

COMUNE DI BARBERINO DI MUGELLO



PROGETTO DI REALIZZAZIONE PUNTO RISTORO E SERVIZI IGIENICI PRESSO IL CAMPO SPORTIVO S.BANTI - PROGETTO ESECUTIVO

Tavola n° 2.1

Proprietà: COMUNE DI BARBERINO DI MUGELLO

Il R.U.P.: Arch Alessandro Bertaccini

Il geologo: Francesco Calderini

Oggetto: RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

Data: Dicembre 2017

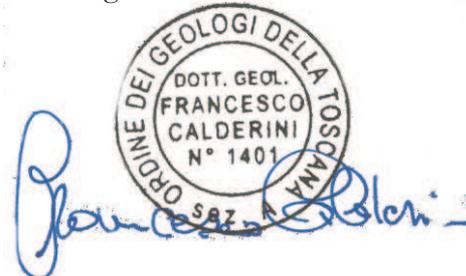
**RELAZIONE GEOLOGICA
REALIZZAZIONE DI UN
FABBRICATO ADIBITO A
ZONA RISTORO E SERVIZI
IGIENICI E DI UNA
RECINZIONE**

**REGIONE TOSCANA
CITTA' METROPOLITANA DI FIRENZE
COMUNE DI BARBERINO DI
MUGELLO
LOCALITA' CAPOLUOGO, CAMPO
SPORTIVO COMUNALE "S. BANTI"
via del Pozzo**



giugno 2017

dott. geol. Francesco Calderini



Committenza:
Comune di Barberino di Mugello

INDICE

PARAGRAFI

| | |
|---|-------|
| 1. Premessa | pg. 3 |
| 1.1. Inquadramento vincolistico, pianificatorio e urbanistico | 4 |
| 1.2. Classe e metodologia d'indagine | 7 |
| 2. Inquadramento geologico | 8 |
| 3. Aspetti geomorfologici | 9 |
| 4. Aspetti idraulici | 10 |
| 5. Aspetti idrogeologici | 10 |
| 6. Aspetti sismici e modello sismostratigrafico | 10 |
| 7. Indagini geognostiche | 19 |
| 8. Parametrizzazione geotecnica | 23 |
| 9. Modello geologico-geotecnico | 24 |
| 10. Osservazioni conclusive | 24 |

ALLEGATI

- A) Elaborati parametri sismici
- B) Elaborati MASW
- C) Elaborati prova penetrometrica CPT
- D) Sezione interpretativa

1. Premessa

Su incarico ricevuto dalla Committenza è stata condotta un'indagine geologica nel Comune di Barberino di Mugello (FI), in località capoluogo, dove nell'ambito del progetto di riqualificazione ed adeguamento della struttura sportiva "campo sportivo comunale S. Banti", si prevede di realizzare, previa rimozione dell'esistente, un nuovo fabbricato destinato a ristoro e servizi igienici ed un nuovo cordolo di fondazione della recinzione che separa il campo di gioco dalla tribuna.

Il fabbricato in progetto, ad un solo piano fuori terra, ha un volume di circa 420 m³.

Per dettagli tecnici più specifici riguardanti l'intervento si rimanda ai corrispondenti elaborati progettuali. Lo studio effettuato trova i presupposti nella normativa di seguito sinteticamente elencata:

- d.m. 14 gennaio 2008: "Nuove" Norme Tecniche per le Costruzioni;
- Circolare "finalissima" M.I.T.- C.S.L.P. del 2 febbraio 2009, n. 617;
- Circolare M.I.T. 11 dicembre 2009;
- Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Bacino del F. Arno (ora Distretto idrografico dell'Appennino Settentrionale): d.p.c.m. 06 maggio 2005;
- Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni del distretto idrografico dell'Appennino Settentrionale (PGRA) delibere di adozione del Comitato Istituzionale nn. 231 e 232 del 17 dicembre 2015 e delibera di approvazione del Comitato Istituzionale n. 235 del 3 marzo 2016, pubblicato con DPCM in G.U. n. 28 del 03/02/2017;
- l.r. 21/2012 e ss.mm.ii. ("Disposizioni urgenti in materia di difesa dal rischio idraulico e tutela dei corsi d'acqua");
- d.p.g.r.t. 09 luglio 2009, n. 36/R: Regolamento di attuazione dell'art. 117, commi 1 e 2 della l.r. 3 gennaio 2005, n. 1 (Norme per il governo del territorio). Disciplina sulle modalità di svolgimento delle attività di vigilanza e verifica delle opere e delle costruzioni in zone soggette a rischio sismico;
- d.g.r.t. 26 maggio 2014, n. 421: Aggiornamento della classificazione sismica regionale in attuazione dell'o.p.c.m. 3519/2006 ed ai sensi del d.m. 14/01/2008;
- d.p.g.r. del 22 ottobre 2012, n. 58/R;
- l.r. 65/2014 e ss.mm.ii.: Norme per il governo del territorio;
- strumenti della pianificazione territoriale e atti di governo del territorio comunali vigenti.

Il presente studio si propone lo scopo di effettuare una caratterizzazione geologica, idrogeologica, idraulica, sismica e geotecnica del sottosuolo di fondazione relativamente all'intervento in progetto al fine di individuare i criteri di fattibilità dell'intervento e fornire i parametri sismici e geotecnici caratteristici, necessari alla progettazione.

L'area in oggetto, individuata nella sezioni 252150 10k e 21k12-liv.3-2001 2k della C.T.R., è situata nel Comune di Barberino di Mugello (FI), nella zona settentrionale del capoluogo, in via del Pozzo.

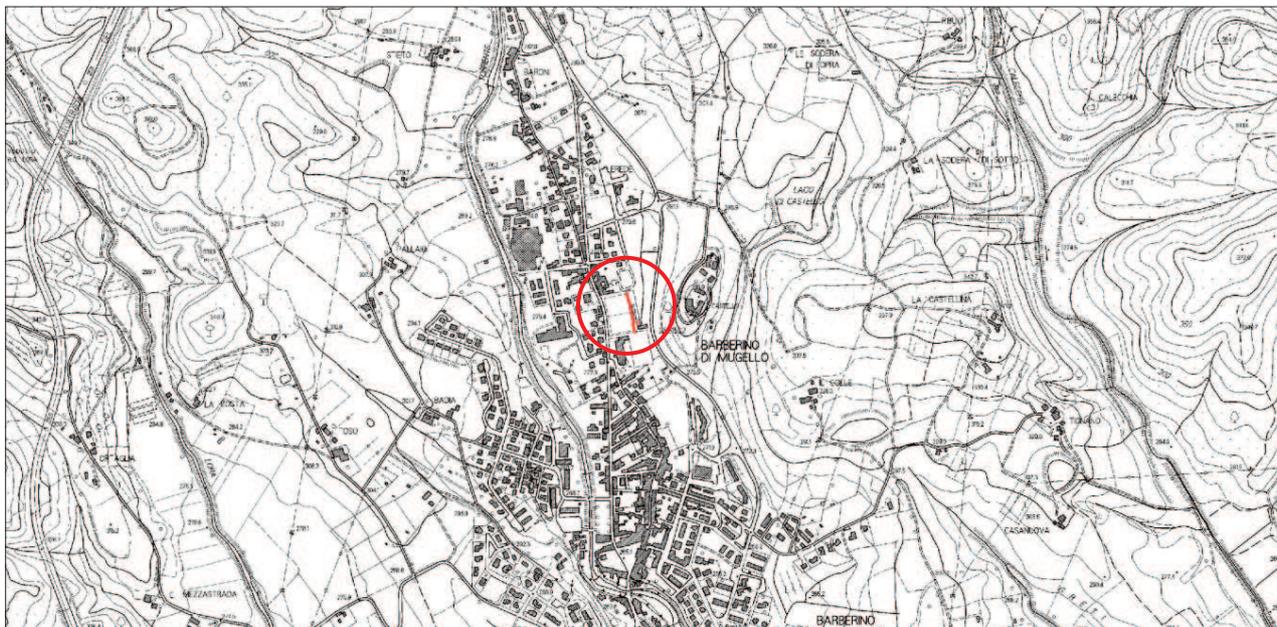


Fig. 1 - Inquadramento cartografico (in rosso l'area d'indagine, non in scala)

Le coordinate catastali dell'area in oggetto sono le seguenti: Foglio 80; Particelle 68 e 69, del N.C.E.U. del Comune di Barberino di Mugello.

Le coordinate in gradi decimali (WGS 84), riferite circa al punto intermedio significativo dell'area, risultano le seguenti:

| | |
|-------------|-------------------|
| latitudine | 44.005338° |
| longitudine | 11.239571° |

Le coordinate in gradi decimali (ED 50), riferite circa al punto intermedio significativo dell'area, risultano le seguenti:

| | |
|-------------|-------------------|
| latitudine | 44,006290° |
| longitudine | 11,240558° |

1.1. Inquadramento vincolistico, pianificatorio e urbanistico

L'area indagata non risulta perimetrata dal vincolo paesaggistico-ambientale (d.lgs. 42/04, l. 1497/39).

L'area indagata non risulta perimetrata da vincolo archeologico esteso (lett. m, comma 1, art. 142 del d.lgs. 42/04).

L'area indagata non risulta perimetrata dal vincolo idrogeologico (r.d. 3267/1923 e l.r. 39/00).

L'area indagata non risulta inserita nella zona di rispetto per pozzi di captazione di acque idropotabili (d.lgs. 152/06 e ss.mm.ii. art. 94, d.p.r. 236/88 art. 6) e risulta esterna alla fascia di rispetto legata ad un pozzo irriguo presente a sud (invariante risorse idriche art. 33 del RU).

In riferimento alla pericolosità idraulica, ai sensi del vigente Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA) Appennino Settentrionale (adottato con del.c.i.i. 231 del 17/12/2015), considerati gli indirizzi della del.c.r. 84 del 01/12/2015 per i quali risulta decaduta la parte idraulica delle Norme del PAI, l'area in oggetto **non risulta classificata**.

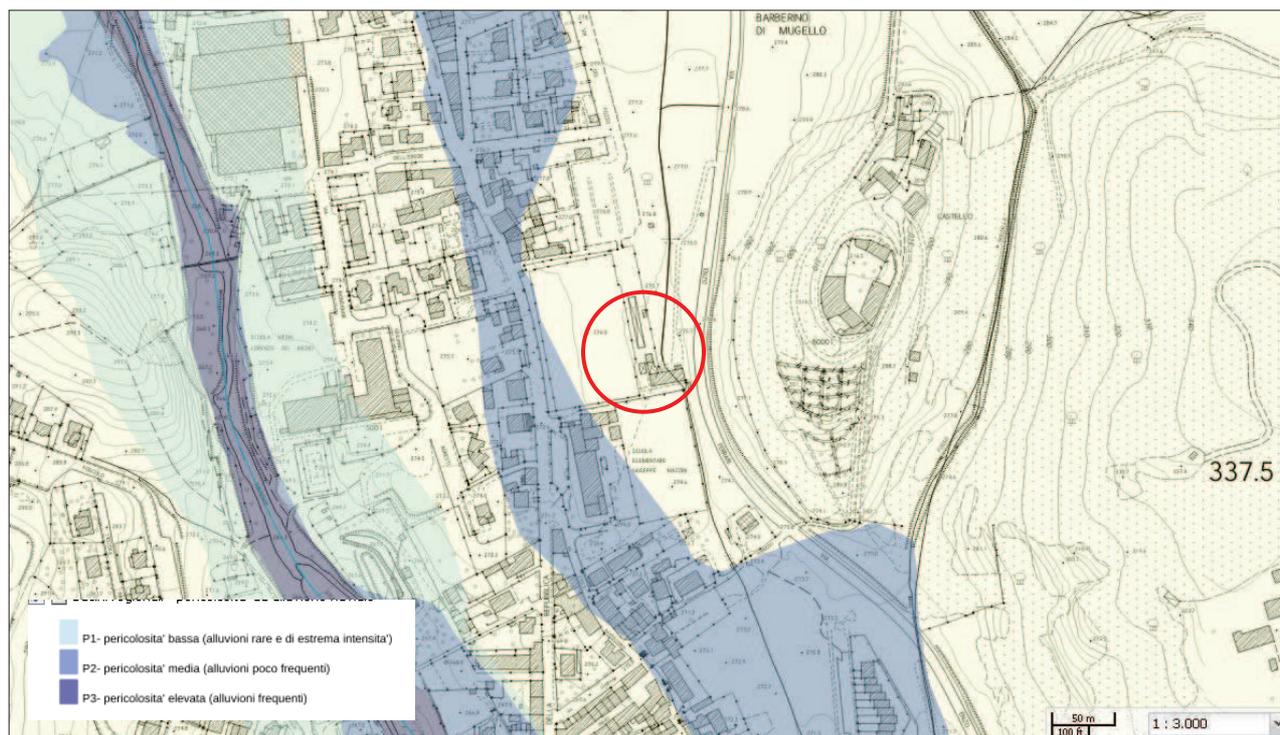


Fig. 2 - Pericolosità idraulica del PGRA vigente (in rosso l'area di interesse, non in scala)

Il Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Bacino del Fiume Arno (d.p.c.m. 06 maggio 2005, stralcio 25k n. 9, mod. con Dec.n°61 del 03/09/12, n°50 del 08/08/14) classifica questo settore in pericolosità geomorfologica moderata (**P.F.1**, corrispondente ad *aree apparentemente stabili ed interessate da litologie con caratteri favorevoli alla stabilità dei versanti che, talora, possono essere causa di rischio reale o potenziale moderato*).

L'area in esame risulta distante circa 290 m lineari dalla sponda sinistra del torrente Stura, corso d'acqua inserito tra quelli principali ai fini del corretto assetto idraulico di cui all'Allegato 4 della d.c.r.t. 24 luglio 2007, n. 72: Piano di Indirizzo Territoriale, pertanto non è soggetta alle misure di salvaguardia previste dall'art. 36 di tale norma. derivanti dall'art. 96.f del R.D. 523/1904.

Analogamente non risulta soggetta alle misure dell'art.1 (Tutela dei corsi d'acqua) e dell'art. 2 (Interventi nelle aree a pericolosità idraulica molto elevata) della l.r. 21/2012 e ss.mm.ii. ("Disposizioni urgenti in materia di difesa dal rischio idraulico e tutela dei corsi d'acqua").

Il corso d'acqua indicato in carta ad est dell'area in esame, e che attualmente risulta, con tutta probabilità, tombato, non risulta classificato né come "acqua pubblica", né come "reticolo" sensu l.r. 21/2012.

Il PTCP della Provincia di Firenze (approvata la Variante di revisione ed adeguamento con del.c.p. n. 1 del 10/01/2013, v. Carta del grado di vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento) individua per l'area in esame una vulnerabilità alta (classe A) in corrispondenza delle litologie alluvionali granulari. Per le aree in classe A costituite da depositi alluvionali terrazzati come nel caso in esame valgono le prescrizioni della classe superiore E (elevata): "Nelle aree in classe E deve essere evitato l'insediamento di infrastrutture e/o attività potenzialmente inquinanti, ad es.: discariche di R.S.U., stoccaggio di sostanze inquinanti, depuratori, depositi di carburanti, pozzi neri a dispersione, spandimenti di liquami, etc. Le fognature devono essere alloggiare in manufatti impermeabili. Deroghe a queste limitazioni possono essere ammesse solo in seguito a specifiche indagini geognostiche ed idrogeologiche che accertino situazioni locali di minore vulnerabilità intrinseca delle falde: a tal fine deve essere misurata la permeabilità di livelli posti al di sopra dell'acquifero, calcolando sperimentalmente il "tempo di arrivo" di un generico inquinante idroveicolato".

L'intervento in esame ricade nell'UTOE n. 1 - Capoluogo.

Nella carta di pericolosità geomorfologica del RUC vigente, l'area ricade in **pericolosità geologica medio-bassa - Classe G.2a** – "aree a bassa pendenza su depositi alluvionali" (ex d.p.g.r. 53/R/2009).

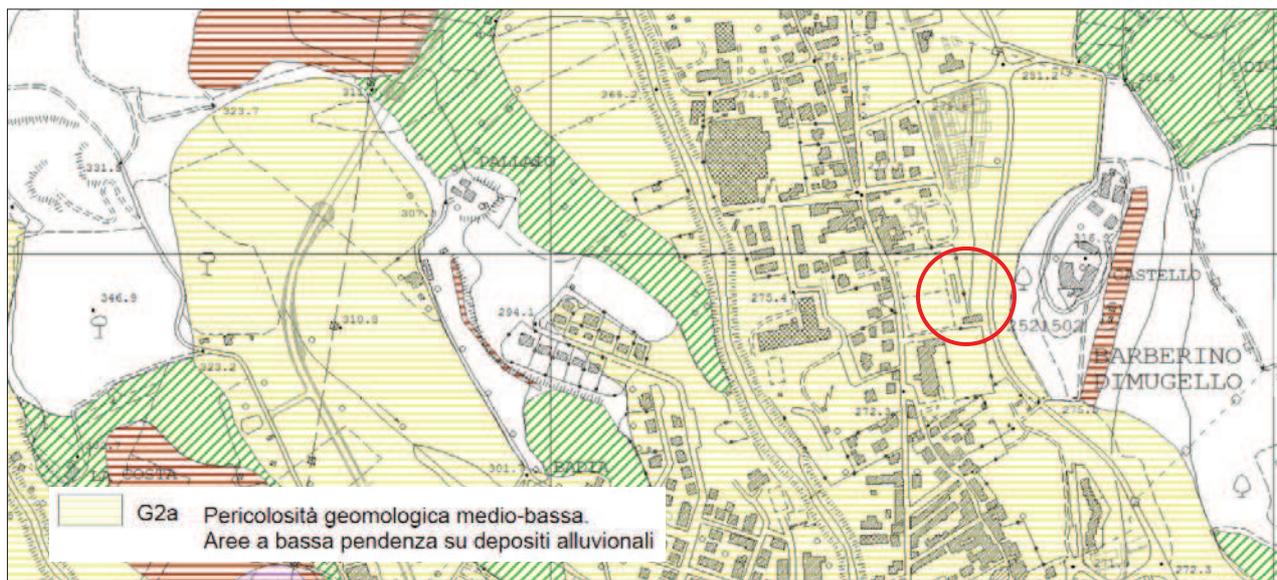


Fig. 3 - Pericolosità geologica del RUC vigente (in rosso l'area di interesse, non in scala)

Nella Carta di pericolosità idraulica del RUC vigente l'area in oggetto ricade in: **Pericolosità idraulica bassa - Classe I.1** – "aree collinari o montane prossime ai corsi d'acqua per le quali ricorrono le seguenti condizioni:

- a) non vi sono notizie storiche di inondazioni
- b) sono in situazioni favorevoli di alto morfologico, di norma a quote altimetriche superiori a metri 2 rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda" (ex d.p.g.r. 53/R/2009).

Nella Carta idrogeologica e della vulnerabilità facente parte dello Studio Geologico di supporto al Piano Strutturale comunale (2005), l'area ricade totalmente in **Vulnerabilità potenziale alta - VE** - "Il rischio effettivo è legato ad attività agricolo-zootecniche, alla dispersione degli scarichi civili nel suolo e nel sottosuolo, alle perdite

accidentali di reflui industriali, fognari, eluati di discariche di RSU, ed abusivi, dove i fattori predisponenti risultano essere la bassa pendenza dei terreni e la presenza di pozzi non protetti”.

Alle classi di vulnerabilità si applicano integralmente le corrispondenti norme del PTC vigente.

Ai sensi del RUC vigente la stima della pericolosità sismica locale deve essere effettuata esclusivamente sulla base delle cartografie di Microzonazione Sismica di livello 3 delle quali è corredato il RUC vigente (v. Variante al RUC 2/2012, aggiornamento del dicembre 2013, approvazione febbraio 2014). Secondo tali cartografie l'area in oggetto ricade in **zona D di amplificazione sismica (fattore di amplificazione di Housner-fH compreso tra 1,1 e 1,3 Hz)** che individua aree di affioramento prevalentemente costituite da depositi alluvionali e/o lacustri caratterizzati da una **bassa amplificazione sismica**.

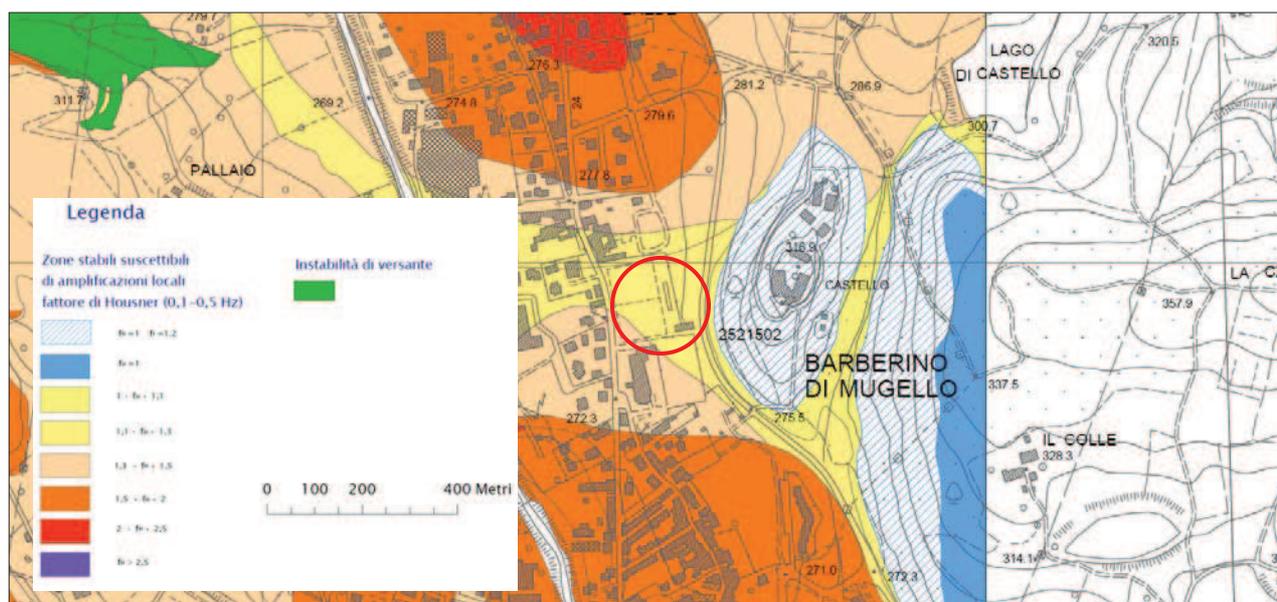


Fig. 4 - Microzonazione sismica di livello 3 e pericolosità sismica del RUC vigente (in rosso l'area di interesse, non in scala)

Alla zona di amplificazione D si attribuisce una **pericolosità sismica locale media - Classe S.2**: “*zone suscettibili di instabilità di versante inattiva e che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; zone stabili suscettibili di amplificazioni locali (che non rientrano tra quelli previsti per la classe di pericolosità sismica S.3)*” (ex d.p.g.r. 53/R/2009).

Secondo la tabella A e la tabella B di cui al paragrafo 8.1 della Relazione Geologica del RUC, per gli interventi sul patrimonio edilizio esistente, è possibile risalire, tramite l'intersezione tra classe di pericolosità esistente e tipologia d'intervento prevista, alla relativa condizione di fattibilità.

Fattibilità geologica

In conseguenza dell'attribuzione di pericolosità geologica medio-bassa G.2a, di cui ai paragrafi relativi, in relazione agli aspetti geomorfologici e geotecnici, si attribuisce una **Fattibilità geologica con normali vincoli - F.G.2**. (Si prescrivono a livello edificatorio indagini geognostiche commisurate all'entità dell'intervento)

Per le classi di fattibilità geologica F.G.1 e F.G.2 è obbligatoria la relazione geologica di rango qualitativo.

Fattibilità idraulica

In conseguenza dell'attribuzione di pericolosità idraulica bassa I.1, di cui ai paragrafi relativi, in relazione agli aspetti idraulici, si attribuisce una **Fattibilità senza particolari limitazioni - F.I.1**. Gli interventi di nuova edificazione previsti sono realizzabili senza condizioni di fattibilità dovute a limitazioni di carattere idraulico.

Fattibilità sismica

In conseguenza dell'attribuzione di pericolosità sismica media S.2, di cui ai paragrafi relativi, in relazione agli aspetti sismici di amplificazione locale, si attribuisce una **Fattibilità senza particolari limitazioni**

- **F.S.1/Fattibilità con normali vincoli - F.S. 2** (così raggruppate dal RUC). per la quale non si individuano condizioni di fattibilità specifiche per la fase attuativa o per la valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia.

Si riassumono di seguito le classificazioni di fattibilità.

| Classe di fattibilità | Grado di pericolosità | | |
|-----------------------|----------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| | Classe di Pericolosità Geologica | Classe di Pericolosità Idraulica | Classe di Pericolosità Sismica |
| | G.2a – medio bassa | I.1 - bassa | S.2 - media |
| | F.G.2 | F.I.1 | F.S.1/F.S.2 |

1.2. Classe e metodologia d'indagine

Ai sensi e per i fini del regolamento 36/R di cui al d.p.g.r. del 09 luglio 2009 l'intervento di realizzazione di fabbricato in progetto, ai sensi del comma 4 dell'art. 7, ricade in

| Classe d'indagine (ex 36/R/2009) | descrizione |
|----------------------------------|---|
| 2 | volumi inferiori a 1500 m ³ e altezza in gronda inferiore a 10 m |

Il programma di indagine, definito in funzione delle problematiche in oggetto e dell'assetto geomorfologico e logistico del lotto è stato articolato secondo le seguenti fasi:

- ricerca bibliografica preliminare sulle caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni affioranti in loco;
- consultazione degli Studi Geologici redatti a supporto degli strumenti urbanistici comunali vigenti;
- consultazione ed acquisizione di cartografie e dati delle indagini realizzate in loco nell'ambito dei programmi regionali VEL e DOCUP (in particolare sismica a rifrazione **ST12**, sondaggio **S3** con relative prove geotecniche e di laboratorio, down hole **DH3**);
- consultazione ed acquisizione di n. 2 prova penetrometrica statica (**CPT1 - 2002, CPT2 - 2002**) realizzate nel 2002 a supporto di una relazione di fattibilità geologica per l'ampliamento e la riorganizzazione dell'area sportiva del capoluogo del 2008;
- consultazione ed acquisizione dei dati dell'indagine **HVSR b06** realizzata presso il campo sportivo nell'ambito della Microzonazione sismica comunale;
- realizzazione di n. 1 indagine sismica MASW (**MW1**);
- realizzazione di n. 1 prova penetrometrica statica (**CPT1 - 2017**);
- rilevamento diretto dell'area e di un suo congruo intorno;
- elaborazione ed interpretazione di tutti i dati acquisiti.

2. Inquadramento geologico

Da un punto di vista geologico regionale, siamo nella catena orogenica appenninica, caratterizzata da falde e sovrascorrimenti, dovuti a tettoniche compressive con vergenza nord orientale. L'edificio strutturale che ne consegue risulta costituito dalla sovrapposizione di successioni di domini paleogeografici di provenienza progressivamente più "esterna" rispetto alla catena. A partire dal Miocene medio (in un regime tettonico prevalentemente estensionale secondo il modello classico, oppure in un ambito prevalentemente compressivo secondo modelli più recenti - Boccaletti *et alii*, 1995), si determina il collasso dell'edificio strutturale, con la formazione di fosse tettoniche nelle quali si instaurano bacini che, riempiti dalle acque, divengono sede di sedimentazioni marine (Toscana occidentale) e fluvio-lacustri (Bacino del Mugello). Successivamente, dal Pleistocene inferiore, la sedimentazione acquista caratteri esclusivamente fluviali.

La carta geologica seguente, mutuata dalla quella del VEL in quanto ritenuta la più aggiornata in relazione al dettaglio di studio, mette in evidenza la distribuzione delle unità litostratigrafiche e le geometrie dei loro rapporti, in riferimento al territorio indagato e ad un suo vasto intorno. Gli interventi in oggetto sono ubicati sull'*Unità di Luco di Mugello (SIV2)*, un deposito fluviale del Bacino del Mugello a granulometria prevalentemente grossolana, datato al *Pleistocene Medio-Superiore*.

Unità di Luco di Mugello (SIV2)

È costituita da depositi alluvionali: ciottoli bruno-giallastri eterometrici e poligenici, da subarrotondati ad arrotondati e tessitura variabile da clasto a matrice sostenuta; sabbie giallastre medio-fini a stratificazione inclinata piana; silt sabbiosi massicci; argille silteose grigiastre laminate. Presentano generalmente una tripartizione granulometrica: ciottoli alla base, sabbie e limi al tetto. Questi depositi possono presentare al tetto una debole pedogenesi. L'Unità di Luco di Mugello affiora diffusamente in tutta l'area oggetto di studio e il suo spessore è valutabile intorno a 8-10m. Descrizione litotecnica di campagna: attenendosi alla Guida schematica alla definizione di unità litologico-tecniche (U.L.T.) nel "substrato" e nella "copertura" - Regione Toscana (Ferrini e Calosi, ed. 2000; Ferrini, ed. 2002), questa unità è riferibile all'U.L.T. E.a3/4.t2 (materiale granulare non cementato o poco cementato, da poco addensato a sciolto con presenza di frazione limoso-sabbiosa).

Questo deposito poggia in discordanza direttamente su di un substrato pre-pleiocenico, qui rappresentato dalla Formazione dell'Acquerino appartenente all'Unità tettonica Acquerino, paleogeograficamente riferibile al Dominio Toscano. Si tratta di alternanze da arenaceo-pelitiche a pelitico-arenacee, in strati gradati riconducibili ad un singolo sistema torbiditico. Le areniti hanno colore grigio, composizione feldspatolitica e sono molto ben cementate. Le peliti sono anch'esse grigie e molto indurite. La formazione è internamente suddivisa in 3 membri con tendenza *fining e thinning upward*. La potenza complessiva, a scala regionale, è di oltre 1000 metri. Datata al *Chattiano?-Burdigaliano (MNN1a-MNN3b)*. Dalla cartografia geologica disponibile del Programma VEL della Regione Toscana (scala 1:2000) si evince l'attribuzione delle litologie al Membro pelitico (**AQR 3**). Questo è descritto come siltiti marnose, marne silteose e marne grigio chiare-nocciola a stratificazione molto sottile e non sempre ben evidente. Presenti verso il basso rare e sottili intercalazioni di areniti gradate a grana fine e finissima. Potenza, rilevata a scala regionale, di circa 300 metri.

Formazione dell'Acquerino (AQR)

Alternanze da arenaceo-pelitiche a pelitico-arenacee fino a peliti prevalenti, in strati gradati. Le arenarie hanno colore grigio, composizione feldspatolitica e sono molto ben cementate. Le peliti sono anch'esse grigie e molto indurite. Paleocorrenti con provenienze dei flussi da WNW. La formazione è stata interamente suddivisa in 3 membri con tendenza fining and thinning upward. Contatto inferiore netto sulle Marne Varicolori di Villose (MVV). La potenza complessiva rilevata a scala regionale è di oltre 1000 metri. Depositi di un singolo sistema torbiditico. Chattiano?-Burdigaliano (MNN1a-MNN3b)

Membro pelitico (AQR3)

Siltiti marnose, marne silteose e marne grigio chiare-nocciola a stratificazione molto sottile e non sempre ben evidente. Presenti verso il basso rare e sottili intercalazioni di arenarie gradate a grana fine e finissima. La potenza rilevata a scala regionale è di circa 300 m. Contatto inferiore graduale con AQR2. Depositi emipelagici e torbiditi fini di tracimazione. Affiora a Barberino capoluogo ed a nord di Galliano.

Descrizione litotecnica di campagna: attenendosi alla Guida schematica alla definizione di unità litologico-tecniche (U.L.T.) nel "substrato" e nella "copertura"-Regione Toscana (Ferrini e Calosi ed., 2000; Ferrini ed., 2002), questo membro è riferibile all'U.L.T. B5.r1/4.d4/5.e4/5.

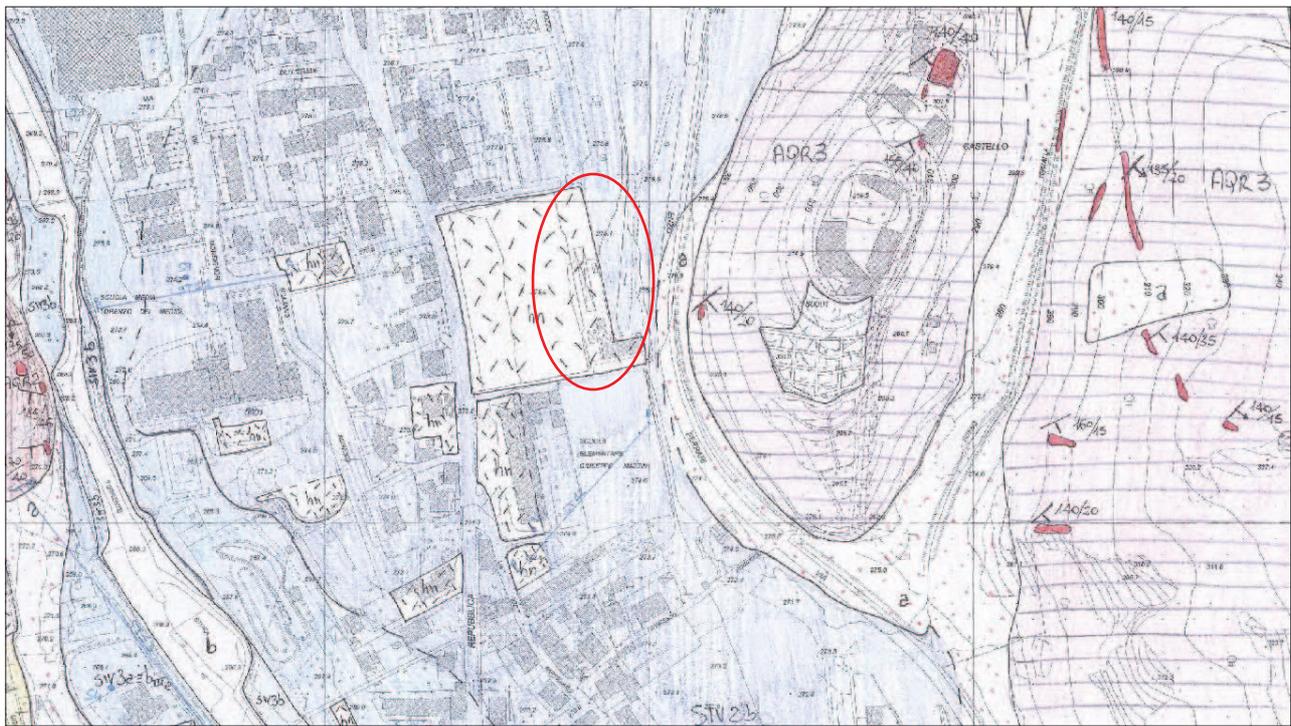


Fig. 5 - Carta Geologica (in rosso l'area in esame, non in scala)

3. Aspetti geomorfologici

L'area in esame è ubicata nel settore nord di Barberino di Mugello, in un'area sostanzialmente sub-pianeggiante riferibile alla superficie di un terrazzo alluvionale. Nel tratto considerato la pianura alluvionale si presenta stretta (circa 350 m) in direzione ovest-est ed allungata in direzione nord-sud lungo il corso dell'attuale torrente Stura. In questo tratto i versanti della stretta valle sono costituiti da substrato roccioso, in particolare il versante più prossimo all'area di studio (il cambio di pendenza è situato a circa 40 m ad est dell'area in esame), che fa capo al colle denominato "Castello", è caratterizzato da un pendio che risale in maniera netta ma costante e non presenta forme che possano far pensare a fenomeni gravitativi in atto. L'area di interesse insiste su coperture costituite da depositi alluvionali (SIV2) prevalentemente limosi, direttamente soprastanti su depositi torbiditici litoidi (AQR3). L'area è stata senza dubbio interessata da movimenti di terra per realizzare il piano del campo sportivo, pertanto è presente un livello superficiale di **riporto antropico (hn)** con spessori variabili, crescenti verso ovest. La presenza di un terreno di riporto non risulta essere confermata dai risultati del vicino sondaggio S3.

Le indagini penetrometriche del 2002 hanno evidenziato uno spessore di riporto di circa 1,00 m la cui definizione deve in ogni caso essere confermata.

L'indagine penetrometrica del 2017 ha evidenziato uno spessore di riporto di circa 0,60 m.

Siamo circa alla seguente quota.

| | |
|-------|-------------|
| Quota | 276,0 m slm |
|-------|-------------|

Il rilevamento e le indagini eseguiti non hanno evidenziato, nella zona interessata, l'esistenza di forme o movimenti attribuibili a ruscellamenti, collapsi, cedimenti o fenomeni gravitativi in atto.

Considerazioni in merito alla potenziale liquefacibilità dei terreni in caso di sisma sono affrontate secondo le indicazioni del d.m. 14/01/08 nel paragrafo dedicato.

4. Aspetti idraulici

L'area in oggetto, situata all'interno del centro abitato di Barberino, drena le acque superficiali attraverso il reticolo fognario urbano esistente.

La principale asta fluviale è rappresentata dal Torrente Stura, che dista dall'area circa 315 m in direzione ovest ed il cui alveo si trova circa 7 metri più in basso dell'area in esame; dalla CTR e dalla cartografia interattiva del SIT della Provincia di Firenze si rileva la presenza di un fosso tombato ubicato all'incirca ad est del fabbricato in progetto, quest'ultimo non risulta classificato né come "acqua pubblica", né come "reticolo" sensu l.r. 21/2012.

L'intervento in oggetto non apporterà alcuna modifica rispetto all'entità ed alle direzioni del deflusso idrico superficiale.

5. Aspetti idrogeologici

La coltre superficiale, costituita, oltre al riporto, da ghiaie e sabbie con copertura limosa < 3 m (depositi alluvionali terrazzati, SIV2), può ritenersi, dal punto di vista idrogeologico, a permeabilità per porosità medio-alta; per tali litologie si rileva una vulnerabilità potenziale alta con un rischio effettivo legato, nell'area d'indagine, a scarichi civili per dispersione in superficie e nel sottosuolo, perdite accidentali di reflui fognari ed abusivi, dove i fattori predisponenti risultano essere la bassa pendenza dei terreni e la presenza di pozzi non protetti.

I sottostanti depositi torbiditici prevalentemente pelitici (Formazione dell'Acquerino, AQR3) possono essere considerati, dal punto di vista idrogeologico, a permeabilità secondaria media, pur specificando che lo spessore alterato superficiale ed eventuali zone tettonizzate della formazione possono essere caratterizzati da una permeabilità superiore.

Una prima considerazione sulle piezometrie del deposito alluvionale può essere dedotta dall'indagine geofisica di superficie ST12 (settembre 2006), nella quale la differenza di quota tra I° sismostrato in onde P e I° sismostrato in onde SH nel punto più vicino all'edificio in progetto evidenzia con buona probabilità la presenza di una falda idrica posta circa a -4,00 m dal p.c. Inoltre nel corso della perforazione del sondaggio S3 (avvenuta a dicembre 2006, in un periodo piovoso e con ubicazione ad una quota leggermente più alta rispetto alla ST12) sono state effettuate misurazioni della falda con utilizzo di scandaglio elettrico (freatimetro). I risultati delle rilevazioni sono stati riportati nella tabella seguente:

| Durante la perforazione | | | |
|-------------------------|-------|----------------------|---------------------------|
| Data | Ora | Livello (m dal p.c.) | Rivestimento (m dal p.c.) |
| 12/12/2006 | 14:30 | - 4,50 | 1,50 |

Il pozzo più vicino (irriguo-agricolo captazione n. 36814, profondo circa 16,50 m, con portata richiesta di 0,33 l/s), situato in prossimità del campo di allenamento a sud del campo principale, non è risultato accessibile per individuare un livello statico.

L'indagine di fattibilità del 2008 riporta CPT del novembre 2002 nelle quali si individua un livello idrico individuato a circa - 1,50 m dal p.c.

Durante l'esecuzione della CPT di maggio 2017, giunta fino a - 5,40 m dal p.c., non è stata rilevata la presenza di acqua, ma solo di umidità a circa - 5,20 m dal p.c.

In definitiva considerando tutte le indagini ricordate e le loro quote assolute è verosimile aspettarsi la presenza di una falda con andamento dei livelli decrescenti da monte verso vale o meglio da nord verso sud e da est verso ovest. Per quanto riguarda il fabbricato in progetto si considera quindi una falda a circa 5 m dal p.c., mentre per la fondazione della recinzione si considera un livello di falda che decresce da nord verso sud da circa -1,50 m dal p.c. a -5,00 m dal p.c. In ogni caso gli interventi in oggetto non apporteranno alcuna modifica rispetto all'entità e alle direzioni del deflusso idrico sotterraneo, oltre a non presentare elementi di rischio per la falda.

6. Aspetti sismici e modello sismostratigrafico

Nella provincia sismica appenninica centro-settentrionale la tettonica distensiva, a direzione SW-NE, ha originato sistemi di faglie normali ad alto e a basso angolo di inclinazione. Alle prime viene riferita l'origine e la presente configurazione dei graben plio-quadernari; alle seconde, si associano le elisioni che

portano i termini più alti della serie stratigrafica (successioni torbiditiche mioceniche) e della pila tettonica (Unità Liguri) a diretto contatto sulle evaporati triassiche e/o sulle rocce del basamento s.l.

Un sistema regionale di faglie normali est-immergenti, che si estende per circa 350 km dalla Toscana nord-occidentale fino all'Umbria meridionale, ben individuabile sul profilo CROP03 e su altre linee sismiche commerciali, denominato *Etrurian Faults System* (EFS) (Boncio *et alii*, 2000), ha originato, dal Pliocene superiore ad oggi, una serie di bacini allineati NW-SE dalla Lunigiana-Garfagnana, al Mugello, all'Alta Val Tiberina. Il sistema più esterno di faglie ovest-immergenti, antitetiche dell'EFS, corrisponde alle strutture di Gubbio, Colfiorito e Norcia (v. Fig. 6).

Lungo tali sistemi di faglie normali si dispone la maggior parte della sismicità storica e strumentale dell'Italia centrale. La distribuzione in profondità della sismicità risulta concentrata nella crosta superiore a profondità minori di 15 km.

Considerando invece le isobate dell'EFS e la sismicità strumentale associata, è possibile estendere il volume crostale in distensione fino all'isobata 14 km. All'interno di quest'area è possibile inoltre individuare e delimitare le singole strutture (*boxes*) sismogenetiche responsabili dei terremoti con $M_w > 5.5$, secondo il modello proposto da Boncio *et alii* (2004), di cui l'area del Mugello è un esempio.

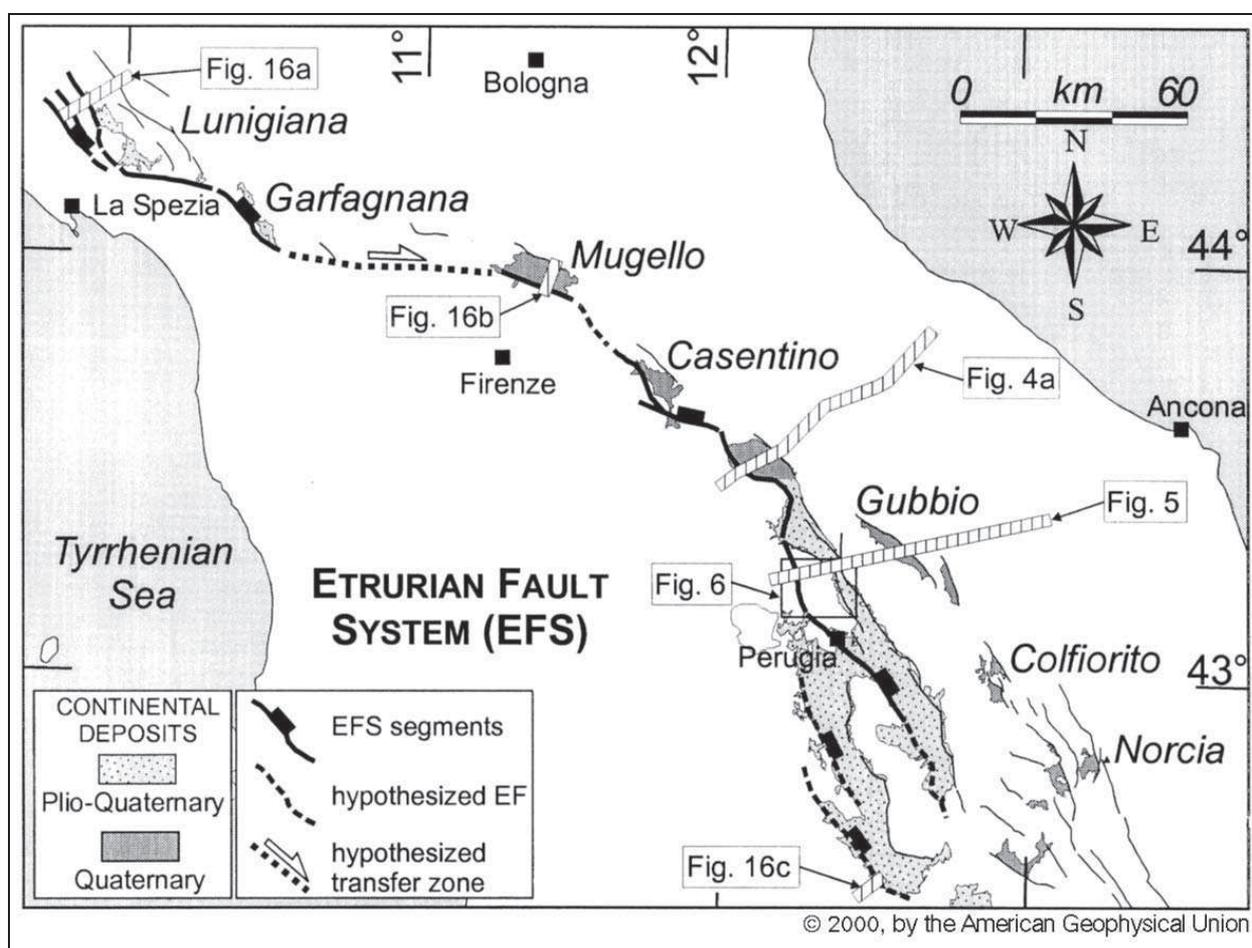


Fig. 6 - (da Boncio *et alii*, 2004)

Per quanto concerne la sismicità dell'area il database macrosismico italiano DBMI15 dell'INGV (Locati, R. Camassi e M. Stucchi, 2011), reperibile al sito http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/place/IT_44666 ed utilizzato per la compilazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2015 (CPTI15), indica come evento di maggiore intensità al sito (Is espressa con la scala MCS) quello verificatosi nel 1542 con epicentro l'area mugellana nei pressi di Scarperia (FI) e intensità, risentita a Barberino, di 8-9 MCS. Non sono disponibili dati relativi ai meccanismi focali.

Altri eventi che hanno interessato Barberino di Mugello sono indicati nella tabella seguente:

Seismic history of Barberino di Mugello

PlaceID IT_44659

Coordinates (lat, lon) 44.002, 11.238

Municipality (ISTAT 2015) Barberino di Mugello

Province Firenze

Region Toscana

No. of reported earthquakes 45

| Intensity | Year Mo Da Ho Mi Se | Epicentral area | NMDP | Io | Mw |
|-----------|------------------------|---------------------------|------|-----|------|
| 8-9 | 1542 06 13 02 15 | Mugello | 46 | 9 | 6,02 |
| 6 | 1661 03 22 12 50 | Appennino forlivese | 79 | 9 | 6,05 |
| 7 | 1843 10 25 03 30 | Mugello | 17 | 6-7 | 5,03 |
| 7 | 1864 12 11 17 40 | Mugello | 9 | 7 | 5,11 |
| 3 | 1875 03 17 23 51 | Costa romagnola | 144 | 8 | 5,74 |
| 3 | 1887 11 14 05 48 05.00 | Fiorentino | 101 | 6 | 4,47 |
| NF | 1892 12 29 13 47 48.00 | Castel del Rio | 36 | 5-6 | 4,37 |
| 4-5 | 1895 05 18 19 55 12.00 | Fiorentino | 401 | 8 | 5,5 |
| 3 | 1895 08 07 19 49 32.00 | Appennino tosco-emiliano | 84 | 5 | 4,67 |
| 4-5 | 1896 07 08 01 51 28.00 | Porretta Terme | 17 | 5 | 4,37 |
| 2-3 | 1896 12 08 17 06 45.00 | Sestola | 26 | 5 | 4,33 |
| 5 | 1897 09 06 03 10 44.00 | Valdarno inferiore | 104 | 5-6 | 4,59 |
| 5 | 1899 06 26 23 17 22.00 | Valle del Bisenzio | 138 | 7 | 5,02 |
| 5 | 1904 02 25 18 47 50.00 | Reggiano | 62 | 6 | 4,81 |
| 4 | 1904 06 10 11 15 28.00 | Frignano | 101 | 6 | 4,82 |
| 5 | 1904 11 17 05 02 | Pistoiese | 204 | 7 | 5,1 |
| 4 | 1909 01 13 00 45 | Emilia Romagna orientale | 867 | 6-7 | 5,36 |
| 2-3 | 1909 08 25 00 22 | Crete Senesi | 259 | 7-8 | 5,34 |
| 5 | 1912 08 15 23 50 | Mugello | 7 | 5 | 4,22 |
| 5 | 1914 10 27 09 22 | Lucchesia | 660 | 7 | 5,63 |
| 3 | 1915 01 13 06 52 43.00 | Marsica | 1041 | 11 | 7,08 |
| 7 | 1919 06 29 15 06 13.00 | Mugello | 565 | 10 | 6,38 |
| 5 | 1920 09 07 05 55 40.00 | Garfagnana | 750 | 10 | 6,53 |
| 6 | 1929 07 18 21 02 | Mugello | 56 | 6-7 | 4,96 |
| 3 | 1930 05 24 22 02 | Appennino tosco-emiliano | 43 | 5 | 4,91 |
| 5-6 | 1931 12 15 03 23 | Mugello | 35 | 6 | 4,62 |
| 5 | 1939 02 11 11 17 | Mugello | 31 | 7 | 5,01 |
| 3 | 1952 07 04 20 35 12.00 | Appennino forlivese | 64 | 7 | 4,94 |
| 4 | 1956 04 26 03 00 03.00 | Appennino bolognese | 89 | 6 | 4,74 |
| 3 | 1956 05 26 18 40 | Appennino forlivese | 76 | 7 | 4,99 |
| 3 | 1956 06 03 01 45 57.00 | Appennino forlivese | 62 | 6 | 4,51 |
| 4 | 1959 03 24 10 24 | Fiorentino | 28 | 7 | 4,85 |
| 7 | 1960 10 29 00 08 39.00 | Mugello | 69 | 7 | 4,91 |
| 5 | 1964 09 05 21 09 | Appennino tosco-emiliano | 22 | 5 | 4,35 |
| 4 | 1967 10 01 22 45 45.00 | Pistoiese | 8 | 4 | 4,04 |
| 2 | 1969 02 15 08 54 39.00 | Mugello | 5 | 4-5 | 4,56 |
| 3-4 | 1970 02 09 07 39 | Appennino forlivese | 30 | 5-6 | 4,5 |
| F | 1980 06 07 18 35 01.00 | Garfagnana | 102 | 6-7 | 4,64 |
| NF | 1996 03 14 01 56 37.25 | Appennino tosco-romagnolo | 20 | 4-5 | 3,56 |

| | | | | | |
|----|------------------------|---------------------|-----|-----|------|
| NF | 2000 05 08 12 29 56.20 | Faentino | 126 | 5 | 4,67 |
| NF | 2000 05 10 16 52 11.60 | Faentino | 151 | 5-6 | 4,82 |
| NF | 2002 06 18 22 23 38.10 | Frignano | 186 | 4 | 4,3 |
| 5 | 2003 09 14 21 42 53.18 | Appennino bolognese | 133 | 6 | 5,24 |
| NF | 2003 12 07 10 20 33.04 | Forlivese | 165 | 5 | 4,18 |
| NF | 2005 07 15 15 17 18.00 | Forlivese | 173 | 4-5 | 4,29 |

File downloaded from CPTI15 - DBMI15

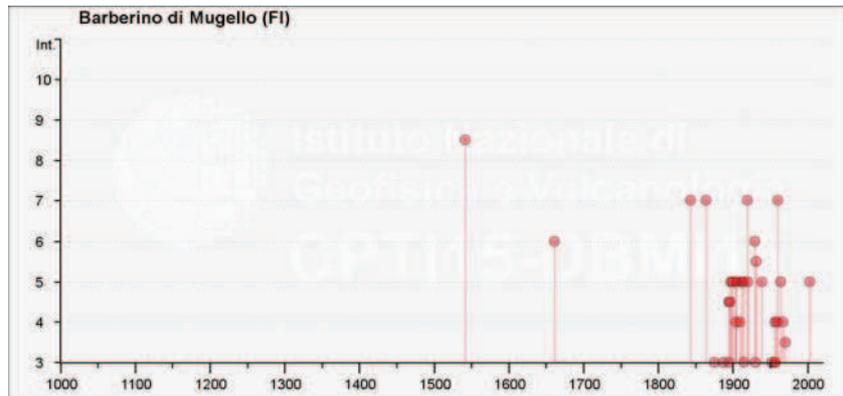


Fig. 7 - Storia sismica di Barberino di Mugello. Locati, R. Camassi e M. Stucchi (a cura di), 2011. DBMI15, versione 2015 del Database Macrosismico Italiano. Milano, Bologna, http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/place/IT_44666). Dove: Int (Intensità sismica in MCS); NMDP (Codice bibliografico dell'elaborato di riferimento); Io (Intensità massima in MCS); Mw (Magnitudo-momento).

L'area in esame si trova nel Comune di Barberino di Mugello (FI) il cui territorio, classificato sismico sin dal 1927 (r.d. 431/1927), è attualmente classificato in **zona sismica 2** (d.g.r.t. 26 maggio 2014, n. 421: Aggiornamento della classificazione sismica regionale in attuazione dell'o.p.c.m. 3519/2006 ed ai sensi del d.m. 14/01/2008).

Per quello che concerne la pericolosità sismica di base l'area in esame è caratterizzata da un'accelerazione orizzontale massima attesa a_g (in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, con probabilità di superamento non superiore al 10% in 50 anni-pari a un tempo di ritorno di 475 anni) di **0,196** [g]. In allegato i dettaglio degli elaborati di calcolo.

Considerato il contesto pianeggiante la categoria topografica è riconducibile a **T1**, cui corrisponde un coefficiente di amplificazione topografica pari a **1**.

Come già evidenziato in premessa, dal punto di vista sismico l'area di interesse risulta potenzialmente interessata da amplificazioni in caso di sisma.

Al fine di definire l'entità dell'amplificazione stratigrafica si richiama lo studio di **Microzonazione Sismica di livello 3** realizzato nell'ambito del RUC.

La cartografia delle MOPS evidenzia per l'area in esame una zona D che corrisponde ad "aree di affioramento prevalentemente costituite da depositi alluvionali e/o lacustri caratterizzati da una bassa amplificazione sismica".

Al fine di definire l'entità dell'amplificazione stratigrafica è stata realizzata in data 13/04/2017 dallo scrivente un'indagine **MASW** nei luoghi d'indagine.

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine geofisica che permette di individuare il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , basandosi sulla misura delle onde superficiali (onde di Rayleigh) fatta in corrispondenza di diversi sensori (geofoni) posti sulla superficie del suolo.

Le indagini sono state condotte mediante l'utilizzo di un sismografo AMROGEO ECHO12-24/2002 a 24 canali. L'acquisizione dei dati è stata effettuata mediante il software ECHO 12-24 7.0 con uno stendimento di n. 12 geofoni (frequenza minima di campionamento 4.5Hz), interasse dei geofoni 4 m,

lunghezza stendimento 44 m, mentre la sorgente sismica è una mazza battente (mazza da 8 kg) su una piastra di alluminio. La mazza è collegata al sismografo mediante trigger. Il colpo funge da starter per l'acquisizione del segnale sismico (T=1 secondo) ricevuto dai 12 geofoni. I segnali sismici acquisiti sono stati elaborati mediante il Software WinMaswPro 4.2.

La prospezione sismica è stata programmata con l'obiettivo di parametrizzare il sottosuolo in termini di Vsh ed individuare l'eventuale presenza del bedrock sismico e la sua profondità. Di seguito i risultati dell'indagine.

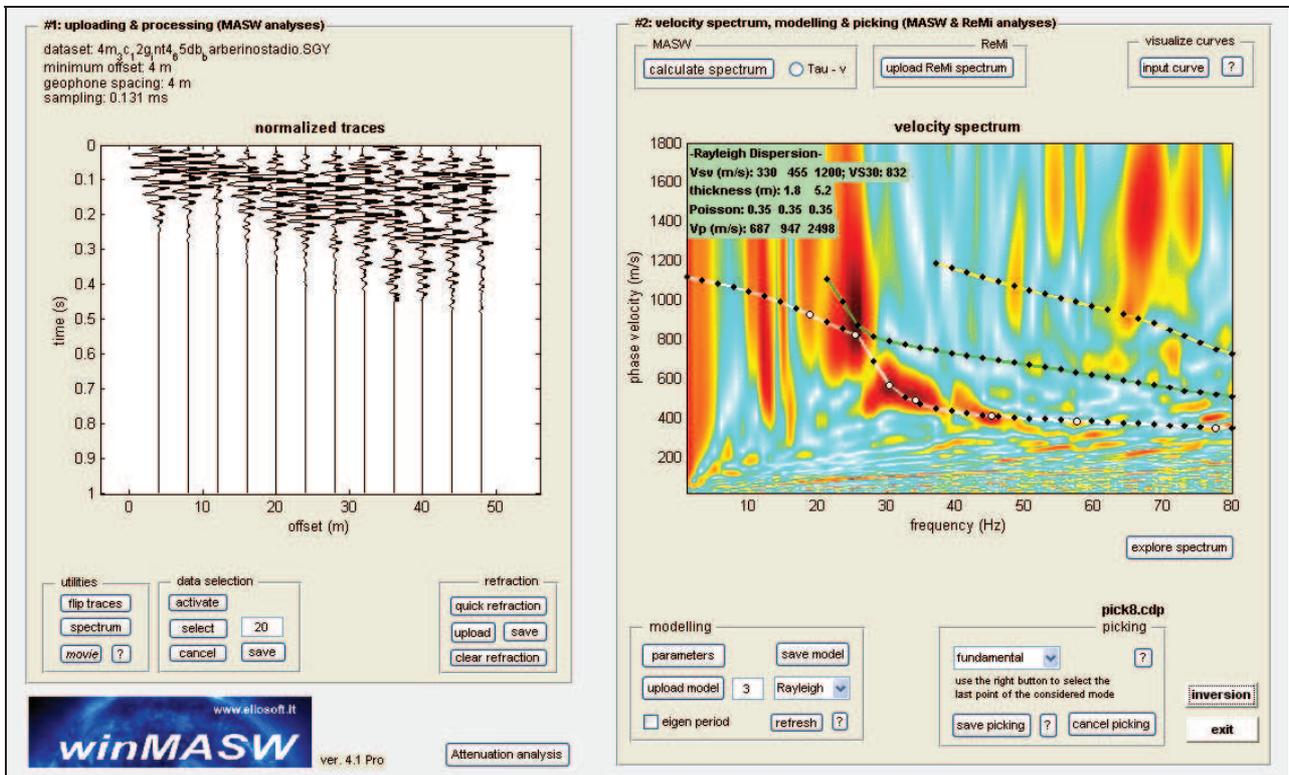


Fig. 8 - Sismogramma e spettro di velocità

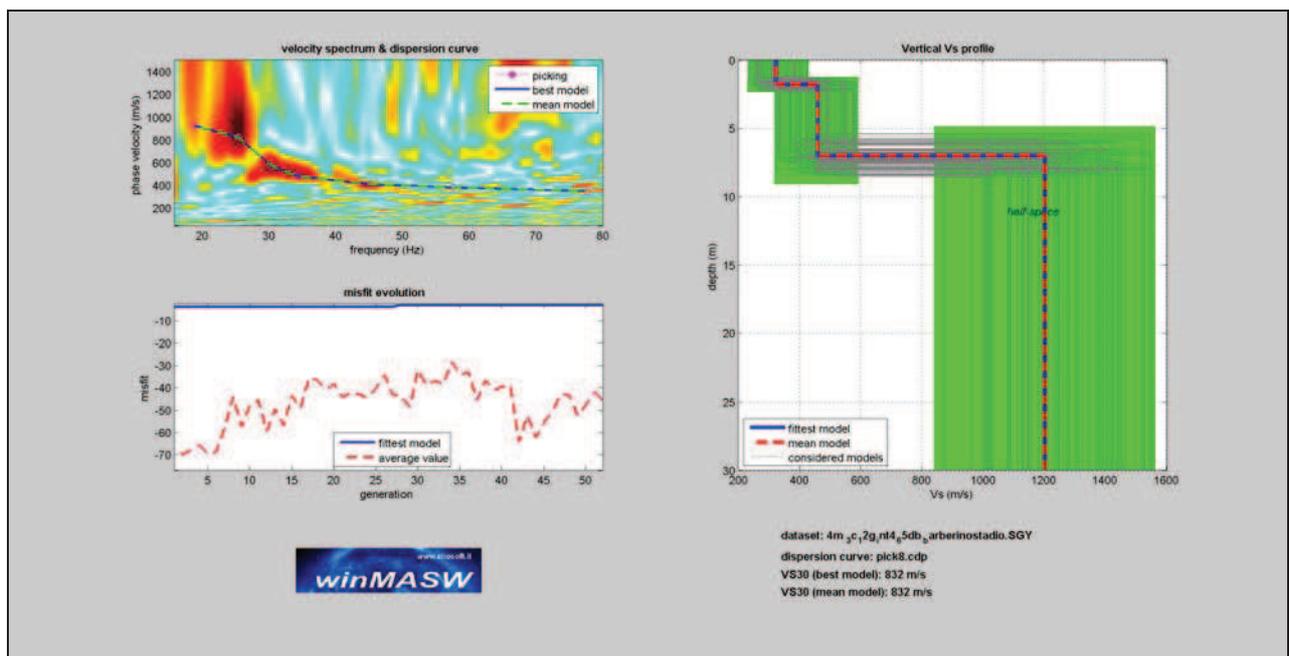


Fig. 9 - Curva di dispersione e Vs30 (832 m/s)

| Sismostratigrafia | | | | |
|-------------------|------------------------------|--------------|---|-------------|
| Sismostrato | Profondità | Spessore (m) | Litotipo/Formazione | Vs (m/s) |
| 1 | da -0,00 a -1,80 m dal p.c. | 1,80 | Riperto (hn) e Deposito alluvionale (SIV2) | 324 |
| 2 | da -1,80 a - 7,00 m dal p.c. | 5,20 | Deposito alluvionale (SIV2) a granulometrie più grossolane | 458 |
| 3 | da -7,00 a -30,00 m dal p.c. | 23,00 | Formazione dell'Acquerino-membro pelitico (AQR3) | 1200 |

Tabella 2 - Sismostratigrafia

L'indagine e la sismostratigrafia di progetto risultano ampiamente compatibili e confrontabili con le vicine indagini sismiche b06, ST12 e DH3.

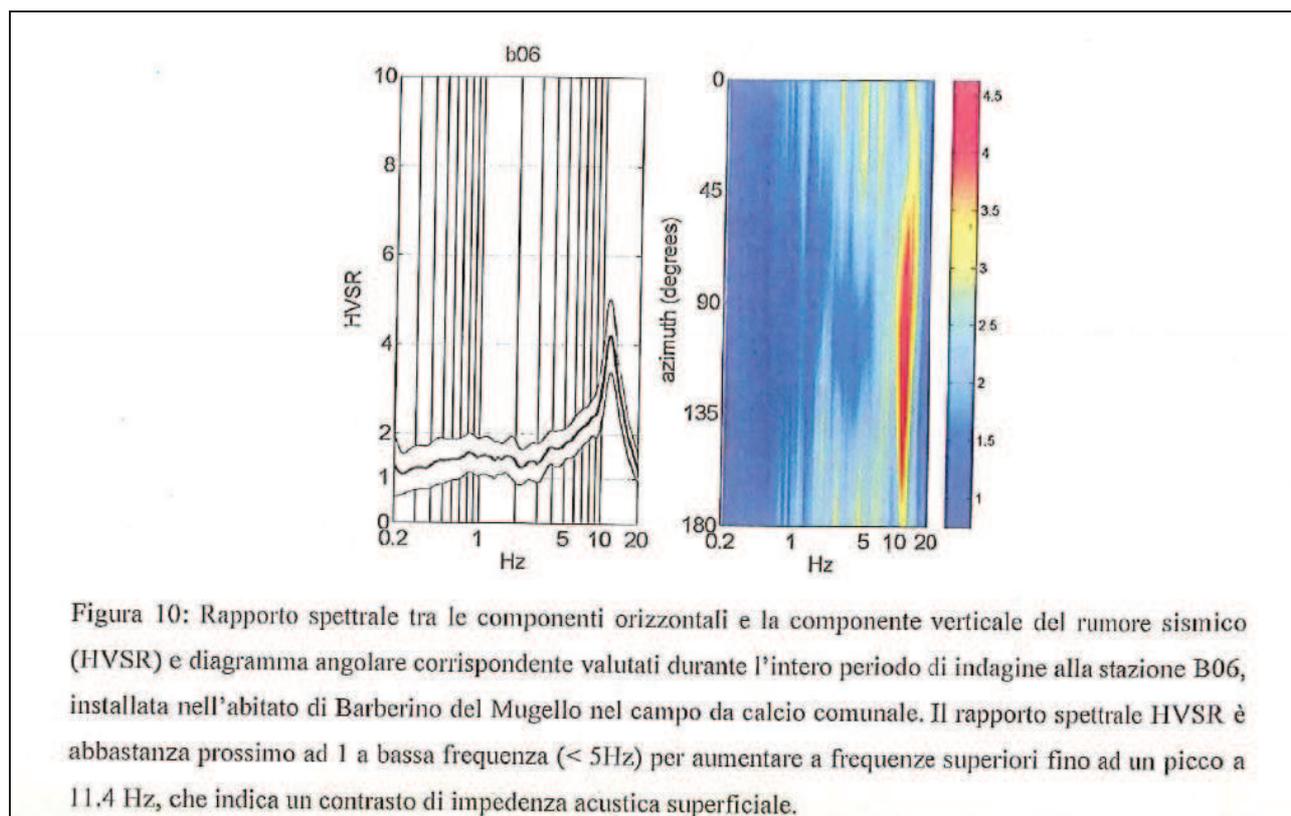


Fig. 10 - Indagine HVSr b06 (microzonazione sismica comunale, 2012)

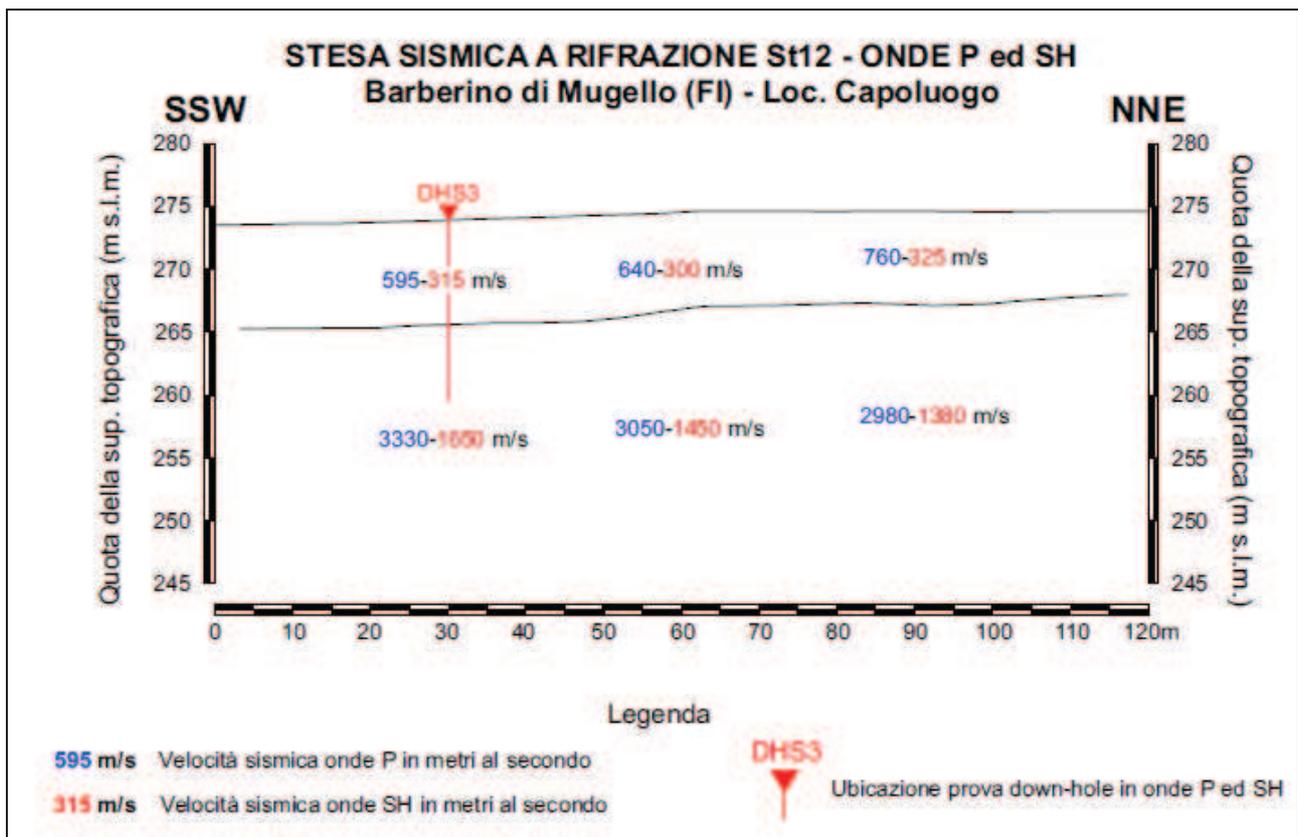


Fig. 11 - ST12 programma VEL (2006)

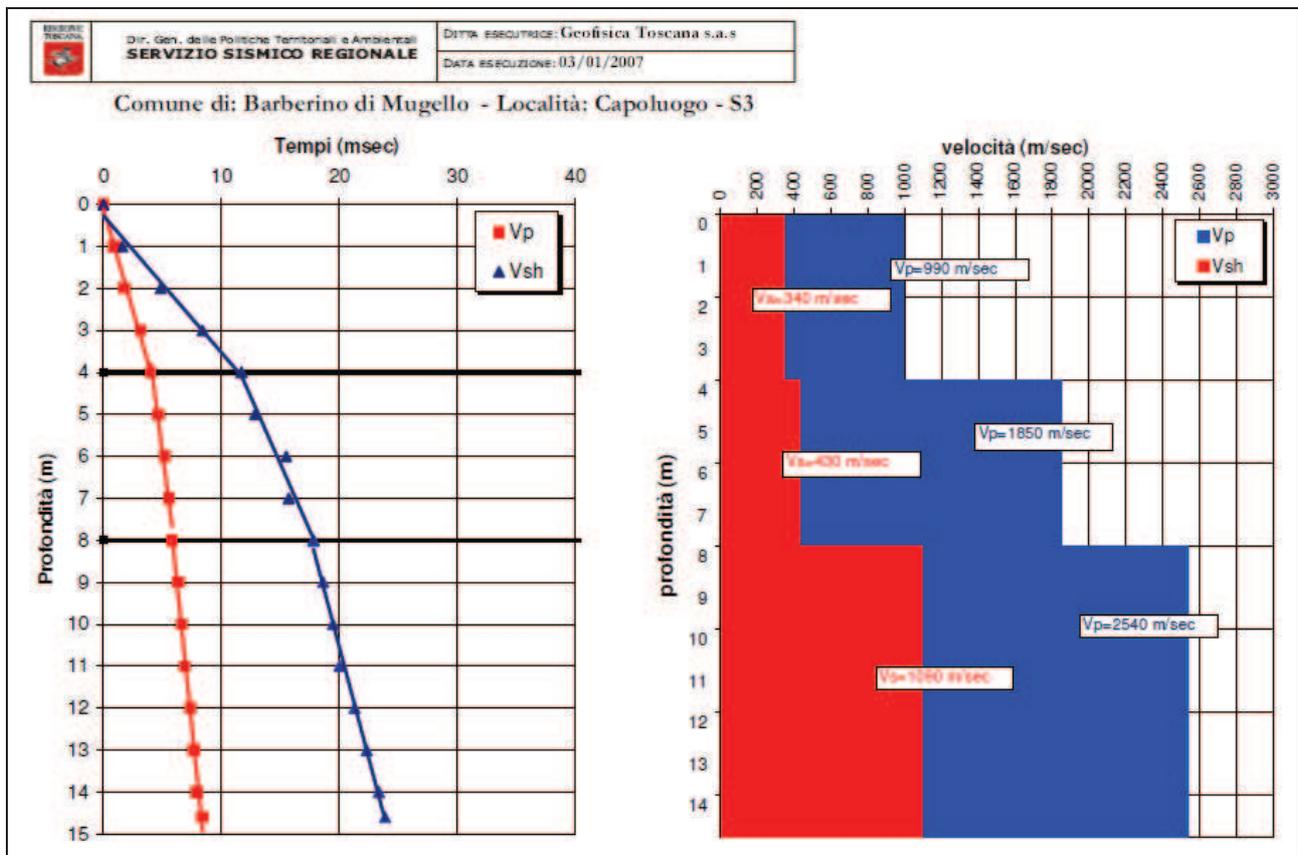


Fig. 12 - DH3 programma VEL (2007)

La valutazione numerica del dato della MASW conduce ad un sottosuolo A ($V_s=832$ m/s), ma considerato comunque il significativo contrasto di impedenza sismica tra coperture (compreso il riporto) e substrato (che in ogni caso non conduce ad un sottosuolo E) e la maggior qualità delle indagini vicine si considera la prova DH3 come riferimento e si stima quindi una V_{s30} di riferimento pari a:

| |
|----------------|
| V_{s30} |
| 790 m/s |

e si riferisce cautelativamente il sottosuolo sismico (sensu d.m. 14/01/2008) in esame alla:

| | | |
|-------------------------|----------|--|
| Categoria di sottosuolo | B | <i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $cu_{,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).</i> |
|-------------------------|----------|--|

Il fenomeno della **liquefazione** consiste nel quasi totale annullamento della resistenza al taglio di una litologia granulare satura determinata dall'annullamento degli sforzi efficaci, per effetto di sollecitazioni cicliche (sismiche), con l'assunzione del comportamento meccanico caratteristico dei liquidi viscosi. Secondo il d.m. 14/01/08 la verifica alla liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;
2. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
3. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
4. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$, dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza (espressa in MPa, ndr) determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
5. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 13a nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura 13b nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

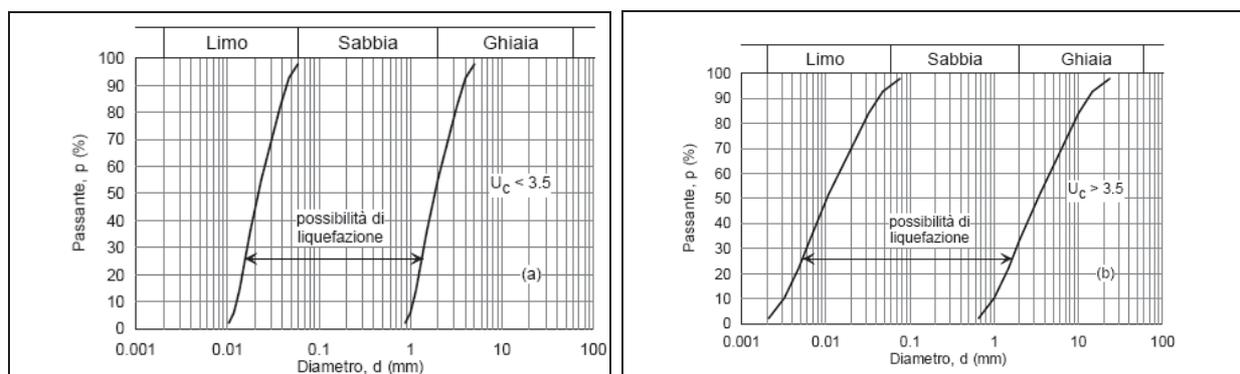


Fig. 13a,b - Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione (a- per $U_c < 3,5$; b- per $U_c > 3,5$).

Quando le condizioni 1 e 2 non risultino soddisfatte, le indagini geotecniche devono essere finalizzate almeno alla determinazione dei parametri necessari per la verifica delle condizioni 3, 4 e 5.

Per il sito in esame le condizioni 1 e 2 non risultano soddisfatte e le ulteriori indagini geotecniche hanno verificato le condizioni 3, 4 e 5, come di seguito descritto:

- profondità della falda rilevata nei primi 15 m dal piano di fondazione (da sondaggio S3 e CPT vecchie e nuove), pertanto la condizione 3 non risulta soddisfatta;

- i valori di resistenza penetrometrica normalizzata ($N1$)₆₀ (N_{spt} nel sondaggio S3) e $qc1N$ (qc nella CPT 1 – 2017) più cautelativi per i depositi di copertura (h_n e SIV2) e normalizzati ad una tensione efficace verticale di 100 kPa, risultano minori di 30 e minori di 180; pertanto la condizione 4, anche se la improbabile condizione granulometrica di sabbie pulite non è stata accertata analiticamente, non risulta soddisfatta;

- non sono state condotte analisi granulometriche specifiche nel sondaggio S3 a causa di granulometrie troppo grossolane, mentre la prova CPT1 – 2017 ha restituito un'interpretazione di granulometrie più tendenti a diametri fini; pertanto la condizione 5 non è risultata rigorosamente verificabile e non si può ritenere soddisfatta.

I dati analizzati non permettono di escludere per i terreni in oggetto la suscettibilità alla liquefazione dinamica.

Si ritiene quindi di eseguire una **verifica della liquefazione dinamica dei depositi di copertura** con il metodo semplificato di Andrus e Stokoe (1997). In generale i metodi semplificati si basano sul rapporto che intercorre fra le sollecitazioni di taglio che producono liquefazione e quelle indotte dal terremoto; hanno perciò bisogno di valutare i parametri relativi sia all'evento sismico sia al deposito, determinati questi ultimi privilegiando metodi basati su correlazioni della resistenza alla liquefazione con parametri desunti da prove in situ. La resistenza del deposito alla liquefazione viene quindi valutata in termini di fattore di resistenza alla liquefazione dove CRR (Cyclic Resistance Ratio) indica la resistenza del terreno agli sforzi di taglio ciclico e CSR (Cyclic Stress Ratio) la sollecitazione di taglio massima indotta dal sisma. I vari metodi semplificati proposti in letteratura differiscono fra loro soprattutto per il modo con cui viene ricavata CRR, la resistenza alla liquefazione. Il parametro maggiormente utilizzato è il numero dei colpi nella prova SPT anche se oggi, con il progredire delle conoscenze, si preferisce valutare il potenziale di liquefazione utilizzando prove statiche (CPT) o prove di misurazione delle onde di taglio V_s .

Secondo il metodo di Andrus e Stokoe (1997) la resistenza alla liquefazione di un deposito sabbioso può essere valutata attraverso la stima delle velocità delle onde S, partendo dai risultati ottenuti da stendimenti di sismica a rifrazione. La relazione è la seguente:

$$R \text{ (CRR)} = 0,03(V_{s1}/100)^2 + (0,9/V_{s1c} - V_{s1}) - (0,9/V_{s1})$$

dove:

V_{s1} (m/s) = velocità delle onde S nello strato corretta = $V_s(1/\sigma_v^0)^{0,25}$

e V_s è la velocità misurata e σ_v^0 (kg/cmq) è la pressione verticale efficace a metà strato;

V_{s1c} (m/s) = valore critico delle onde S nel deposito, ricavabile attraverso il seguente schema:

V_{s1c} (m/s)=220 se la percentuale di fine(FC)<5%;

V_{s1c} (m/s)=210 se FC=20%;

V_{s1c} (m/s)=200 se FC>35%;

interpolando per valori intermedi di FC.

Viene considerato non liquefacibile un deposito in cui sia F_s (CRR/CSR)>1.

Questa procedura è raccomandata dal National Center for Earthquake Research (NCEER).

Considerando le caratteristiche del caso in esame ed in particolare:

$V_s = 240$ m/s (stimato cautelativamente dalla prova CPT per i primi 1,80 m);

$V_{s1} = 373,22$ m/s;

$V_{s1c} = 220$ m/s (stima cautelativa);

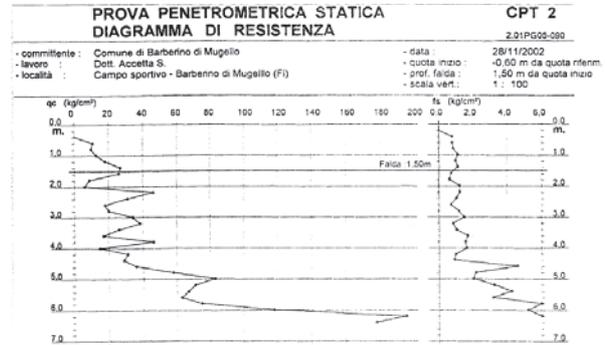
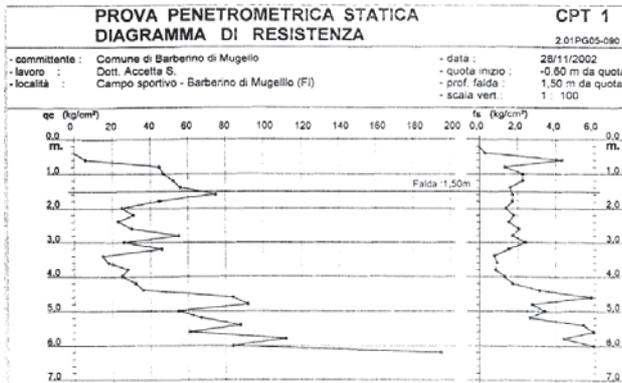
Falda a piano campagna.

Si ottiene:

Si riporta di seguito una sintesi delle indagini, significative ai fini dell'intervento di cui trattasi.

- N. 2 Prova penetrometrica statica (10 ton) fino ad una profondità di circa 6,40 m (CPT1- 2002, CPT2 - 2002 – novembre 2002, dato fornito dalla Committenza)

Le prove sono state realizzate con penetrometro Pagani da 20 ton ed hanno fornito la seguente stratigrafia.



| Stratigrafia CPT1-2 - 2002 | | | | |
|--|---------------------------------------|--------------|--|---|
| Strato | Profondità | Spessore (m) | Descrizione | Addensamento/consistenza |
| 0 | da -0,00 a -1,00 m dal p.c. | 1,00 | Terreno di riporto | - |
| A | da -1,00 a -4,40/4,60 m dal p.c. | 4,50 | Limo sabbioso con ghiaie | da poco addensato a moderatamente addensato (qc = 25,71 kg/cm²) ($\phi=30^\circ$) |
| B | da -4,40/4,60 a -6,20/6,40 m dal p.c. | 3,20 | Sabbie e sabbie limose con presenza di ghiaie e ciottoli | moderatamente addensato (qc = 93,50 kg/cm²) ($\phi=33^\circ$) |
| <i>E' stata segnalata la presenza di acqua nel foro delle due prove a - 1,50 m dal p.c..</i> | | | | |

- N. 1 Stratigrafia pozzo (10 ton) fino ad una profondità di circa 5,40 m (CPT1- 2017 – dicembre 2002, dato fornito dalla Committenza)

| Orizzonte litotecnico | Litologia | Profondità dal p.c. |
|-----------------------|--|---------------------|
| A | Limi sabbiosi e ciottoli sparsi | 0.0 – 5.0 m |
| B | livello di ghiaia limo sabbiosa | 5.0 – 8.0 m |
| C | Substrato roccioso (Arenarie del Monte Cervarola): Arenarie fini e Siltiti | 8.0 – 15.0 m |

- N. 1 Sondaggio a carotaggio continuo fino ad una profondità di circa 15m con esecuzione di n. 2 prove geotecniche in foro SPT a punta conica (S3 – dicembre 2006)

Il sondaggio è stato programmato con l'obiettivo di: fornire il profilo stratigrafico dei depositi superficiali sino al substrato roccioso (bedrock sismico), attraversandolo per uno spessore significativo di almeno 5m; caratterizzare dal punto di vista fisico-meccanico i litotipi attraversati; effettuare rilievi e misure sulle falde acquifere; effettuare un'adeguata cementazione del foro in modo da permettere l'esecuzione della prova down-hole.

Il sondaggio geognostico, identificato con la sigla S3, è stato effettuato a rotazione a carotaggio continuo (\varnothing mm 101) in data 12.12.2006. Il sondaggio ha raggiunto la profondità di ml 15.00 dal p.c.

La falda è stata individuata a circa 4,50 m dal p.c..

Le litologie incontrate nei depositi alluvionali, di tipo ghiaioso sabbioso-limose, in sede di cantiere sono state valutate inadatte a qualsiasi tentativo di campionamento proprio a causa della loro granulometria. Per questo motivo non è stato effettuato il prelievo di campioni

In corso di sondaggio sono state effettuate 2 prove penetrometriche dinamiche tipo SPT a punta conica. Le prove hanno fornito i seguenti risultati:

| N | data | Profondità in m | tipo di punta | SPT |
|-------------------|------------|-----------------|---------------|--------------|
| N _{SPT1} | 12.12.2006 | 1,70 – 2,15 | Punta conica | 3-4-3 |
| N _{SPT2} | 12.12.2006 | 7,50 – 7,93 | Punta conica | 24-(35-65) R |

La prova N_{SPT1}, eseguita in corrispondenza di depositi alluvionali caratterizzati da granulometrie ghiaioso sabbioso-limose, ha fatto registrare un valore di 7. La prova N_{SPT2}, eseguita in corrispondenza di depositi alluvionali costituiti da granulometrie ghiaioso sabbioso-limose, ha fatto registrare rifiuto strumentale.

L'indagine ha messo in evidenza la presenza di una litologia ghiaioso sabbioso limosa fino a 8,10 m dal p.c. e un sottostante substrato roccioso prevalentemente siltitico fino alla quota di interruzione del sondaggio.

Nella tabella seguente è riportata in dettaglio la descrizione litostratigrafica rilevata:

| Profondità metri dal p. c. | DESCRIZIONE LITOSTRATIGRAFICA |
|----------------------------|---|
| 0,00 – 0,10 | Terreno arenato |
| 0,10 – 8,10 | Ghiaia sabbioso limosa, da sciolta (v. N _{spt1} : da 1,70 a 2,15 m dal p.c.) a molto addensata (? v. N _{spt2} : da 7,50 a 7,93 m dal p.c.), satura a partire da -4,50 m, colore da marrone rosso fino a 3,80 m, verso il basso passa a marrone avana, reazione ad HCl nulla, clasti da subangolosi ad arrotondati di natura prevalentemente siltitica, arenitica, scarsamente selezionata, clastosostenuta, dimensioni di diametro medio dei clasti intorno ai 2 cm, dimensioni massime intorno ai 5 cm. <u>Presenza di livelli organici tra 2,30 m e 3,85 m.</u> |
| 8,10 – 15,00 | Alternanze di prevalenti siltiti, marne ed areniti fini (torbiditi calcaree), colore grigio medio, generalmente non alterata, stratificazione suborizzontale (inclinazione massima intorno ai 5°), strati diritti (interpretati in base alla presenza di un piccolo scour intorno ai 13,05 m), si riconoscono esclusivamente sequenze Tb di Bouma ed emipelagiti, ammasso roccioso modestamente fratturato, interessato, nell'insieme, da superfici di strato e da tre famiglie di giunti. |

I terreni attraversati dal sondaggio tra il piano di campagna e la profondità di 8,10 m dal p.c. sono attribuibili all'**Unità di Luco di Mugello (SIV 2)**, un deposito fluviale del Bacino del Mugello a granulometria prevalentemente grossolana, datato al *Pleistocene medio-superiore*.

Da 8,10 m fino a fondo foro la perforazione incontra un substrato litoide riferibile alla Formazione dell'Acquerino riconducibile ad un singolo sistema torbiditico e datata al *Chattiano?-Burdigaliano (MNN1a-MNN3b)*. Gli strati attraversati sono prevalentemente a granulometrie fini, ma lo spessore della formazione attraversata rende arbitraria qualsiasi attribuzione ai membri della formazione; si rileva comunque che dalla cartografia geologica disponibile del Programma VEL della Regione Toscana (scala 1:2000) si evince l'attribuzione delle litologie al **Membro pelitico (AQR 3)** della **Formazione dell'Acquerino**. Sulla base di considerazioni di geologia regionale si attribuisce la litologia non indagata, fino a circa 30 m, alla stessa formazione.

- N. 1 *Prospezione geofisica di sismica a rifrazione nel foro di sondaggio con tecnica down hole con onde P e SH per la profondità di 15 m (DHS3 – gennaio 2007)*

Le prove down hole sono state programmate con l'obiettivo di tarare i dati ottenuti dalla sismica di superficie e di dettagliare le informazioni relative alle Vp e Vsh.

L'indagine, i cui risultati sono riportati in allegato, ha messo in evidenza la presenza di tre sismostrati: il più superficiale, da 0,00 a 4,00 m dal p.c., caratterizzato da velocità delle onde P di 990 m/s e velocità delle onde SH di **340** m/s; l'intermedio da 4,00 a 8,00 m dal p.c., caratterizzato da velocità delle onde P di 1.850 m/s e velocità delle onde SH di **430** m/s; il sismostrato più profondo risulta caratterizzato da velocità delle onde P comprese di 2.540 m/s e velocità delle onde SH di **1.090** m/s. Tale indagine ha ampiamente verificato i risultati del sondaggio mettendo in evidenza all'interno del deposito alluvionale due sismostrati con velocità diverse, probabilmente ascrivibili a diversi stati di addensamento del deposito.

- N. 1 Prova penetrometrica statica (10 ton) fino ad una profondità di circa 5,40 m (**CPT1- 2017** – aprile 2017)

L'attrezzatura utilizzata è un penetrometro modello TG 63-100, prodotto dalla ditta PAGANI GEOTHECNICAL EQUIPMENT, in grado di eseguire sia prove dinamiche che statiche, per queste ultime le caratteristiche del mezzo consentono una spinta di 10 t.

La prova penetrometrica statica (CPT - Cone Penetration Test; ASTM D 3441-86) consiste essenzialmente nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta meccanica di dimensioni e caratteristiche standardizzate, infissa nel terreno a velocità costante ($v = 2$ cm/sec). La penetrazione avviene attraverso un dispositivo di spinta (martinetto idraulico), opportunamente ancorato al suolo con coppie di coclee ad infissione, che agisce su una batteria doppia di aste (aste coassiali esterne cave e interne piene), alla cui estremità inferiore è collegata la punta. La punta conica (di tipo telescopico) è dotata di un manicotto sovrastante per la misura dell'attrito laterale (punta/manicotto tipo *Begemann*, 1953).

Lo sforzo necessario per l'infissione è misurato per mezzo di una cella di carico collegata al martinetto. I valori acquisiti dalla cella di carico sono visualizzati sul display di una sistema di acquisizione automatico che mostra le letture relative alle misure di penetrazione della punta (LP), laterale e totale (LT), rilevate ad intervalli regolari di 20 cm.

I parametri specifici di Resistenza alla punta (R_p o q_c in kg/cm^2) e di Resistenza laterale (R_l o f_s in kg/cm^2) sono desunti tramite opportune costanti e sulla base dei valori dell'area di base della punta e dell'area del manicotto di frizione laterale, considerando nel caso specifico che: $A_p =$ l'area punta (base del cono punta tipo "Begemann") = 10 cm^2 ; $A_m =$ area del manicotto di frizione = 150 cm^2 ; $C_t =$ costante di trasformazione = 10; si ottiene:

$$R_p = (LP \times C_t) / 10\text{ cm}^2$$

$$R_l = [(LT - LP) \times C_t] / 150\text{ cm}^2$$

Dai dati ricavati è così possibile risalire al tipo di litologia e ottenere una ricostruzione delle caratteristiche di resistenza meccanica delle litologie indagate. Si riporta di seguito una sintesi stratigrafica e litotecnica significativa dell'indagine eseguita.

| Stratigrafia CPT1 - 2017 | | | | |
|--------------------------|-----------------------------|----------------------|-------------------------|---|
| Strato | Profondità | Spessore (m) | Descrizione | Addensamento/consistenza |
| 0 | da -0,00 a -0,60 m dal p.c. | | Terreno di riporto | ($q_c = 12,14\text{ kg/cm}^2$) |
| A1 | da -0,60 a -1,80 m dal p.c. | 1,20 | Limo argilloso sabbioso | Poco addensato ($q_c = 10,57\text{ kg/cm}^2$) |
| A2 | da -1,80 a -5,00 m dal p.c. | 3,20 | Limo sabbioso | Addensato ($q_c = 50,03\text{ kg/cm}^2$) |
| B | da -5,00 a -5,40 m dal p.c. | 0,40 e ? > | Sabbia | Molto addensato ($q_c = 84,33\text{ kg/cm}^2$) |

E' stata rilevata la presenza di umidità nel foro della prova a - 5,20 m dal p.c..

Tabella 3 - Sintesi della stratigrafia di riferimento della CPT1 - 2017

I parametri desunti da tali indagini sono riassunti nel paragrafo seguente.

8. Parametrizzazione geotecnica e modello geologico e geotecnico

Come indicato dal d.m. 14/01/08, i valori caratteristici delle grandezze fisiche e meccaniche da attribuire ai terreni di fondazione sono stati ottenuti attraverso l'interpretazione dei risultati di prove e misure in sito, ricordando che "per valore caratteristico di un parametro geotecnico deve intendersi una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro nello stato limite considerato".

A questo scopo sono stati utilizzati i dati provenienti dalle indagini eseguite, in particolare la penetrometria statica ritenuta più affidabile. I valori ottenuti dalle prove penetrometriche sono stati raggruppati a giudizio dello scrivente in strati o livelli dalle caratteristiche omogenee. Su questi sono state applicate le correlazioni di seguito riportate.

Per il peso di volume (γ) sono state utilizzate le correlazioni di Meyerhof, Terzaghi e Peck (1948-1967) e Bowles (1982).

Per l'angolo d'attrito (ϕ) delle litologie incoerenti è stata utilizzata la correlazione di Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956).

Per la coesione non drenata (C_u) delle litologie coesive, sono state utilizzate le correlazioni di Marsland (1974) e Marsland e Powell (1979).

Per il Modulo Edometrico (M_o) è stata utilizzata la correlazione di Mitchell e Gardner (1975), per poi risalire al reciproco Coefficiente di Compressibilità (M_v).

I dati ottenuti hanno permesso di giungere ad un significativo quadro geotecnico espresso in termini di **valori medi**. Ricordando che secondo la Circ. M.I.T.- C.S.L.P. n. 617 del 02/02/2009 per pervenire ad una scelta corretta dei valori caratteristici, appare giustificato il riferimento a valori prossimi ai valori medi quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno (in fondazioni superficiali o in una frana il volume interessato dalla superficie di rottura è grande), con possibile compensazione delle eterogeneità o quando la struttura a contatto con il terreno è dotata di rigidità sufficiente a trasferire le azioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti, nel caso specifico trattandosi di fondazioni superficiali, in analogia ai valori medi, i **valori caratteristici** sono risultati:

| Unità litotecnica | Formazione | Spessore | N _{spt} | Q _c (kg/cm ²) | Litologia | Addensamento/ consistenza/ fratturazione | M _o ' (modulo edometrico) kN/m ² | γ'_k (peso di volume, saturato) kN/m ³ | C _{u,k} (coesione non drenata) kN/m ² | ϕ'_k (angolo di resistenza al taglio) ° |
|-------------------|------------|----------|------------------|--------------------------------------|---|--|--|---|---|--|
| 0 | hn | 0,6 | | | Riporto | - | - | - | - | - |
| A1 | SIV2 | 1,2 | (7) | 10,57 | Limo sabbioso argilloso talora con ghiaia | poco addensato | 2'073,13 | 17,65 20,59 | (34,32) | 21,75 |
| A2 | SIV2 | 3,20 | - | 50,03 | Limo sabbioso talora con ghiaia | addensato | 8'340,56 | 17,65 20,59 | (163,77) | 39,46 |
| B | SIV2 | >0,40 | (R) | 84,33 | Sabbia | molto addensato | 14'058,81 | 18,63 21,57 | (275,57) | 45,00 |
| C | AQR3 | >23 | - | - | Siltiti e arenarie torbiditiche | litoide | - | - | - | - |

Tabella 4 – Parametri geotecnici caratteristici e modello geologico-geotecnico

9. Modello geologico-geotecnico

Lo studio geologico evidenzia che l'intervento in progetto è situato in una stretta valle alluvionale appenninica caratterizzata sostanzialmente da deboli pendenze, pressoché subpianeggiante nel sito di intervento. Stratigraficamente l'area è caratterizzata da riporti (hn) e depositi alluvionali (SIV2) di spessori modesti (5-7 m) e caratteristiche geotecniche variabili da modeste a buone, direttamente sovrastanti un substrato, riferibile alla Formazione dell'Acquerino-membro pelitico (AQR3).

Non sono state rilevate forme o movimenti attribuibili a collassi, cedimenti o fenomeni gravitativi in atto.

I dati integrati delle indagini eseguite evidenziano la presenza di acqua intorno a 5 m dal p.c. Per quanto riguarda il settore settentrionale della fondazione della recinzione è lecito aspettarsi una falda a circa – 1,50 m di profondità dal p.c.

Gli interventi in oggetto non apporteranno alcuna modifica rispetto all'entità ed alle direzioni del deflusso idrico superficiale e sotterraneo

I modelli geologico e geotecnico elaborati si ritengono di sufficiente affidabilità nei confronti degli interventi in progetto.

10. Osservazioni conclusive

Lo studio geologico-sismico-geotecnico del sottosuolo sul quale sono previsti gli interventi in progetto, sulla base di dati raccolti in letteratura tecnica e di quelli determinati con le indagini eseguite, ha permesso la definizione di un modello geologico che ha consentito di esprimere la positiva valutazione della fattibilità degli interventi in esame. Con questi presupposti sono stati definiti modelli sismici e geotecnici capaci di fornire i necessari parametri per la progettazione.

In via qualitativa si ritiene che il terreno interessato dalle fondazioni dell'edificio abbia caratteristiche geotecniche medio-basse comunque in grado di sopportare i modesti carichi introdotti dagli interventi in progetto.

Durante l'esecuzione dei lavori deve essere accertata in loco la rispondenza delle indagini geologiche e delle previsioni di progetto con lo stato effettivo dei terreni, ed adottato di conseguenza ogni ulteriore modifica progettuale e/o accorgimento operativo necessari ad assicurare la stabilità dei terreni stessi e delle opere. Si prega pertanto il Committente e il Direttore dei Lavori di avvisare il sottoscritto con congruo anticipo di tempo sulla data d'inizio dei lavori.

Castellina Marittima, 01 giugno 2017

dott. geol. Francesco Calderini



The image shows a circular professional stamp of the 'Ordine dei Geologi della Toscana' (Order of Geologists of Tuscany). The stamp contains the text: 'ORDINE DEI GEOLOGI DELLA TOSCANA', 'DOT. GEOL. FRANCESCO CALDERINI', and 'N° 1401'. Below the stamp is a handwritten signature in blue ink that reads 'Francesco Calderini'.

All.A_GeostruPS_report_26-5-2017_18-43_Barberinostadio.txt
 Parametri sismici

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii
 Muro rigido: 0

Sito in esame.

latitudine: 44,00629
 longitudine: 11,240558
 Classe: 2
 Vita nominale: 50

Siti di riferimento

| | | | | |
|----------|------------------|--------------|--------------|-----------|
| 3606,297 | Sito 1 ID: 18948 | Lat: 44,0125 | Lon: 11,1963 | Distanza: |
| 2189,367 | Sito 2 ID: 18949 | Lat: 44,0139 | Lon: 11,2658 | Distanza: |
| 5188,401 | Sito 3 ID: 19171 | Lat: 43,9639 | Lon: 11,2676 | Distanza: |
| 5926,104 | Sito 4 ID: 19170 | Lat: 43,9625 | Lon: 11,1983 | Distanza: |

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: B
 Categoria topografica: T1
 Periodo di riferimento: 50anni
 Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %
 Tr: 30 [anni]
 ag: 0,061 g
 Fo: 2,463
 Tc*: 0,257 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %
 Tr: 50 [anni]
 ag: 0,079 g
 Fo: 2,444
 Tc*: 0,262 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %
 Tr: 475 [anni]
 ag: 0,196 g
 Fo: 2,399
 Tc*: 0,285 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %
 Tr: 975 [anni]
 ag: 0,251 g
 Fo: 2,416
 Tc*: 0,287 [s]

Coefficienti Sismici

SLO:
 Ss: 1,200
 Cc: 1,440
 St: 1,000
 Kh: 0,015
 Kv: 0,007
 Amax: 0,718
 Beta: 0,200

SLD:
 Ss: 1,200
 Cc: 1,440
 St: 1,000
 Kh: 0,019
 Kv: 0,009
 Amax: 0,926

All.A_GeostruPS_report_26-5-2017_18-43_Barberinostadio.txt
Beta: 0,200
SLV:
Ss: 1,200
Cc: 1,410
St: 1,000
Kh: 0,056
Kv: 0,028
Amax: 2,306
Beta: 0,240
SLC:
Ss: 1,160
Cc: 1,410
St: 1,000
Kh: 0,081
Kv: 0,041
Amax: 2,851
Beta: 0,280

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50
Geostru software - www.geostru.com
Coordinate WGS84
latitudine: 44.005338
longitudine: 11.239571

All.B_winMASW_report_Barberino stadio.txt

==o== SECTION#1

dataset: 4m_3c_12g_int4_65db_barberinostadio.SGY
 minimum offset (m): 4
 geophone spacing (m): 4
 sampling (ms): 0.131
 Dispersion curve: pick8.cdp
 Number of individuals: 30
 Number of generations: 41

Adopted search space (minimum vs & thickness): 231 1.26
 318.5 3.64 840
 Adopted search space (maximum Vs & thickness): 429 2.34
 591.5 6.76 1560
 Adopted Poisson values: 0.35 0.35 0.35

Output folder:

C:\DOCUME~1\FRANCE~1\Documenti\Lavoro\Lavoro_2017\Lavori_2017\0.0_MASW_2017
 \834 - Barberino stadio - Francesco\4m\out\out8

==o== SECTION#2

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -66.5237
 -3.9539
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -70.0372
 -3.9539
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -67.8326
 -3.9539
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -65.597
 -3.9539
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -69.7335
 -3.9539
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -68.7173
 -3.9539
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -57.7309
 -3.9539
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -44.1341
 -3.9539
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -57.4579
 -3.9539
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits:
 -47.8332 -3.9539
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits:
 -45.5407 -3.9539
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits:
 -59.4063 -3.9539
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits:
 -49.4846 -3.9539
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits: -56.852
 -3.9539
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits:
 -43.5467 -3.9539
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits:
 -49.1031 -3.9539
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 17; average & best misfits:
 -36.1097 -3.9539
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 18; average & best misfits:
 -36.3756 -3.9539
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 19; average & best misfits:
 -41.1538 -3.9539
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 20; average & best misfits:
 -38.2051 -3.9539
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 21; average & best misfits:
 -44.2334 -3.9539
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 22; average & best misfits:
 -42.2731 -3.9539
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 23; average & best misfits:

```

All.B_winMASW_report_Barberino stadio.txt
-42.8605      -3.9539
Optimizing Vs & Thickness - generation: 24; average & best misfits:
-44.7267      -3.9539
Optimizing Vs & Thickness - generation: 25; average & best misfits:
-40.1329      -3.9539
Optimizing Vs & Thickness - generation: 26; average & best misfits:
-34.2469      -3.9539
Optimizing Vs & Thickness - generation: 27; average & best misfits:
-43.2079      -3.9539
Optimizing Vs & Thickness - generation: 28; average & best misfits:
-43.7372      -3.18894
Optimizing Vs & Thickness - generation: 29; average & best misfits:
-48.6824      -3.18894
Optimizing Vs & Thickness - generation: 30; average & best misfits:
-31.9988      -3.18894
Optimizing Vs & Thickness - generation: 31; average & best misfits:
-38.9134      -3.18894
Optimizing Vs & Thickness - generation: 32; average & best misfits:
-36.8437      -3.18894
Optimizing Vs & Thickness - generation: 33; average & best misfits:
-38.3176      -3.18894
Optimizing Vs & Thickness - generation: 34; average & best misfits:
-28.3153      -3.18894
Optimizing Vs & Thickness - generation: 35; average & best misfits:
-34.0413      -3.18894
Optimizing Vs & Thickness - generation: 36; average & best misfits:
-33.0195      -3.18894
Optimizing Vs & Thickness - generation: 37; average & best misfits:
-45.6969      -3.18894
Optimizing Vs & Thickness - generation: 38; average & best misfits:
-36.6351      -3.18894
Optimizing Vs & Thickness - generation: 39; average & best misfits:
-41.0834      -3.18894
Optimizing Vs & Thickness - generation: 40; average & best misfits:
-39.4296      -3.18894
Optimizing Vs & Thickness - generation: 41; average & best misfits: -39.432
-3.18894

```

Checking the new search space (for the finer search)

Now a finer search around the most promising search space area

```

Rayleigh wave analysis
Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -64.1707
-3.18894
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -52.2853
-3.18894
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -62.3709
-3.18894
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -55.4575
-3.18894
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -50.35
-3.18894
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -42.7055
-3.18894
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -43.4883
-3.18894
Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -52.6942
-3.18894
Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -47.373
-3.18894
Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits:
-41.7879      -3.18894
Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits:
-45.8562      -3.18894

```

```

Model after the Vs & Thickness optimization (fixed Poisson values):
Vs (m/s): 324  458  1200
Poisson: 0.35  0.35  0.35
Thickness (m): 1.8  5.2

```

All.B_winMASW_report_Barberino stadio.txt
Number of models considered to calculate the average model: 1

RESULTS winMASW Pro
#####

Dataset: 4m_3c_12g_int4_65db_barberinostadio.SGY
Analyzed curve: pick8.cdp
Posterior Probability Density (deviazioni standard) not defined because of insufficient data

==o== SECTION#3

=====
=====

MEAN MODEL

VS (m/s): 324 458 1200
Standard deviations (m/s): 0 0 0

Thickness (m): 1.8 5.2
Standard deviations (m): 0.0 0.0

Approximate values for vp, density & elastic moduli
Vp (m/s): 674 953 2498
Density (gr/cm3): 1.96 2.04 2.28
Vp/Vs ratio: 2.08 2.08 2.08
Poisson: 0.35 0.35 0.35
Young modulus (MPa): 555 1157 8852
Sjear modulus (MPa): 206 428 3278
Lamé (MPa): 479 998 7650
Bulk modulus (MPa): 616 1284 9835

Fundamental mode

Mean model
f(Hz) VR(m/s)
18.8573 923.913
25.4406 823.8364
30.3781 573.345
34.1635 481.7369
45.1906 410.2705
57.5344 383.1377
77.6135 349.0619

==o== SECTION#4

=====
=====

BEST MODEL

Vs (m/s): 324.27527 457.67022 1200
thickness (m): 1.8 5.2

Approximate values for vp, density & elastic moduli
Vp (m/s): 675 953 2498
Density (gr/cm3): 1.96 2.04 2.28
Vp/Vs ratio: 2.08 2.08 2.08
Poisson: 0.35 0.35 0.35
Young modulus (MPa): 555 1156 8852
Shear modulus (MPa): 206 428 3278
Lamé (MPa): 481 998 7650
Bulk modulus (MPa): 618 1284 9835

dispersion curve (frequency - Rayleigh phase velocity)

Fundamental mode)

best model

| F(Hz) | VR(m/s) |
|---------|----------|
| 18.8573 | 923.7429 |
| 25.4406 | 823.6613 |
| 30.3781 | 572.3957 |
| 34.1635 | 481.2484 |
| 45.1906 | 410.073 |
| 57.5344 | 383.064 |
| 77.6135 | 349.2109 |

==o== SECTION#5

Maximum penetration depth according to the "Steady State Rayleigh Method":
20 m

Inversion quality: very good

VS5 (mean model): 399 m/s
VS5 (best model): 399 m/s

VS20 (mean model): 721 m/s
VS20 (best model): 721 m/s

VS30 (mean model): 832 m/s
VS30 (best model): 832 m/s

==o== SECTION#6

Possible Soil Type: A
(based on the mean model)

For the Italian Users:

Dalla normativa (modifiche del D.M. 14/09/2005 Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con D.M. Infrastrutture del 14/01/2008, pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento ordinario n° 29 del 04/02/2008):

A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di VS30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m.

B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e $cu_{30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).

C - Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT30 < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu_{30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

D - Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT30 < 15$ nei terreni a grana grossa e $cu_{30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).

E - Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $VS > 800$ m/s).

S1 - Depositati di terreni caratterizzati da valori di VS30 inferiori 100 m/s (ovvero $10 < cu_{30} < 20$ kPa) che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includano almeno 3 m di torba o argille altamente organiche.

S2 - Depositati di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

All.B_winMASW_report_Barberino stadio.txt
Results saved in the folder
"C:\DOCUME~1\FRANCE~1\Documenti\Lavoro\Lavoro_2017\Lavori_2017\0.0_MASW_2017\834 - Barberino stadio - Francesco\4m\out\out8".

=====

winMASW 4.2 Pro
Surface Wave Analysis
via MASW - Multichannel Analysis of Surface Waves

www.eliosoft.it



PROVA PENETROMETRICA STATICA

Committente: Comune di Barberino di Mugello (FI)
Cantiere: Campo sportivo "S. Banti"
Località: capoluogo

Caratteristiche Strumentali PAGANI TG 63 (100 kN)

| | |
|---------------------------------|---------------|
| Rif. Norme | ASTM D3441-86 |
| Diametro Punta conica meccanica | 35,7 |
| Angolo di apertura punta | 60 |
| Area punta | 10 |
| Superficie manicotto | 150 |
| Passo letture (cm) | 20 |
| Costante di trasformazione Ct | 10 |

dott. geol. Francesco Calderini



PROVA ...CPT1

Committente: Comune di Barberino di Mugello (FI)

Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (100 kN)

Prova eseguita in data: 13/04/2017

Profondità prova: 5,40 mt

Località: capoluogo

| Profondità (m) | Lettura punta (Kg/cm ²) | Lettura laterale (Kg/cm ²) | qc (Kg/cm ²) | fs (Kg/cm ²) | qc/fs Begemann | fs/qcx100 (Schmertmann) |
|----------------|-------------------------------------|--|--------------------------|--------------------------|----------------|-------------------------|
| 0,20 | 5,00 | 32,00 | 5,14 | 1,07 | 4,80 | 20,82 |
| 0,40 | 17,00 | 33,00 | 17,14 | 0,53 | 32,34 | 3,09 |
| 0,60 | 14,00 | 22,00 | 14,14 | 1,27 | 11,13 | 8,98 |
| 0,80 | 12,00 | 31,00 | 12,14 | 0,40 | 30,35 | 3,29 |
| 1,00 | 12,00 | 18,00 | 12,14 | 0,73 | 16,63 | 6,01 |
| 1,20 | 10,00 | 21,00 | 10,28 | 0,13 | 79,08 | 1,26 |
| 1,40 | 12,00 | 14,00 | 12,28 | 0,33 | 37,21 | 2,69 |
| 1,60 | 10,00 | 15,00 | 10,28 | 0,47 | 21,87 | 4,57 |
| 1,80 | 6,00 | 13,00 | 6,28 | 0,73 | 8,60 | 11,62 |
| 2,00 | 34,00 | 45,00 | 34,28 | 0,93 | 36,86 | 2,71 |
| 2,20 | 40,00 | 54,00 | 40,41 | 1,40 | 28,86 | 3,46 |
| 2,40 | 53,00 | 74,00 | 53,41 | 3,07 | 17,40 | 5,75 |
| 2,60 | 29,00 | 75,00 | 29,41 | 4,00 | 7,35 | 13,60 |
| 2,80 | 64,00 | 124,00 | 64,41 | 1,73 | 37,23 | 2,69 |
| 3,00 | 51,00 | 77,00 | 51,41 | 3,73 | 13,78 | 7,26 |
| 3,20 | 36,00 | 92,00 | 36,55 | 0,80 | 45,69 | 2,19 |
| 3,40 | 29,00 | 41,00 | 29,55 | 1,07 | 27,62 | 3,62 |
| 3,60 | 17,00 | 33,00 | 17,55 | 4,20 | 4,18 | 23,93 |
| 3,80 | 24,00 | 87,00 | 24,55 | 1,80 | 13,64 | 7,33 |
| 4,00 | 70,00 | 97,00 | 70,55 | 2,73 | 25,84 | 3,87 |
| 4,20 | 82,00 | 123,00 | 82,69 | 2,60 | 31,80 | 3,14 |
| 4,40 | 71,00 | 110,00 | 71,69 | 2,67 | 26,85 | 3,72 |
| 4,60 | 42,00 | 82,00 | 42,69 | 1,60 | 26,68 | 3,75 |
| 4,80 | 63,00 | 87,00 | 63,69 | 4,27 | 14,92 | 6,70 |
| 5,00 | 87,00 | 151,00 | 87,69 | 1,60 | 54,81 | 1,82 |
| 5,20 | 101,00 | 125,00 | 101,83 | 2,07 | 49,19 | 2,03 |
| 5,40 | 66,00 | 97,00 | 66,83 | 0,00 | | 0,00 |

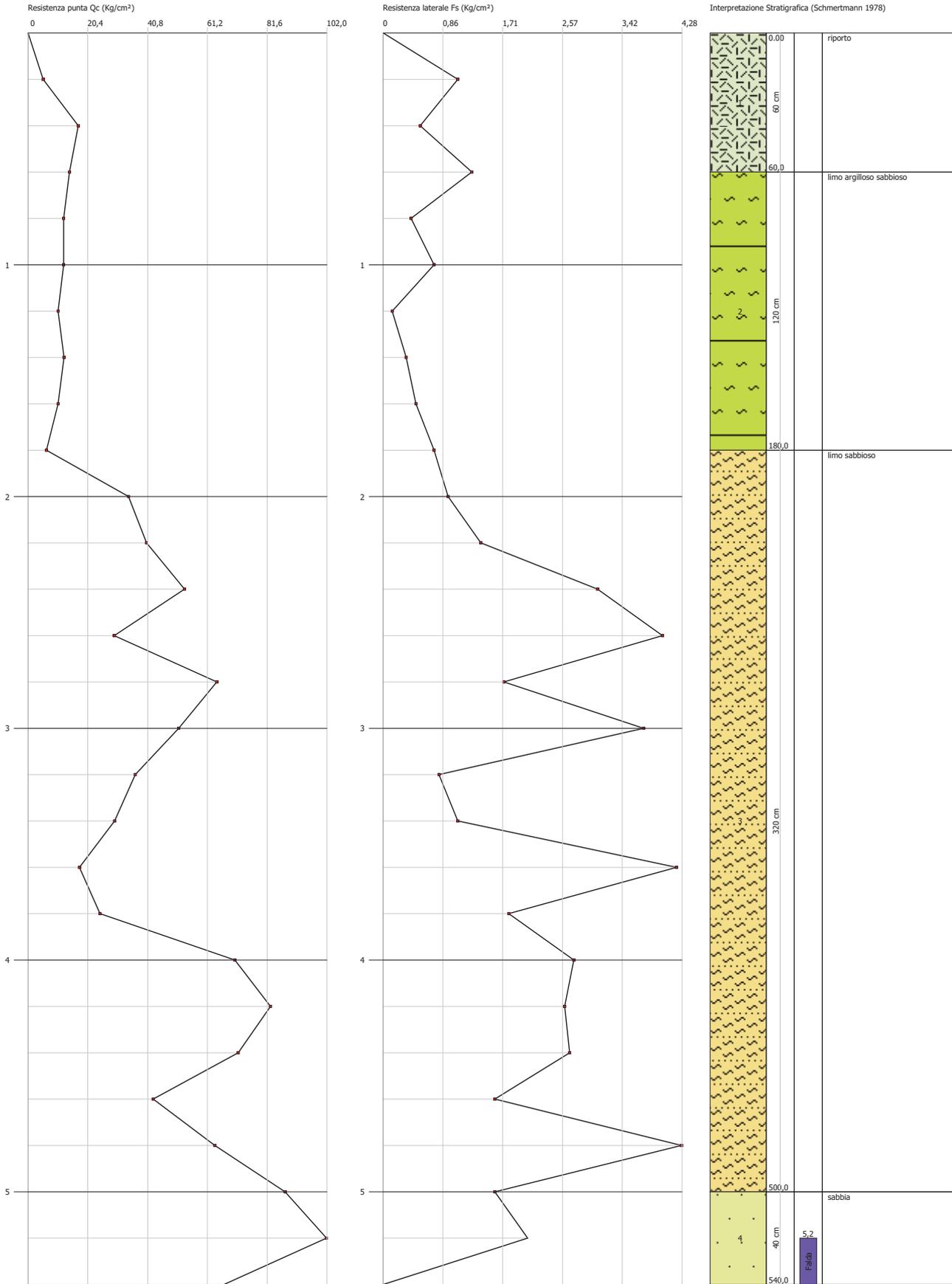
| Prof. Strato (m) | qc Media (Kg/cm ²) | fs Media (Kg/cm ²) | Gamma Medio (t/m ³) | Comp. Geotecnico | Descrizione |
|------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|--------------------|-------------------------|
| 0,60 | 12,14 | 0,96 | 1,87 | Incoerente-Coesivo | riporto |
| 1,80 | 10,57 | 0,47 | 1,85 | Incoerente-Coesivo | limo argilloso sabbioso |
| 5,00 | 50,03 | 2,39 | 2,09 | Incoerente-Coesivo | limo sabbioso |
| 5,40 | 84,33 | 1,04 | 1,95 | Incoerente-Coesivo | sabbia |

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

| | |
|-------|---|
| Nr: | Numero progressivo strato |
| Prof: | Profondità strato (m) |
| Tipo: | C: Coesivo. I: Incoerente. CI: Coesivo-Incoerente |
| Cu: | Coesione non drenata (Kg/cm ²) |
| Eu: | Modulo di defomazione non drenato (Kg/cm ²) |
| Mo: | Modulo Edometrico (Kg/cm ²) |
| G: | Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm ²) |
| OCR: | Grado di sovraconsolidazione |
| Puv: | Peso unità di volume (t/m ³) |
| PuvS: | Peso unità di volume saturo (t/m ³) |
| Dr: | Densità relativa (%) |
| Fi: | Angolo di resistenza al taglio (°) |
| Ey: | Modulo di Young (Kg/cm ²) |
| Vs: | Velocità onde di taglio (m/s) |

| | Nr. | Prof. | Tipo | Cu | Eu | Mo | G | OCR | Puv | PuvS | Dr | Fi | Ey |
|--------|-----|-------|------|------|---------|--------|--------|------|------|------|----|-------|--------|
| Vs | 1 | 0,60 | CI | 0,40 | 453,15 | 60,70 | 128,71 | 0,83 | 1,89 | 1,97 | <5 | 22,45 | 30,35 |
| 251,08 | 2 | 1,80 | CI | 0,35 | 388,01 | 52,85 | 118,27 | <0.5 | 1,86 | 1,94 | <5 | 21,75 | 26,43 |
| 243,04 | 3 | 5,00 | CI | 1,67 | 1851,05 | 125,07 | 305,77 | 1,61 | 2,12 | 2,20 | <5 | 39,46 | 125,08 |
| 350,22 | 4 | 5,40 | CI | 2,81 | 3123,30 | 210,83 | 420,66 | 1,51 | 2,21 | 2,29 | <5 | 45,00 | 210,83 |
| 395,94 | | | | | | | | | | | | | |





Allegato D
Sezione geologica-sismica-litotecnica
interpretativa
A – A'

Scala 1:100

