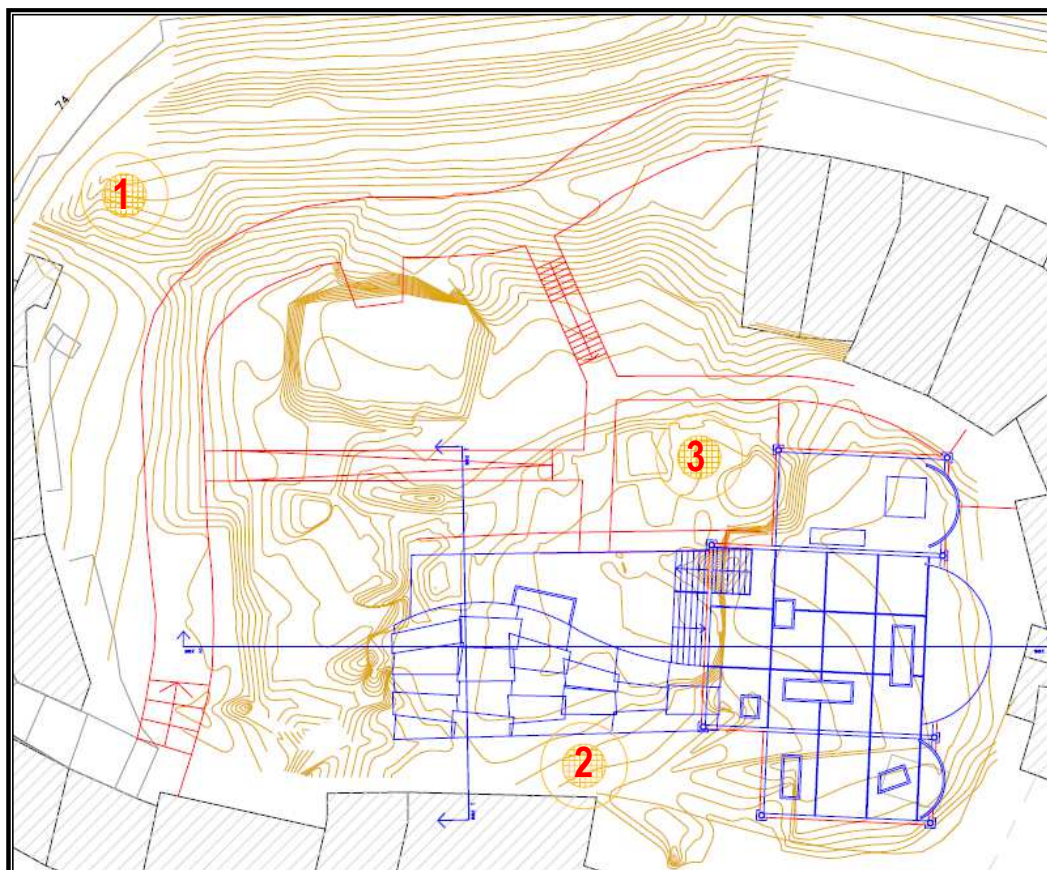


Fig. 14 - estratto planimetria localizzazione anomalie geoelettriche (2005 Geol. M. Perini)

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 approvava la riclassificazione sismica del territorio regionale e inseriva il Comune di S. Maria a Monte nella zona 3S. La zona 3S è stata individuata specificatamente 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).

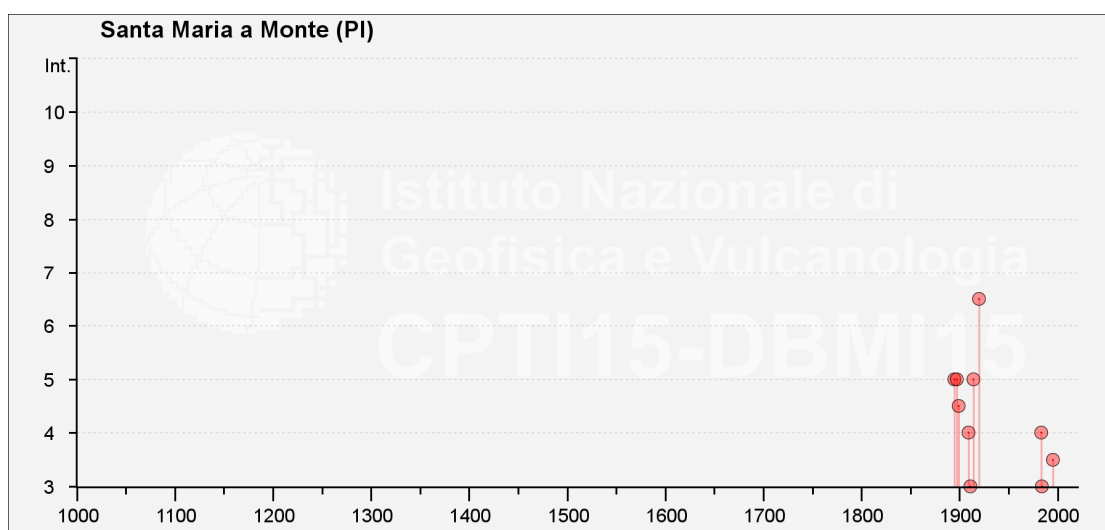
Il 6 aprile del 2004 la Commissione Grandi rischi del dipartimento della Protezione Civile approva la

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 l'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" confermava per il territorio di S. Maria a Monte la zona a bassa sismicità 3. 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 un 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. La scrivente ha eseguito una ricerca, nei cataloghi INGV disponibili⁷, degli eventi storici con risentimento nel territorio comunale, in tal modo è stata ricostruita la storia sismica del comune di S. Maria a Monte. Interrogando il catalogo DBMI15⁸ che contiene i dati di intensità macrosismica (MDP), raccolti e organizzati per diverse finalità tra cui quella di fornire una base di dati per la determinazione dei parametri epicentrali dei terremoti (localizzazione e stima di magnitudo) per la compilazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15⁹), possiamo ricostruire la "storia sismica" per il Comune di S. Maria a Monte, vale a dire l'elenco degli effetti di avvertimento o di danno, espressi in gradi di intensità, osservati nel corso del tempo a causa di terremoti. Dal catalogo s'individuano per S. Maria a Monte, 11 eventi con risentimento nel territorio comunale:

⁷ Dati tratti dal sito dell'INGV

⁸ Database Macrosismico Italiano 2015 - Fornisce un set omogeneo di intensità macrosismiche provenienti da diverse fonti relativo ai terremoti con intensità massima ≥ 5 e d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000-2017. Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Conte S., Rocchetti E. (2019). Database Macrosismico Italiano (DBMI15), versione 2.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/DBMI/DBMI15.2>

⁹ Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2015 - Fornisce dati parametrici omogenei, sia macrosismici, sia strumentali, relativi ai terremoti con intensità massima ≥ 5 o magnitudo ≥ 4.0 d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000-2017. Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli, B., Gasperini P., 2019. Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15), versione 2.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/CPTI/CPTI15.2>



Santa Maria a Monte

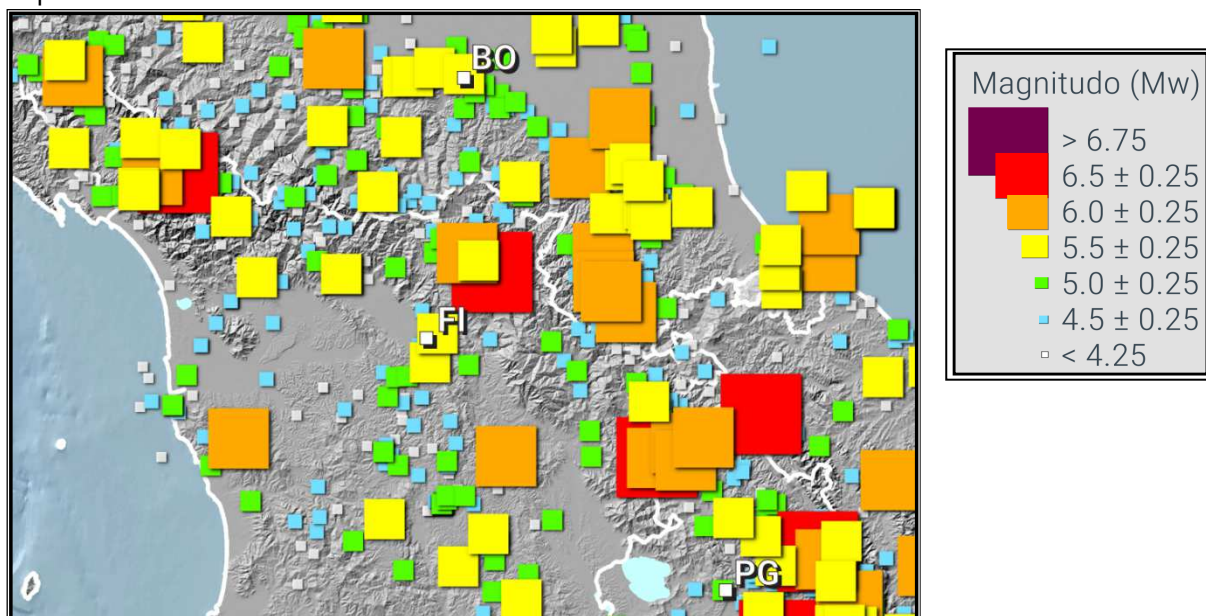
Storia sismica

PlaceID IT_46526
 Coordinate (lat, lon) 43.698, 10.693
 Comune (ISTAT 2015) Santa Maria a Monte
 Provincia Pisa
 Regione Toscana
 Numero di eventi riportati 11

Effetti	In occasione del terremoto del						NMDP	Io	Mw
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale		
F	1853	08	02				Val di Cecina	6	5-6 4.72
5	1895	05	18	19	55	1	Fiorentino	401	8 5.50
5	1897	07	27	09	02	1	Valdarno inferiore	33	5-6 4.27
4-5	1899	06	26	23	17	2	Valle del Bisenzio	138	7 5.02
4	1909	01	13	00	45		Emilia Romagna orientale	867	6-7 5.36
3	1911	09	13	22	29	0	Chianti	115	7 5.08
5	1914	10	27	09	22		Lucchesia	660	7 5.63
6-7	1920	09	07	05	55	4	Garfagnana	750	10 6.53
4	1983	11	09	16	29	5	Parmense	850	6-7 5.04
3	1984	04	22	17	39	2	Costa pisano-livornese	39	6 4.61
3-4	1995	10	10	06	54	2	Lunigiana	341	7 4.82

Dai dati raccolti 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-Lunigiana che è l'area sismo genetica più vicina e più attiva. Si segnalano i terremoti del 7 settembre 1920 con intensità epicentrale del X° MCS e risentimento del VI-VII° MCS e quello del 27 ottobre 1914 con intensità epicentrale del VII° MCS che ha provocato un risentimento del V° MCS.



Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15 - Distribuzione geografica degli epicentri dei terremoti contenuti in CPTI15 per classi di Mw

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"

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.



Analizzando le mappe di pericolosità sismica per il territorio italiano (Fig. 15), si nota che il comune di S. Maria a Monte ricade nell'area in cui la pericolosità sismica, espressa in termini di g è compresa fra 0.100 e 0.150 g

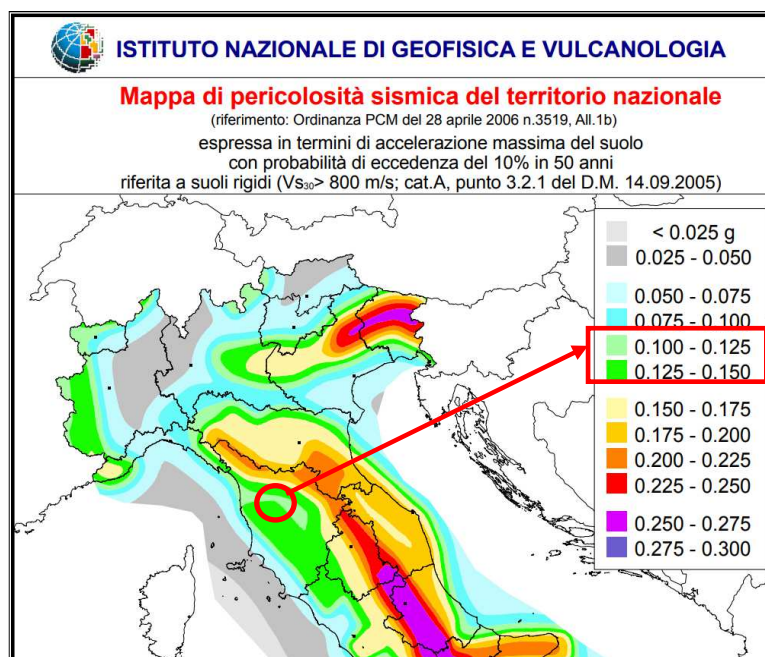
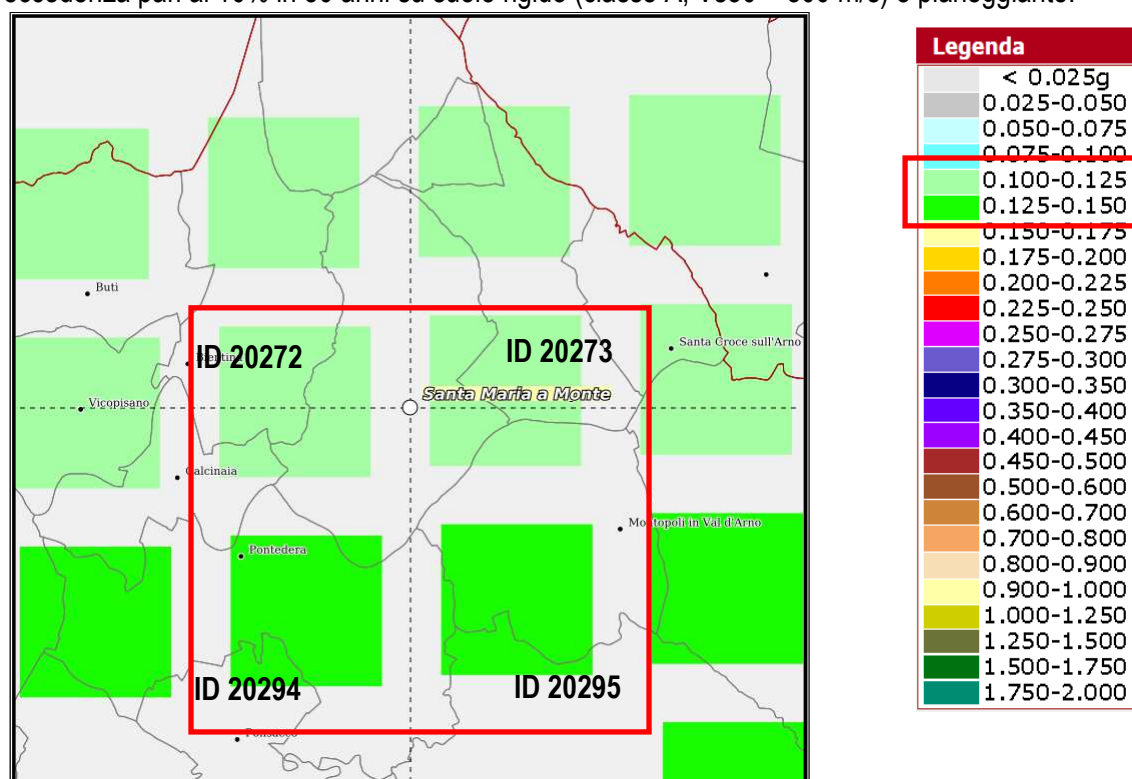


Fig 15 - Distribuzione geografica dei valori medi di PGA (vale a dire il valore massimo (o picco) di accelerazione del suolo attesa, chiamata anche a_{max} o a_g) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (da Gruppo di Lavoro MPS, 2004).

Le mappe di pericolosità sismica riportano due parametri dello scuotimento, $a(g)$ (accelerazione orizzontale massima del suolo, come definita dall'OPCM 3519/2006, corrisponde al PGA) e $Se(T)$ (Spettro di risposta Elastico in funzione del periodo T); l'unità di misura è g , vale a dire l'accelerazione di gravità, corrispondente a $9.8m/sec^2$. Le mappe in $a(g)$ sono state calcolate per differenti probabilità di superamento in 50 anni (in totale 9 classi, dal 2% all'81%).

La figura sottostante mostra l'estratto della mappa che rappresenta il modello di pericolosità sismica per il territorio di S. Maria a Monte (estratto dal progetto <http://esse1.mi.ingv.it/> dell'INGV Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia¹⁰), con riferimento al sito d'interesse.

I diversi colori indicano il valore di scuotimento (PGA = Peak Ground Acceleration; accelerazione di picco del suolo, espressa in termini di g , l'accelerazione di gravità) atteso con una probabilità di eccedenza pari al 10% in 50 anni su suolo rigido (classe A, $Vs_{30} > 800$ m/s) e pianeggiante.



Modello di pericolosità sismica da INGV

¹⁰ L'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), ha determinato la pericolosità sismica di base con un approccio di tipo probabilistico. Tale approccio si pone come riferimento nazionale sia per la classificazione sismica (O.P.C.M. 3519/2006) sia per la progettazione edilizia (Allegati A e B delle NTC 2008 e ss.mm.ii.). La stima della pericolosità sismica di base si riferisce a condizioni ideali di bedrock sismico affiorante e privo di irregolarità morfologiche (superficie topografica orizzontale) e fornisce, quindi, in maniera probabilistica le caratteristiche di scuotimento dell'area d'interesse, senza considerare l'eventuale amplificazione sismica dovuta agli aspetti locali, considerati dalla stima della pericolosità sismica locale.

Per ogni nodo della griglia (ID) sono disponibili numerosi parametri che descrivono la pericolosità sismica, riferita a diversi periodi di ritorno e diverse accelerazioni spettrali.

La disaggregazione (o deaggregazione) della pericolosità sismica (McGuire, 1995; Bazzurro and Cornell, 1999) consente di valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità di un sito. La forma più comune di disaggregazione è quella bidimensionale in magnitudo e distanza (M-R) che permette di definire il contributo di sorgenti sismogenetiche a distanza R capaci di generare terremoti di magnitudo M. Espresso in altri termini, il processo di disaggregazione in M-R fornisce il terremoto che domina lo scenario di pericolosità (terremoto di scenario) inteso come l'evento di magnitudo M a distanza R dal sito oggetto di studio che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica del sito stesso (*Disaggregazione della pericolosità sismica del territorio italiano S. Barani e D. Spallarossa*).

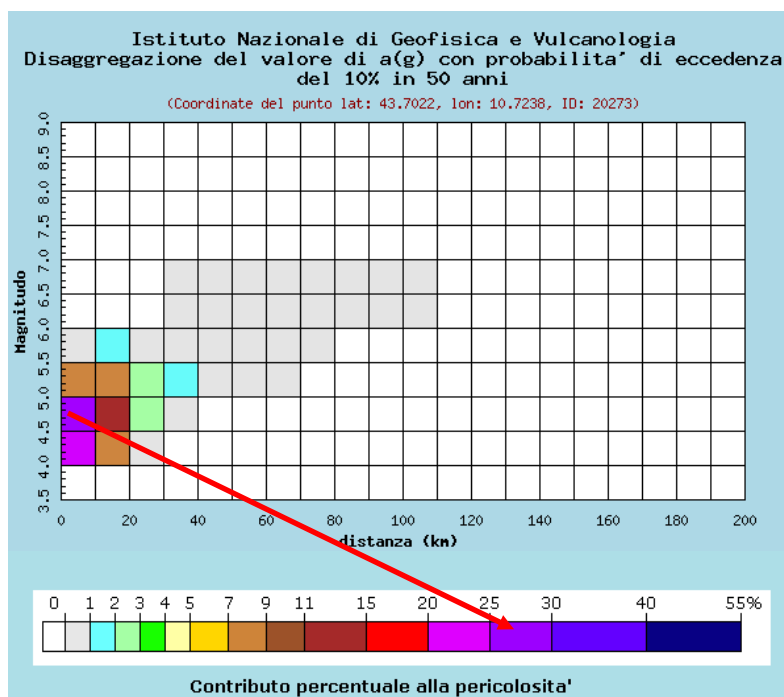
Consultando le mappe di disaggregazione sismica del sito dell'INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia)¹¹, per il territorio di S. Maria a Monte, con riferimento al sito d'interesse, sono stati determinati i contributi percentuali alla pericolosità sismica forniti dalle coppie magnitudo-distanza dei terremoti che possono essere risentiti nell'area (*per es. Tr 475 anni*).

I dati estrapolati per il nodo ID **20273** (Latitudine: 43.7022 - Longitudine: 10.723 ED50) forniscono le seguenti informazioni:

- La pericolosità sismica dell'area in esame indica in $0,10 \div 0,125$ 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 (percentuale 26,70%) 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 4.8 e 11.20 km.

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

¹¹L'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), ha determinato la pericolosità sismica di base con un approccio di tipo probabilistico. Tale approccio si pone come riferimento nazionale sia per la classificazione sismica (O.P.C.M. 3519/2006) sia per la progettazione edilizia (Allegati A e B delle NTC 2008 e ss.mm.ii.). La stima della pericolosità sismica di base si riferisce a condizioni ideali di bedrock sismico affiorante e privo di irregolarità morfologiche (superficie topografica orizzontale) e fornisce, quindi, in maniera probabilistica le caratteristiche di scuotimento dell'area d'interesse, senza considerare l'eventuale amplificazione sismica dovuta agli aspetti locali, considerati dalla stima della pericolosità sismica locale.



ID 20273

Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 43.7022, lon: 10.7238, ID: 20273)										
	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	21.300	26.700	8.320	0.946	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	7.840	14.500	7.420	1.740	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.627	2.600	2.380	0.788	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.207	1.000	0.912	0.575	0.098	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.182	0.511	0.540	0.104	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.007	0.187	0.307	0.067	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.043	0.117	0.029	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.041	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	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

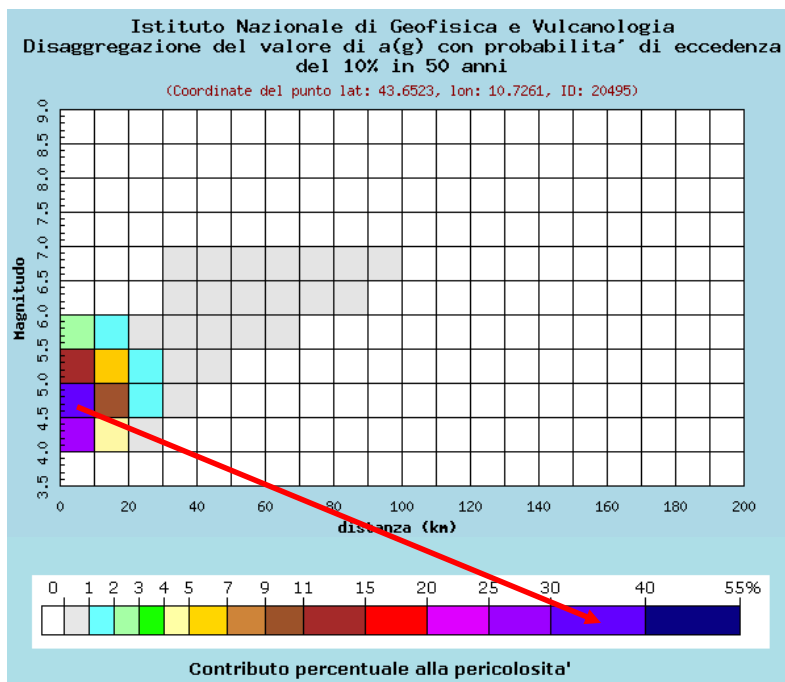
Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.800	11.200	0.989

I dati estrapolati per il nodo ID **20495** (Latitudine: 43.6523 - Longitudine: 10.7261 ED50) forniscono le seguenti informazioni:

- La pericolosità sismica dell'area in esame indica in $0,125 \div 0,150$ 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 (percentuale 34,00%) 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.



ID 20495

Distanza in km	Disaggregazione del valore di $a(g)$ con probabilità 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	1.300	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

La carta MOPS redatta per il R.U. (vedi Fig. 16 - estratto TAV. 12-RU) ricostruisce per il contesto collinare, due diverse colonne stratigrafiche tipo: una per la microzona 1 e l'altra per la microzona 2. Le due zone si differenziano principalmente per la presenza o meno della formazione delle Cerbaie nella colonna stratigrafica di riferimento (Fig. 16 e 17 - estratti TAV 12-RU - Carta MOPS e TAV. 11-RU - Stratigrafie caratteristiche delle MOPS).

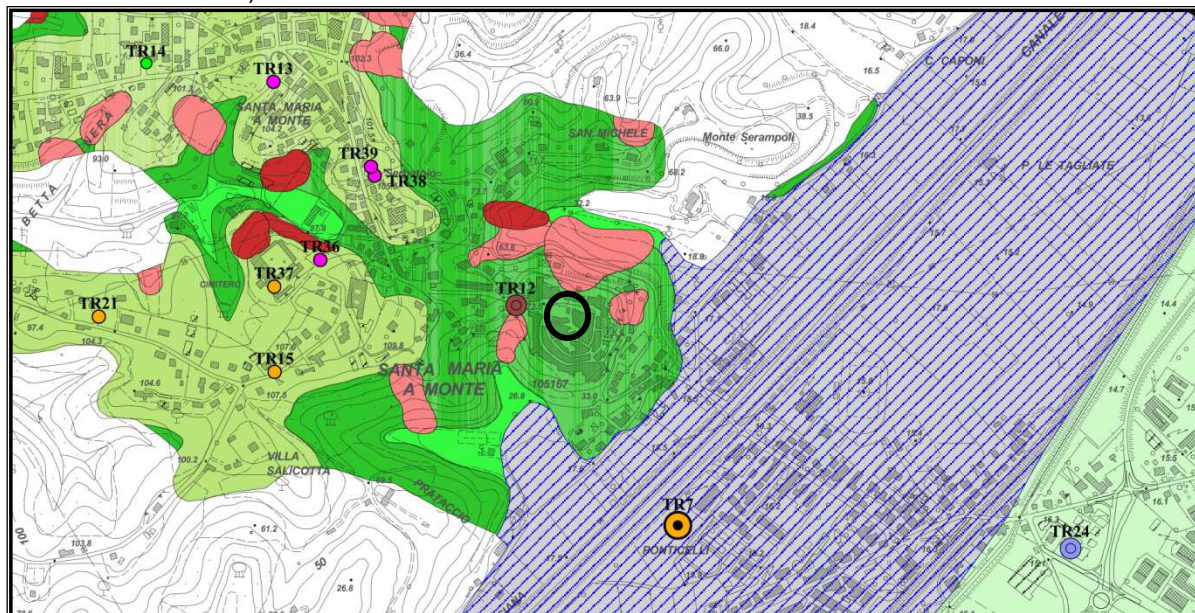
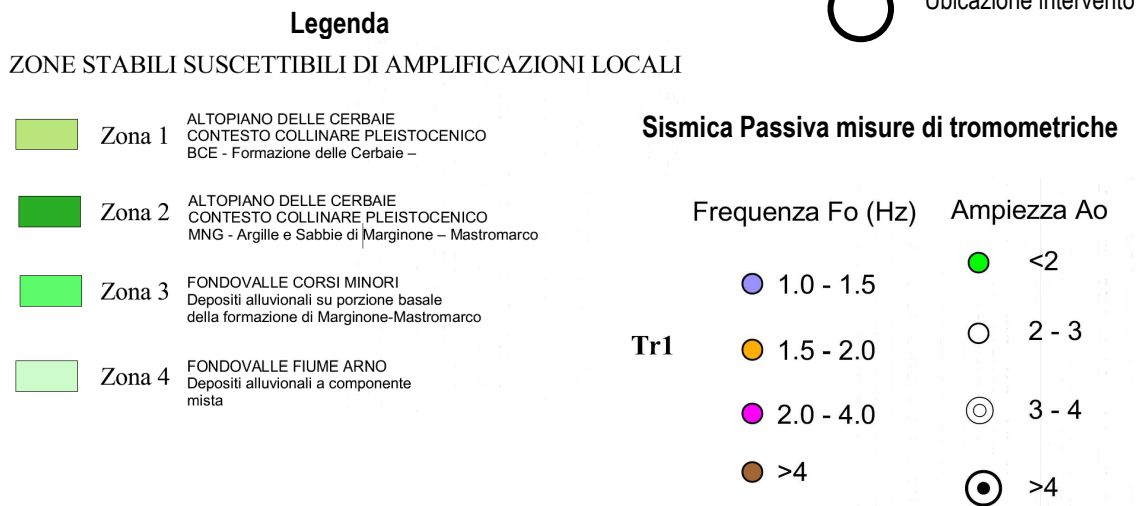


Fig. 16 - estratto TAV. 12-RU – carta MOPS



La colonna stratigrafica tipo della zona 2 è caratterizzata a partire dal piano di campagna dalla formazione MNG con sabbie limose e limi sabbiosi, di spessore generalmente inferiore ai 20 m, cui segue un livello, abbastanza continuo, di circa 7/8 di conglomerati tendenzialmente cementati, molto consistenti. Sotto i conglomerati, la colonna stratigrafica prosegue, con un livello di circa 20 m di argille – argille limose e un secondo livello di conglomerati, cui seguano, con una potenza di circa 50 m, terreni coesivi, generalmente argille e argille limose, con intercalazioni di lenti o piccoli livelli di

sabbie e/o ghiaie tendenzialmente non produttive. Questi ultimi terreni coesivi segnano la fine del Villafranchiano e risultano da poco a mediamente consistenti.

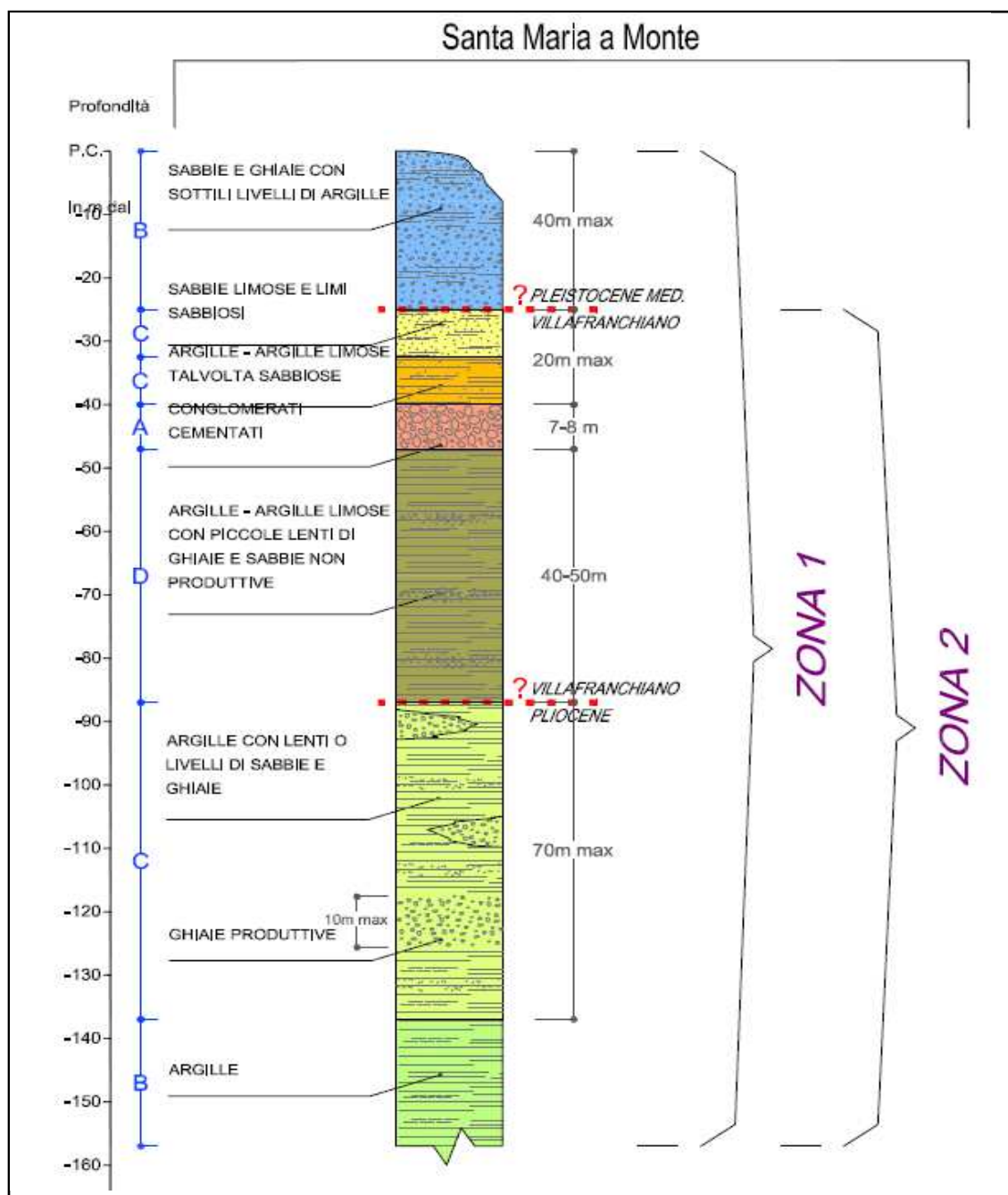












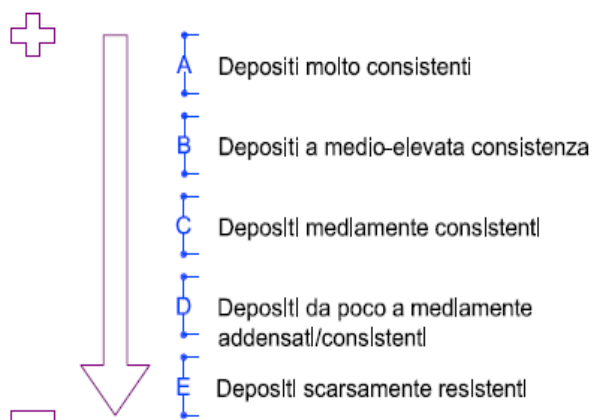


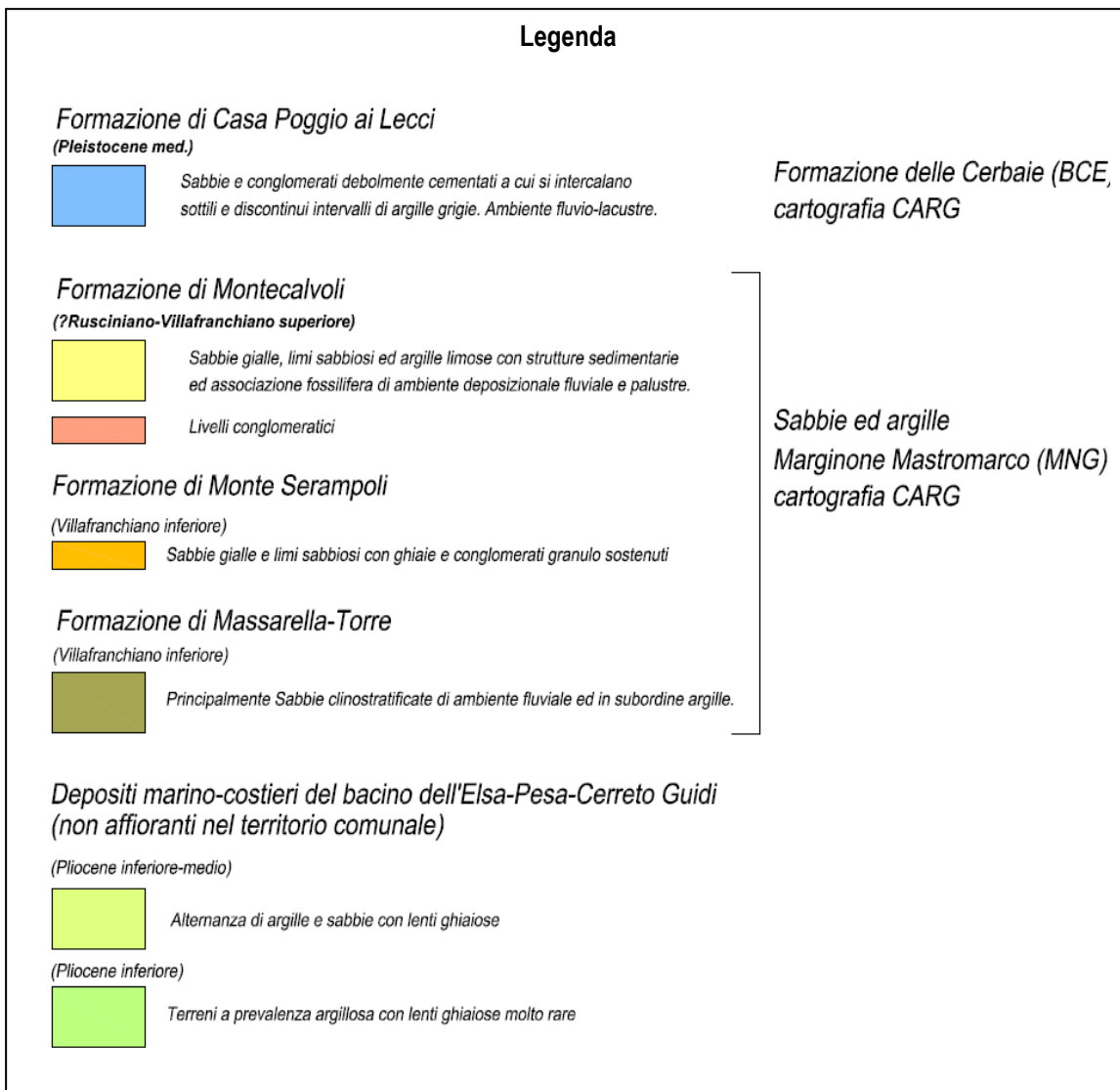
Fig. 17 - estratto TAV. 11-RU - Stratigrafie caratteristiche delle MOPS

LEGENDA LITOLOGICA

	Argille - argille limose talvolta sabbiose		Sabbie e ghiaie con sottili livelli di argille
	Argille e argille limose con lenti di sabbie e ghiaie non produttive		Sabbie limose e limi sabbiosi
	Argille con lenti o livelli di sabbie e ghiaie		Sabbie
	Argille e argille limose con possibili livelli di sabbia		Conglomerati cementati
	Argille con ghiaietto sparso		Ghiaie / Ghiaie produttive
	Argille		
	Argille - argille torbose		

CLASSI DI CONSISTENZA:





Per la redazione del Piano Strutturale comunale, al fine di individuare qualitativamente le zone caratterizzate o meno da fenomeni di risonanza significativi e quelle caratterizzate da alti contrasti d'impedenza, sono state eseguite dalla So.Ge.T snc alcune indagini di registrazione del microtremore sismico ambientale. Le registrazioni delle misure di rumore sismico ambientale hanno permesso l'individuazione della frequenza fondamentale dei depositi del sottosuolo, attraverso la metodologia di Nogoshi & Igarashi (1970) o tecnica dei rapporti spettrali HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*), perfezionata in seguito da Nakamura (1989), con conseguente redazione della Carta delle frequenze fondamentali dei depositi - Tav. 11 PS e Tav. 12 RU.

Il rapporto H/V fornisce inoltre una stima qualitativa, relativa dell'entità del contrasto d'impedenza sismica (del tipo *Alto* o *Basso*).

H/V > 3 <i>Alto contrasto</i>
2 < H/V < 3 <i>basso contrasto</i>

La¹² tabella seguente riporta il confronto tra lo spessore delle coperture stimate e le frequenze fondamentali.

f_0 (Hz)	h (m)
< 1	> 100
1 – 2	100 – 50
2 – 3	50 – 30
3 – 5	30 – 20
5 – 8	20 – 10
8 – 10	10 – 5
> 20	< 5

Tabella – Abaco per la stima dello spessore delle coperture (h) a partire dai valori delle frequenze di risonanza (f_0) determinate dalle misure H/V - tratto dal lavoro di Alberello et alii, 2010¹³

Di seguito si riportano le principali caratteristiche della misura di HVSR registrata nella sottostante piazza Vittoria.

n° indagine	Ubicazione	Frequenza (Hz)	Ampiezza	Classe e Tipo della misurazione
HVSR_12	Zona collinare SMM	8.44 ± 0.35	3.27	A 1

La determinazione della frequenza di risonanza caratteristica del sito f_0 è un parametro fondamentale:

- Per evidenziare la presenza nel sottosuolo di contrasti nella velocità di propagazione delle onde di taglio (V_s), all'interno delle coperture sedimentarie, che possono rappresentare l'origine di fenomeni amplificativi del moto sismico in superficie.
- Per evitare l'effetto denominato "doppia risonanza¹⁴", che si verifica quando la frequenza fondamentale del terreno di fondazione è molto simile o uguale alla frequenza dell'edificio, in tal caso si produce un aumento considerevole delle sollecitazioni agenti sull'edificio e quindi del danno che questo può subire.

La valutazione della qualità e rappresentatività delle misure H/V è stata compiuta secondo i criteri del progetto SESAME (Site EffectS assessment using Ambient Excitations) e quelli più restrittivi della classificazione di Alberello & Castellaro¹⁵.

¹² Si tenga presente che l'utilizzo di questo abaco non può sostituire le analisi di dettaglio, ma fornisce indicazioni preliminari sulla struttura del sottosuolo (profondità delle interfacce risonanti).

¹³ *The contribution of the ambient vibration prospecting in seismic microzoning: an example from the area damaged by the 26th April 2009 l'Aquila (Italy) earthquake*, Boll. Geofis. Teor. Appl. N. 52

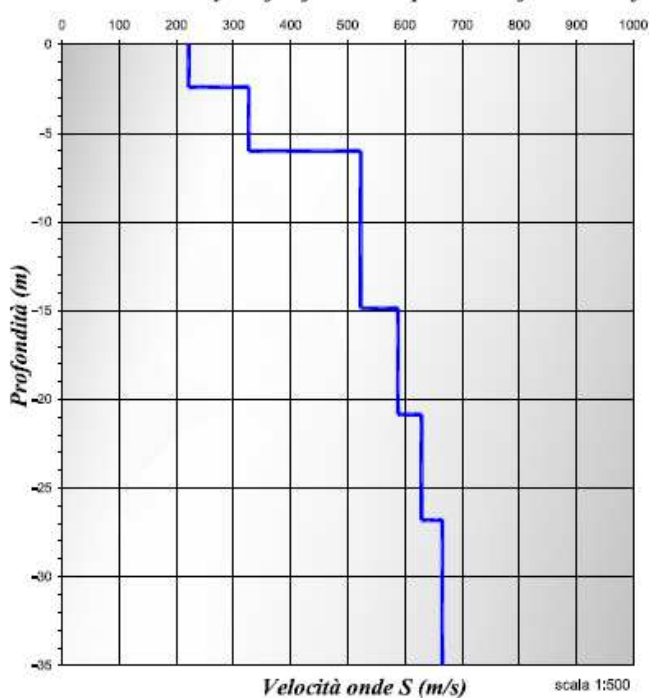
¹⁴ fenomeno di accoppiamento tra due modalità di vibrazione: quella del terreno e quella dell'edificio.

¹⁵ D. Alberello & S. Castellaro – tecniche sismiche passive indagini a stazione singola in *Supplemento alla rivista Ingegneria Sismica* anno XXVIII, n.2/2011.

La misura HVSR_12, eseguita in piazza Vittoria, caratterizzata da un picco d'ampiezza pari 3.27 con frequenza sopra a 8 Hz, potrebbe essere indicativa di una discontinuità importante nel sottosuolo posta a circa 10 - 12 m dal piano di campagna, dove, di fatto, numerose indagini collocano il tetto dei conglomerati cementati della formazione MNG.

La prova Re.Mi. eseguita con orientazione W-E (Fig. 18 – estratto Tav. 2a - RU), all'interno di Piazza della Vittoria evidenzia un primo strato di circa 2 metri con velocità intorno a 200 m/s ed un secondo strato dello spessore di circa 3 metri con velocità di poco superiore a 300 m/s. Inferiormente si registrano terreni con velocità sismica delle onde S superiore a 500 m/s, con graduale aumento procedendo verso il basso. Di seguito si riportano i dati estratti dall'indagine per le velocità sismiche (onde S) derivate dall'analisi Re.Mi. (Refraction Microtremor):

Shear-Wave Velocity Profile from SeisOpt ReMi Software Analysis

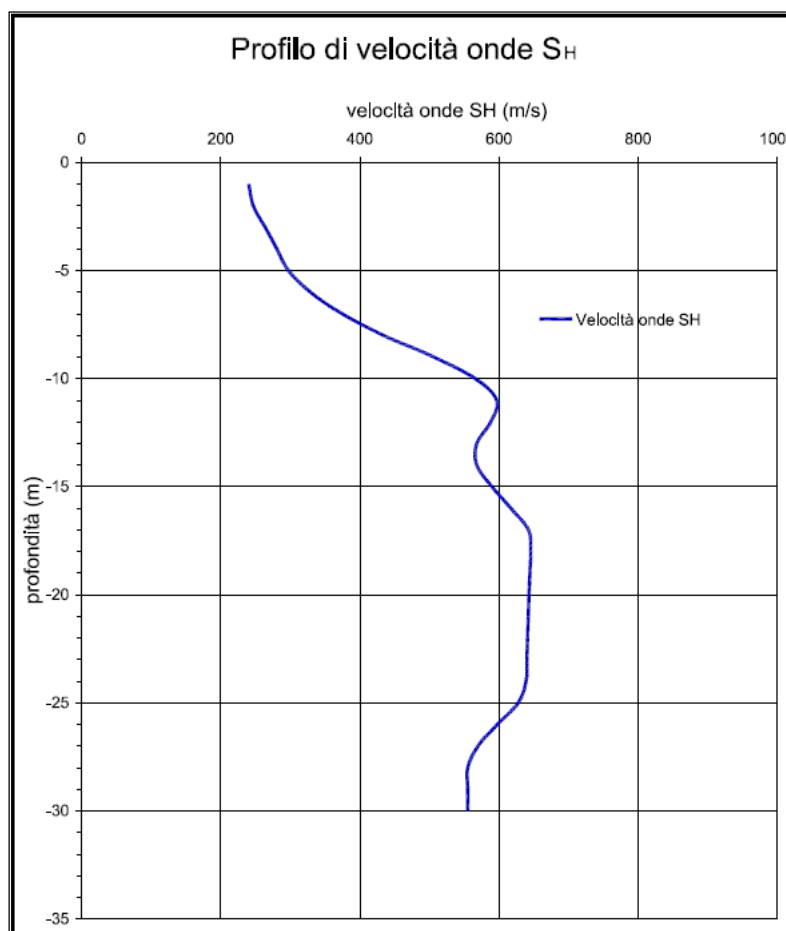


profondità da p.c. (m)	profondità da p.c. (m)	velocità onde S (m/s)
0,0	2,4	222
2,4	6,0	328
6,0	14,9	524
14,9	20,8	590
20,8	26,8	631
26,8	~35	668

— Vs Refraction Microtremor,

Le profondità indagate non hanno rivelato un substrato sismico caratterizzato da velocità superiori a 800 m/s.

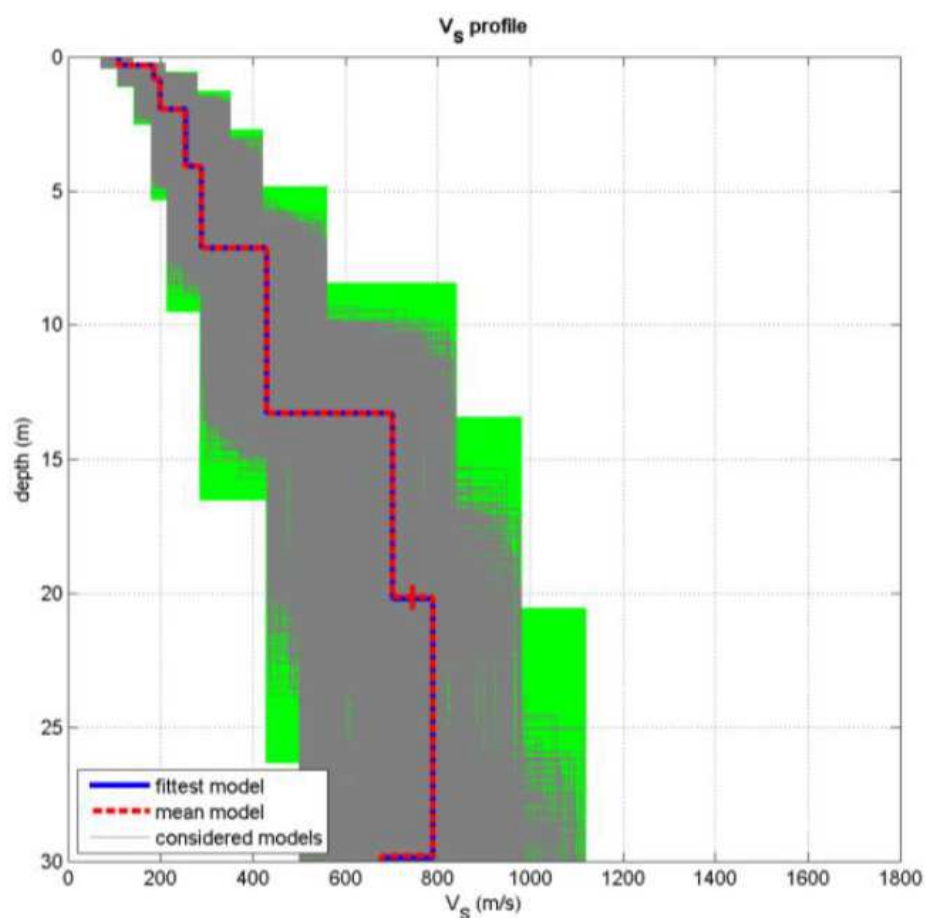
Analoghi risultati sono stati forniti dalla prova a carotaggio sismico down-hole Fig. 18 – estratto Tav. 2a - RU), di cui si riporta di seguito il profilo delle velocità delle onde di taglio:



Entrambe le indagini sono state eseguite dallo Studio di geologia e geofisica S.r.l. nel 2008, per lo studio associato Geoprogetti, riportate nei dati di base del Piano Strutturale e Regolamento Urbanistico comunale per dare un quadro esaustivo della situazione.

Nel gennaio 2022 per il progetto in oggetto è stata eseguita una prova sismica MASW sull'area della rocca, tale indagine ha evidenziato dei sismo strati che nelle profondità indagate non superano mai la velocità di 800 m/s ed evidenziano velocità sempre crescenti con la profondità.

MASW STR210122A S.Maria a Monte (modello medio)	Profondità		Spessore (h_i)	Veolocità ($V_{s,i}$)	$h_i/V_{s,i}$
	da (m)	a (m)	(metri)	(m/s)	(-)
Sismostrato 1	0.00	0.30	0.30	110	0.0027
Sismostrato 2	0.30	0.80	0.50	185	0.0027
Sismostrato 3	0.80	1.90	1.10	200	0.0055
Sismostrato 4	1.90	4.00	2.10	254	0.0083
Sismostrato 5	4.00	7.00	3.00	290	0.0103
Sismostrato 6	7.00	13.20	6.20	431	0.0144
Sismostrato 7	13.20	20.10	6.90	702	0.0098
Sismostrato 8	20.10	29.80	9.70	789	0.0123
Sismostrato 9	29.80	30.00	0.20	678	0.0003



Ai sensi delle NTC 2018 (§ 3.2.2.) occorre evidenziare che:

- *L'azione sismica di progetto, va definita attraverso specifiche analisi di RSL (risposta sismica locale), da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3 delle stesse NTC. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II (delle NTC), si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_s ;*
- *I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità V_s per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2;*
- *La classificazione del sottosuolo (approccio semplificato) si effettua in base alle condizioni stratigrafiche e ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:*

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

con:

h_i = spessore dell' i -esimo strato;

$V_{S,i}$ = velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato;

N = numero di strati;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s.

- Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano d'imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali;
- Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Detto questo occorre evidenziare che l'indagine geofisica eseguita non ha rilevato, per le profondità indagate, un substrato sismico caratterizzato da velocità superiori a 800 m/s.

Per una visualizzazione numerica completa delle caratteristiche della prospezione si rimanda al relativo allegato.

7 – INDAGINI GEOGNOSTICHE E MODELLO GEOLOGICO

Indagini pregresse

Per la redazione del presente studio sono state esaminate le campagne geognostiche eseguite, in adiacenza all'area in studio (Fig. 12 – estratto Tav. 2a - RU), negli anni 1994, 2006, 2008 e 2014 che costituiscono parte dei dati di base su cui è stato eseguito lo studio geologico della variante generale del RU. Tali dati possono essere consultati al seguente link: <https://www.comune.santamariaamonte.pi.it/uffici-comunali/settore-3---politiche-del-territorio/ufficio-urbanistica/variante-al-regolamento-urbanistico/5659>.

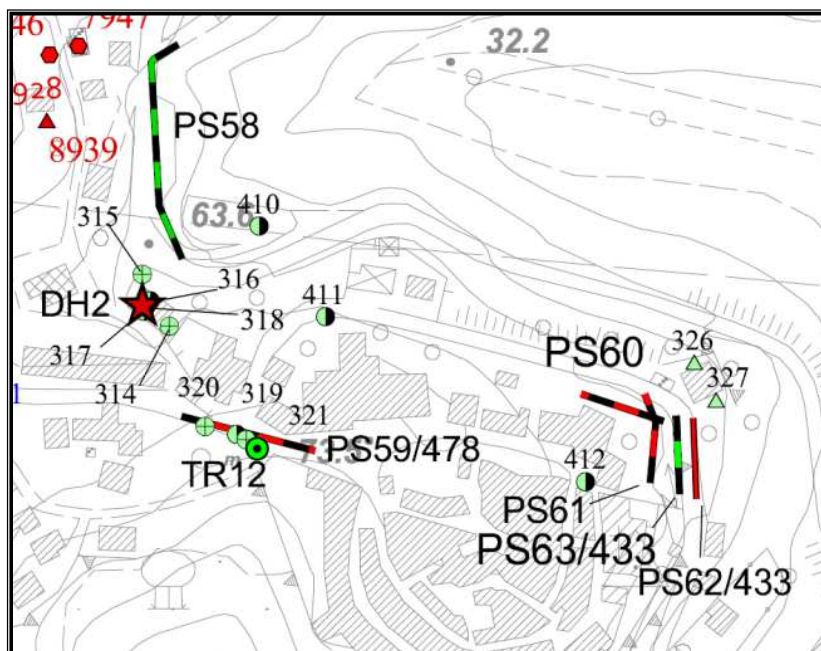


Fig. 18 - estratto TAV. 2a- U – carta dei dati di base

Allegato 1

Indagini geonostiche reperite presso l'archivio comunale

num da 1 a 606

- ▲ Prova penetrometrica dinamica
- Sondaggio a carotaggio continuo
- Prova penetrometrica statica
- Saggio geonostico

Allegato 2

Indagini geonostiche estratte dal database del P.T.C. della Provincia di Pisa

num compresi tra 1277 e 9633

- Prova penetrometrica statica
- Sondaggio a carotaggio continuo
- ▲ Prova penetrometrica dinamica
- Stratigrafia Pozzo

Allegato 3

Profili sismici e geoelettrici reperiti presso l'archivio comunale

- num PS39/377 V_{s30} m/s Masw
- PS43 Tomografia sismica
- PS58 Tomografia elettrica

Allegato 4

4a - Indagini sismiche puntuali eseguite a supporto del Piano Strutturale

- Tr1/Tr35 ● Sismica passiva (tromometrie)
- Dh1/Dh6 ★ Down hole

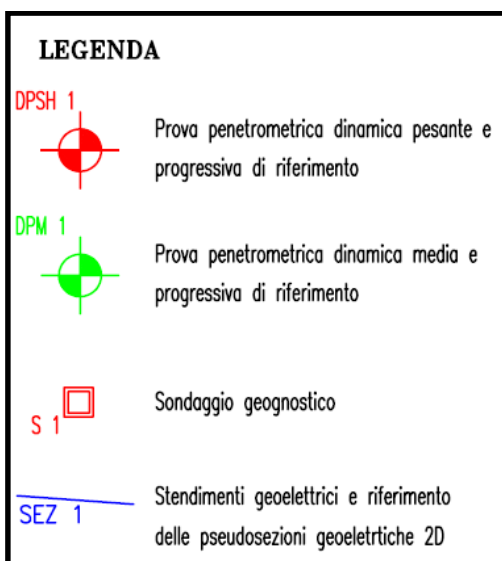
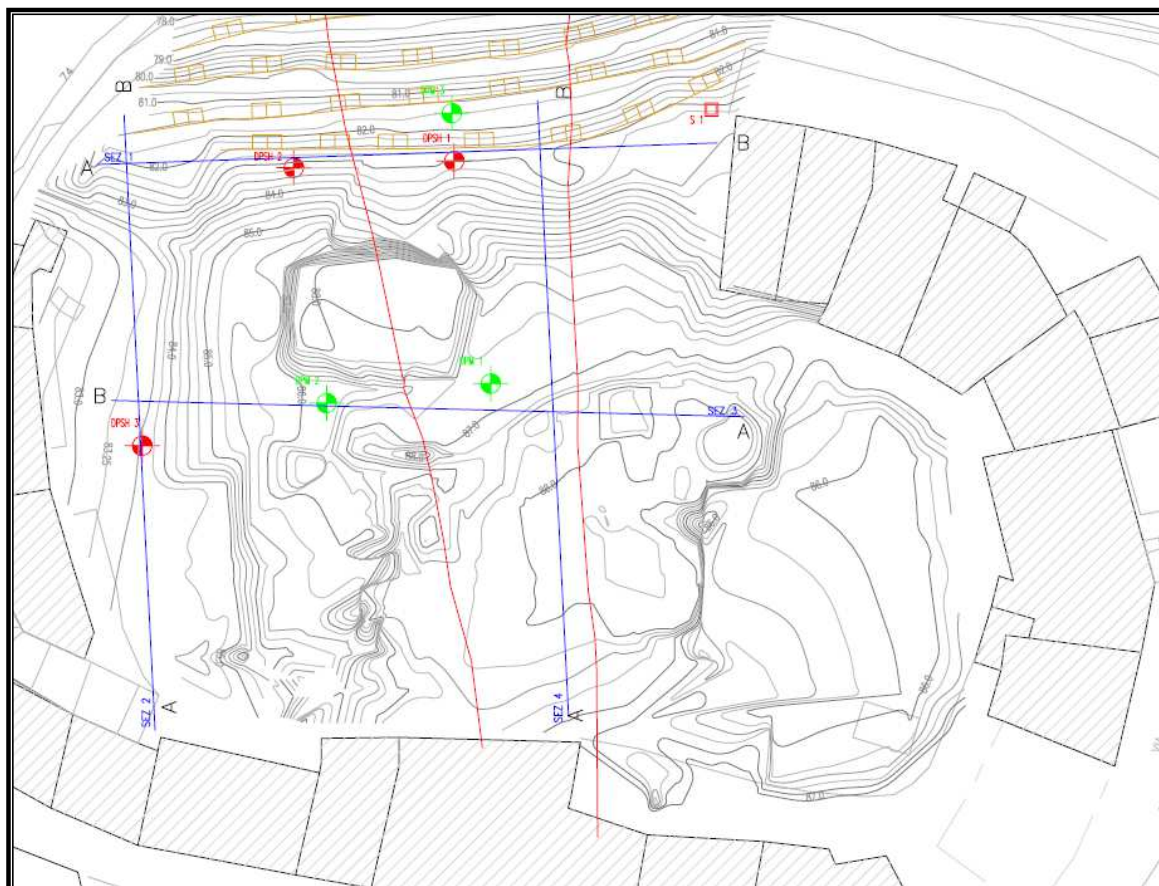
4b - Indagini sismiche puntuali reperite presso l'archivio comunale

- Tr36/Tr42 ● Sismica passiva (tromometrie)

4c - Indagini sismiche puntuali eseguite a supporto del Regolamento Urbanistico

- Tr43/Tr46 ● Sismica passiva (tromometrie)

Alle suddette prove, si uniscono quelle eseguite, nel 2005 direttamente sulla Rocca, dal Geol M. Perini, in allegato si riportano i rapporti di prova, di seguito un estratto della loro ubicazione e dell'andamento della resistenza penetrometrica media in corrispondenza delle sezioni 1 e 3 .



DPSH1 (quota 83.0)				DPM3 (quota 81.75)				DPSH2 (quota 83.0)			
Prof. (m)	N _{SPT}	Rpd (Kg/cm ²)	N _{SPT}	Prof. (m)	N _{SPT}	Rpd (Kg/cm ²)	N _{SPT}	Prof. (m)	N _{SPT}	Rpd (Kg/cm ²)	N _{SPT}
0-0.3	8	59.6	10					0-0.3	3	22.3	4
0.3-0.9	63	469.2	79					0.3-0.9	20	223.4	25
0.9-1.2	90	634.3	113					0.9-1.2	77	542.7	97
1.2-1.5	>100	>704.8	>126					1.2-2.4	38.5	263.3	48
Sezione 1				0-0.6	3	11.8	2				
				0.6-1.7	31	114.8	24	2.4-2.7	75	501.7	94
				1.7-2.2	13	46.4	10	2.7-3.6	28	160.5	35
				2.2-2.6	24.5	85.2	18	3.6-4.2	81.5	160.5	103
				2.6-2.9	53	180.5	41				
				2.9-3.0	90	296.1	69	4.2-4.5	>100	>704.8	>126

DPSH3 (quota 83.5)				DPM2 (quota 86.25)				DPM1 (quota 86.75)			
Prof. (m)	N _{SPT}	Rpd (Kg/cm ²)	N _{SPT}	Prof. (m)	N _{SPT}	Rpd (Kg/cm ²)	N _{SPT}	Prof. (m)	N _{SPT}	Rpd (Kg/cm ²)	N _{SPT}
								0-0.4	4	17.6	3
								0.4-0.6	18.5	72.5	14
				0-0.3	6	24.8	5	0.6-0.9	51	197.8	39
				0.3-0.5	22.5	88.2	17	0.9-1.0	96	353.7	73
				0.5-0.9	69.5	268.8	53				
				0.9-1.0	90	331.6	69				
0-0.6	11.5	85.7	14								
0.6-2.1	55	386.6	69								
2.1-3.0	64	428.1	80								
1.2-1.5	>100	>704.8	>126								
Sezione 3											

Prove penetrometriche 2005 (Geol. M. Perini)

Indagini attuali

Nel gennaio del 2022, sono state eseguite, dalle ditte Bierregi srl di Lucca (Auto. N. 00007476), le seguenti indagini, agli atti Prot. 2329/2022:

- n° 1 Prova penetrometrica dinamica pesante
- n° 1 Analisi Multicanale delle Onde Superficiali (MASW - Onde di Love).

Le indagini hanno consentito unitamente al quadro conoscitivo e a un rilevamento geo-morfologico, la ricostruzione del modello geologico di riferimento del sottosuolo.

I risultati di tutte le indagini sono riportati nel rapporto relativo allegato alla presente relazione quale parte integrante e sostanziale.

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. **Ai sensi delle NTC 2018, il modello geologico del sito servirà per la caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo.**

Le indagini geognostiche, eseguite il 21 gennaio 2022, sono state definite, congiuntamente all'ing. R. Pinelli, in relazione all'assetto geomorfologico, alla classe di fattibilità dell'area, sulla base delle pericolosità dedotte dal quadro conoscitivo e alla tipologia d'intervento, ai sensi del DPGR 36/R del 2009 e ss.mm.ii., ancora in vigore al momento dell'affidamento e dell'esecuzione.

La classe d'indagine attribuibile all'intervento è la classe 1 aumentata alla classe seconda perché l'edificio è considerato rilevante.

Tuttavia la RT con DPGR 1/R del 19/01/2022 ha approvato il nuovo "Regolamento di attuazione dell'articolo 181 della legge regionale 10 novembre 2014, n. 65 (Norme per il governo del territorio). Disciplina sulle modalità di svolgimento dell'attività di vigilanza e verifica delle opere e delle costruzioni in zone soggette a rischio sismico" entrato in vigore il 20 febbraio 2022.

A tal proposito si può affermare che le indagini effettuate sono ammissibili anche secondo la nuova normativa ed in particolare all'allegato 1 del DPGR 1/R/2022 "Linee guida sulle tipologie e classi di indagini geologiche, geofisiche e geotecniche da allegare ai progetti da presentare ai sensi dell'art. 3 del reg.1R/2022".

Modello geologico di riferimento del sito

In superficie con spessore variabile, tendenzialmente di circa 0.8 m è presente un terreno vegetale. Il materiale che compone questo strato è prevalentemente costituito da limi sabbiosi e limi argillosi.

Il piano fondale dovrà essere posto sotto a questo livello.

STRATO 1 sotto il terreno vegetale si trovano terreni essenzialmente costituiti da limi e sabbie argillosi, caratterizzati dalla presenza di noduli e/o livelli centimetrici cementati.

A questi terreni si possono attribuire i seguenti parametri geotecnici medi:

$N = \text{numero di colpi} = 20$

$C_u = \text{coesione non drenata} = 0.00 \text{ Kg/cm}^2$ essendo la natura prevalentemente granulare (certificazioni in appendice).

$\gamma = \text{peso dell'unità di volume} = 1.70 \text{ t/m}^3$

$\Phi = \text{angolo d'attrito} = 35^\circ$;

	Campione	N°	C ₁
Parametri fisici	Profondità	m	5.2-5.6
	Peso di volume naturale (γ_n)	Kg/cm ³	1.741 x 10 ³
	Contenuto d'acqua naturale (W_n)	%	25.6
Analisi granulometrica	Ghiaia	%	0.00
	Sabbia	%	13.00
	Limo	%	62.89
	Argilla	%	24.11
Limiti di Atterberg	Limite di liquidità (WL)	%	36
	Limite di plasticità (Wp)	%	24
	Limite di ritiro (Wr)	%	-
	Indice di plasticità (IP)	%	12
	Classificazione di Casagrande	%	CL-ML
Prova di taglio C.D.	Angolo d'attrito efficace (ϕ)	°	35°
	Coazione efficace (C')	Kg/cm ²	0.00

All'interno di questi terreni, durante la campagna geognostica del 2005, è stato prelevato il campione indisturbato C1 e sottoposto ad analisi di laboratori (certificazioni in appendice).

La percentuale del passante al setaccio 0,075 mm (limite superiore del diametro dei granuli dei terreni a grana fine: Limi e argille) è molto alta quindi possiamo dire che tali terreni hanno grana fine e non grossolana.

Di conseguenza la loro classificazione può avvenire tramite l'utilizzo del diagramma di plasticità e dei limiti di Atterberg.

Estratto risultati di laboratorio per il campione C1 (da relazione Geol. M. Perini 2005)

Le indagini svolte indicano che un primo strato di questi terreni raggiunge mediamente la quota altimetrica di 81.5 s.m.l., subito dopo si trova un livello (STRATO 2) di limitato spessore circa 0.40 m costituito da sabbie pulite di colore giallo.

STRATO 2 – Sabbie pulite di colore giallo. A questo strato si possono attribuire i seguenti parametri geotecnici medi:

$N = \text{numero di colpi} = 34$

$C_u = \text{coesione non drenata} = 0.00 \text{ Kg/cm}^2$ essendo la natura prevalentemente granulare (certificazioni in appendice).

$\gamma = \text{peso dell'unità di volume} = 1.67 \text{ t/m}^3$

$\Phi = \text{angolo d'attrito} = 36^\circ$;

Al di sotto delle sabbie si ritrovano limi e sabbie argillosi, con uno spessore di circa 3.6 m al cui interno si rinviene un livello decimetrico (circa 40-50 cm) di argille (STRATO 3 rilevato ad un quota altimetrica mediamente di circa 80.40 s.l.m.)

STRATO 3 costituito da un livello di alcuni decimetri di argille abbastanza compatte cui si possono attribuire i seguenti parametri geotecnici medi:

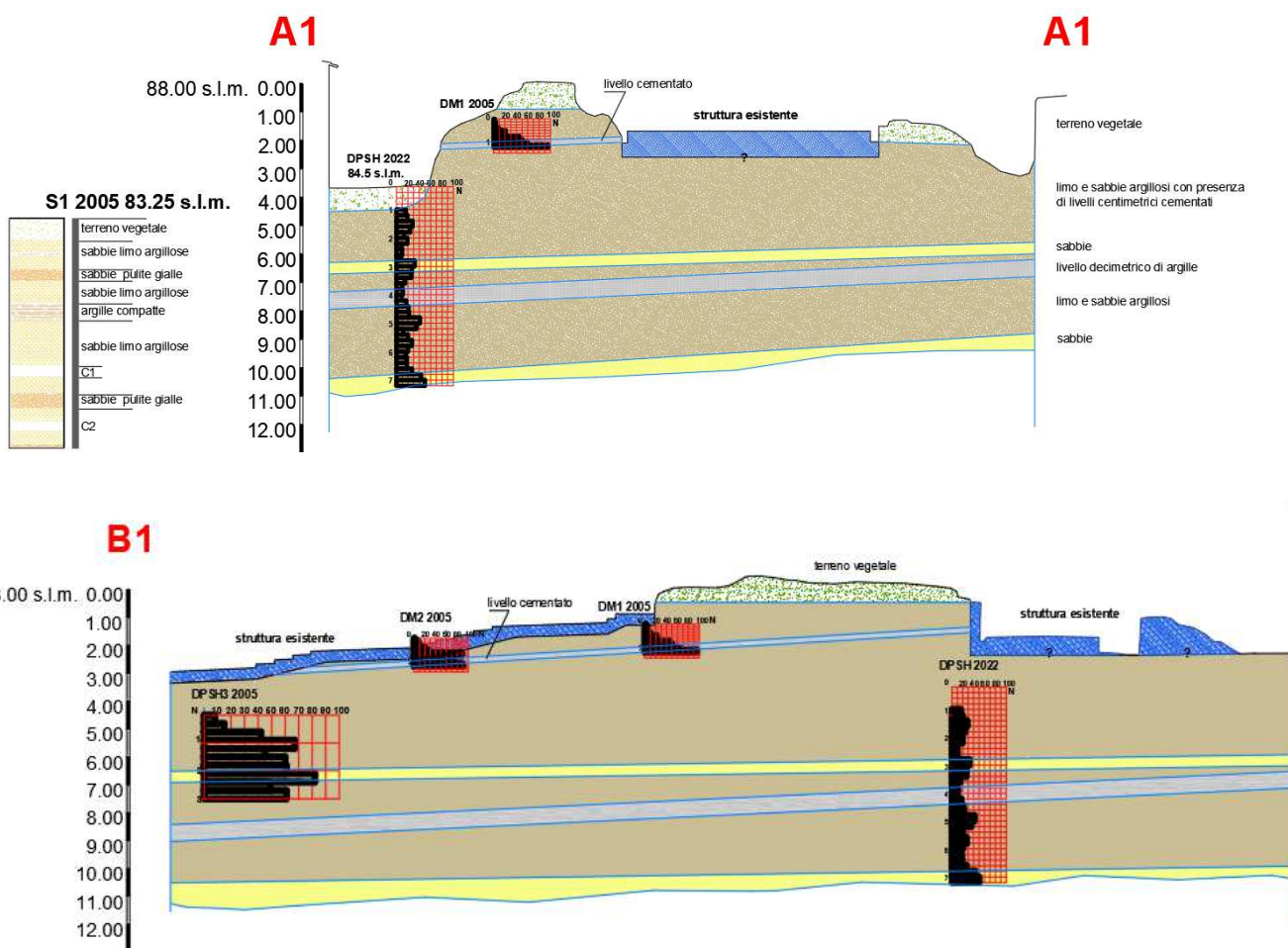
$N = \text{numero di colpi} = 12$

$C_u = \text{coesione non drenata} = 1.19 \text{ Kg/cm}^2$

$\gamma = \text{peso dell'unità di volume} = 1.98 \text{ t/m}^3$

$\Phi = \text{angolo d'attrito} = 0^\circ$ essendo la natura prevalentemente coesiva (certificazioni in appendice)

Le profondità investigate, con la prova penetrometrica dinamica pesante, (gennaio 2022) verosimilmente, riscontrano al termine un altro livello di sabbie molto compatte, il cui spessore non è stato possibile identificare per rifiuto dello strumento.



Detto questo, per avere un completo ed esaustivo quadro della parametrizzazione geotecnica dei terreni investigati, è utile far riferimento alle certificazioni delle prove geognostiche allegata in appendice.

8 – TERRE E ROCCE DA SCAVO

Le **TRS** (Terre e rocce da scavo) sono intrinsecamente dei rifiuti (disciplinate dalla parte IV del D.Lgs 152/2006), e quindi avviate allo smaltimento o al recupero (end of waste), salvo che non siano verificate condizioni particolari (esclusione dalla parte IV del D.Lgs 152/2006) in base alle quali esse possono assumere qualifiche diverse e conseguentemente essere sottoposte a un diverso regime giuridico, ad esempio:

- l'art. 185 comma 1) lett. c) del D.Lgs 152/2006 stabilisce che non rientra nell'applicazione della parte IV dello stesso decreto: *"Il suolo non contaminato e altro materiale allo stato naturale scavato nel corso di attività di costruzione, ove sia certo che esso sarà riutilizzato a fini di costruzione allo stato naturale e nello stesso sito in cui è stato scavato"*.
- l'art. 184 bis del D.Lgs 152/2006 e il DPR 120/2017 disciplinano il trattamento delle TRS come sottoprodotto.

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 interrati, 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.

In ragione di queste considerazioni e per verificare la non pericolosità ambientale dei terreni di scavo, durante la progettazione, si è ritenuto di procedere all'analisi chimica delle concentrazioni di alcuni elementi e composti, secondo le indicazioni dell'Allegato 4 del DPR 120/2017, i risultati delle analisi, sono agli atti Prot. 1544/2022, e riportati in appendice.

Per quanto riguarda la caratterizzazione del materiale in qualità di rifiuto, si tratta di un rifiuto speciale non pericoloso con codice CER 17.05.04.

Il progetto a cui si rimanda per ogni dettaglio, prevede di smaltire il materiale scavato come rifiuto, ai sensi della vigente normativa in materia, con particolare riferimento al D.Lgs 152/2006 art. 187.

9 – CONCLUSIONI E PRESCRIZIONI

Particolare cura dovrà essere posta alla regimazione delle acque meteoriche e di deflusso provenienti dall'area in progetto, durante l'intera fase di costruzione e posteriormente. Tutte le tubature di raccolta e scarico dovranno essere collegate alle tubature esistenti previa verifica di compatibilità. Lo scarico dei pluviali dovrà avvenire attraverso il non aggravio del recettore (invarianza idraulica), attraverso alcuni possibili accorgimenti:

- Realizzazione di opere di stoccaggio delle acque meteoriche per successivo riuso, anche solo parziale, (es. per irrigazione verde);
- Realizzazione di opere o aree d'infiltrazione (es. trincee d'infiltrazione).

Durante l'esecuzione dei lavori, oltre a quanto già rilevato e prescritto, dovranno essere scrupolosamente osservate le seguenti norme tecniche:

- 1) Non dovranno essere creati ostacoli al normale deflusso delle acque meteoriche, assicurando la corretta regimazione delle acque, al fine di evitare fenomeni di ristagno o di erosione;
- 2) Nelle aree di cantiere ove si eseguono scavi dovrà essere assicurato l'allontanamento delle acque meteoriche e provenienti dalle zone circostanti anche mediante appositi fossi o fossetti di guardia;
- 3) Durante l'esecuzione degli scavi non dovranno essere create le condizioni di rischio per il verificarsi di smottamenti od altri movimenti gravitativi, per tali ragioni gli stessi movimenti di terreno dovranno essere eseguiti in stagioni a minimo rischio pioggia, procedendo per stati di avanzamento tali da consentire il consolidamento dei fronti;
- 4) L'intera area di scavo e le scarpate andranno, compatibilmente con l'avanzamento dei lavori, subito inerbite utilizzando varietà autoctone.

La presente relazione fornisce il modello geologico di riferimento del sito, e valuta la fattibilità dell'opera in progetto con la situazione geologica riscontrata, evidenzia le prescrizioni e i criteri cui attenersi nella realizzazione dell'opera.

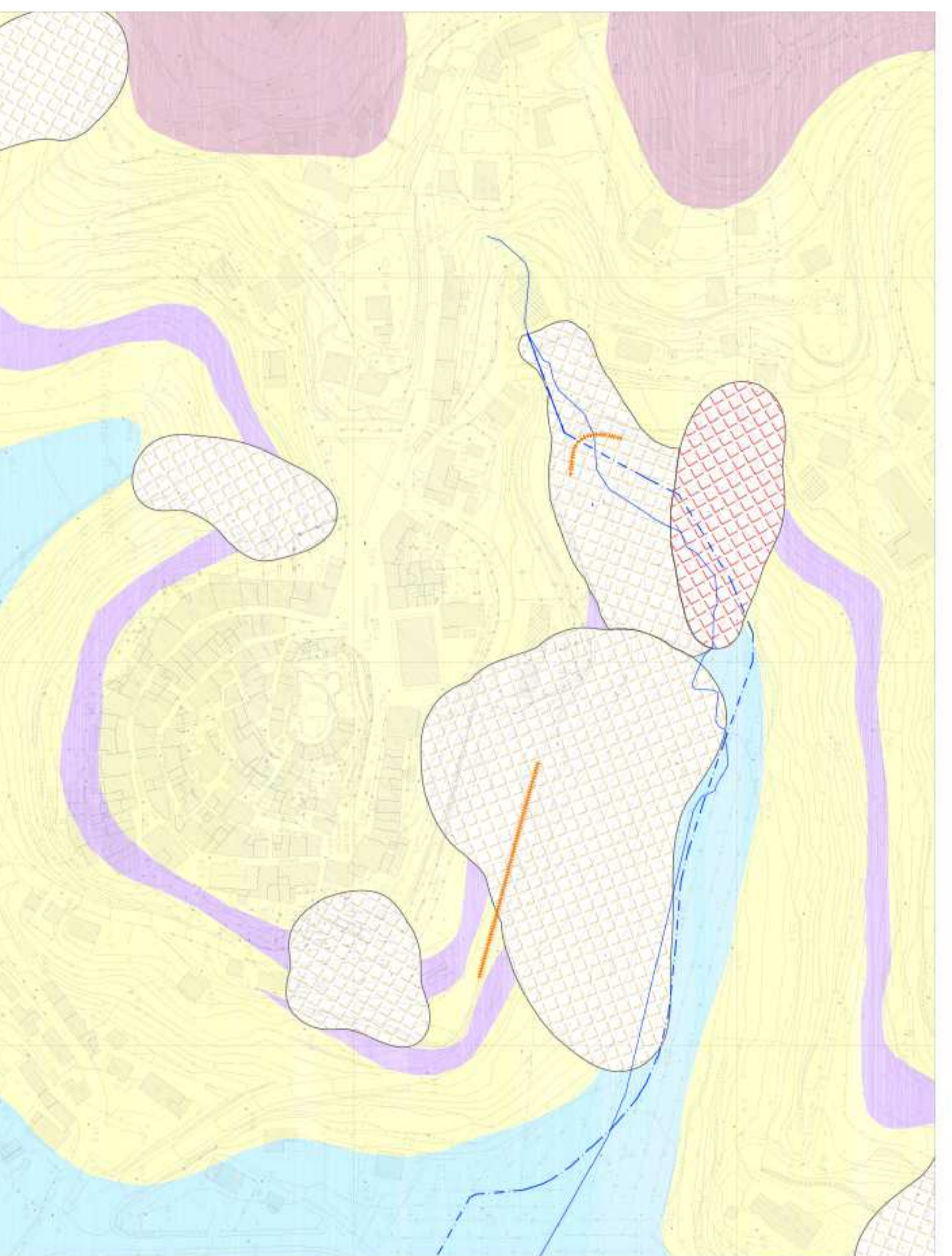
Santa Maria a Monte, marzo 2022

Dott. Giannetti geol. Alessandra



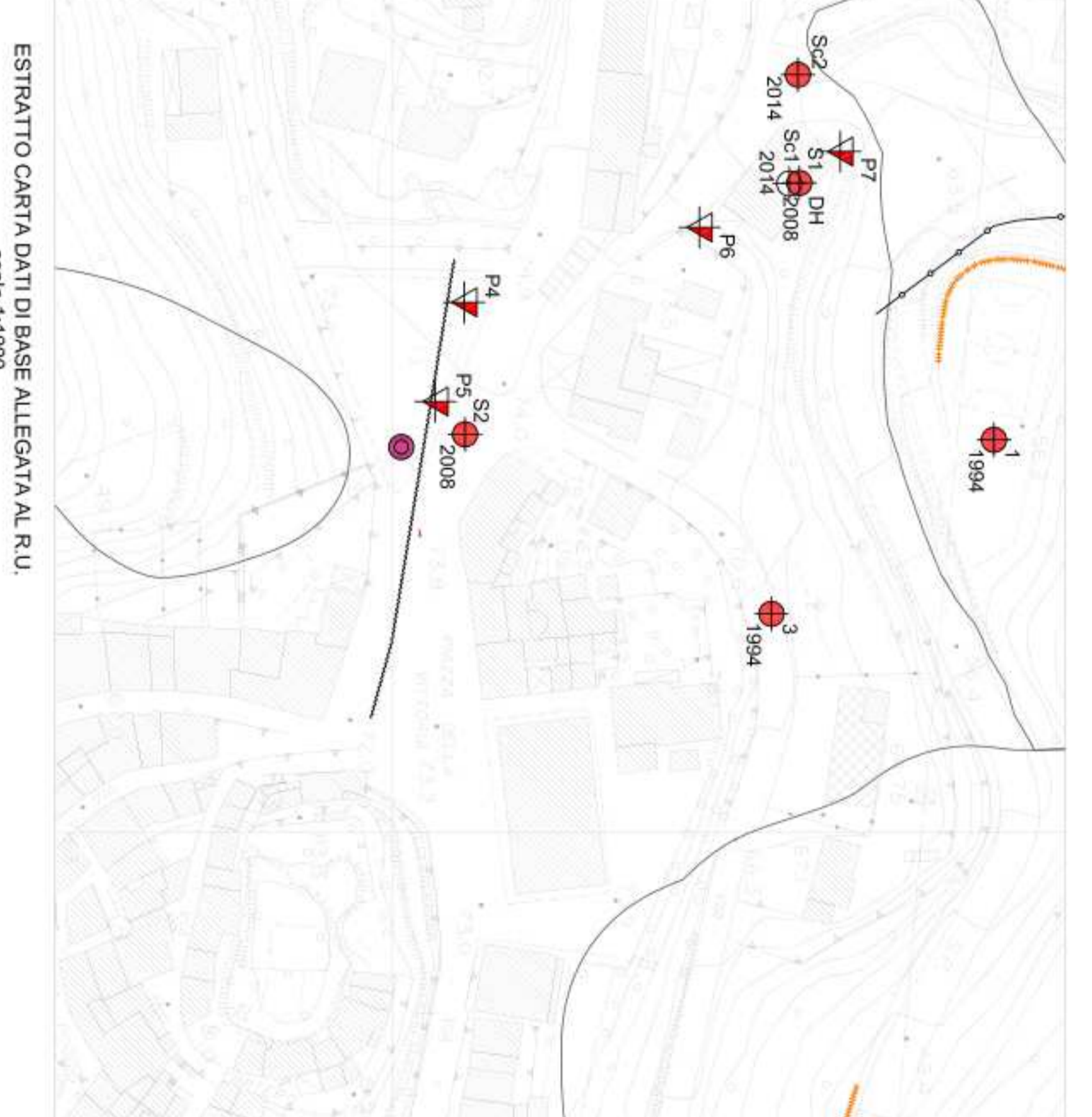
TAVOLA UNICA ALLEGATA ALLA RELAZIONE GEOLOGICA A SUPPORTO DEL PROGETTO RECUPERO E RIFUNZIONALIZZAZIONE DI EDIFICIO STORICO DA DESTINARSI A MUSEO E COLLEGAMENTO CON PERCORSO ACCESSIBILE ALL'AREA ARCHEOLOGICA DELLA ROCCA*

Geol. Alessandra Giannelli
Servizio L.P.P.
Cantieri di Santa Maria a Monte



Legenda

- Depositi alluvionali attuali e recenti (Quaternario)
- BCE - Formazione delle Cerbaie - Pleistocene medio
- MNG - Argille e Sabbie di Margnone - Mastromarco - con presenza di litofacies conglomeratica (cg) - Rusciano Sup? - Villafraichiano Sup.
- Litofacies conglomeratica (cg) all'interno della formazione MNG
- Movimento gravitativo quiescente (PF3 del PAI)
- Movimento gravitativo attivo (PF4 del PAI)
- Andamento attuale del Rio delle Serre (BV7152)
- Vecchio andamento del Rio delle Serre
- Geoblok



ESTRATTO CARTA DATI DI BASE ALLEGATA AL R.U.
scala 1:1000



Legenda

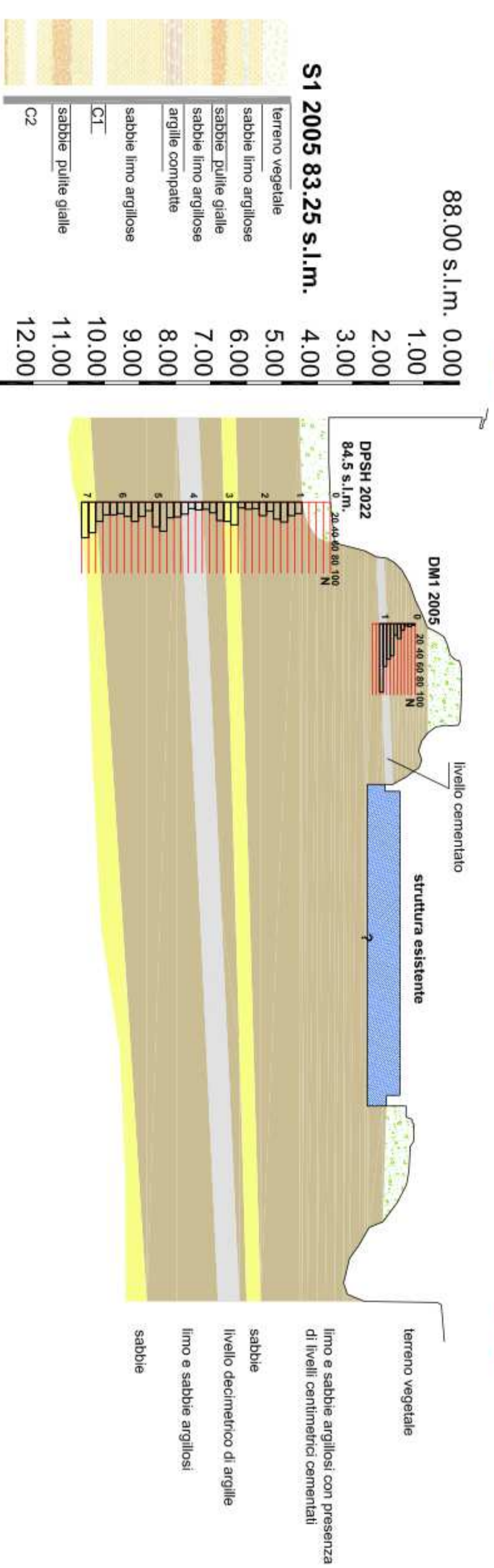
- Sondaggio a distruzione di nucleo
- Sondaggio a carotaggio continuo 1994 anno di associazione
- Prova sismica in foro tipo Downhole
- Prova penetrometrica statica
- Prova penetrometrica dinamica pesante
- Prova penetrometrica dinamica
- Tomografia elettrica (ERT)
- Prova Remi (RM)
- Misurazione HVSR

febbraio 2022

A1

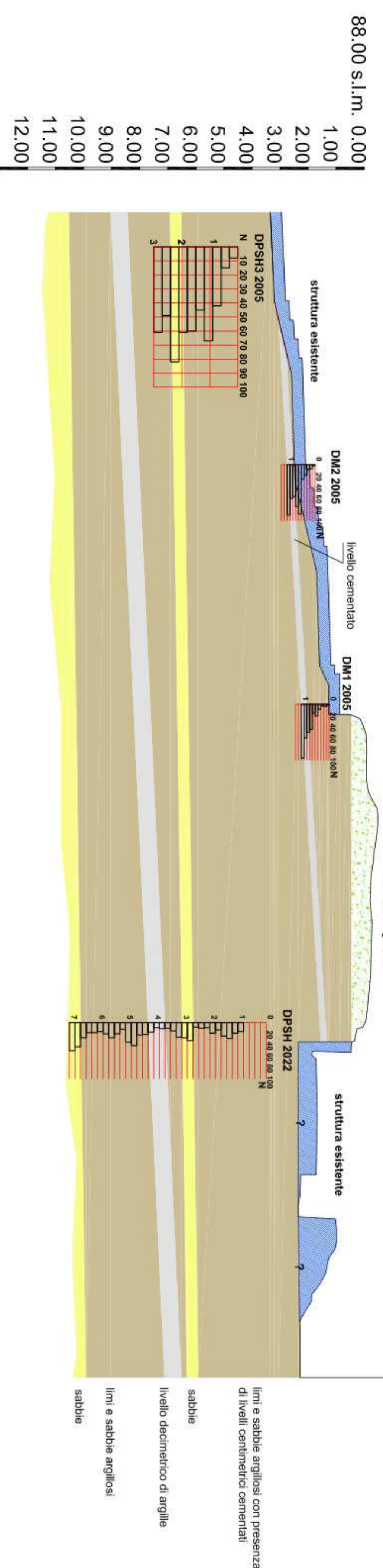
SEZIONE A1-A1 STRATIGRAFICA INTERPRETATIVA
scala 1:100

A1



B1

SEZIONE B1-B1 STRATIGRAFICA INTERPRETATIVA
scala 1:100



CARTA PROVE GEONOSTICHE ROCCA
2005-2008
scala 1:100



Legenda

- Terreno vegetale
- limi e sabbie argillose con presenza di livelli centimetrici cementati
- Sabbie
- Argille