

# COMUNE DI PRATO

## RICHIESTA DI APPROVAZIONE PIANO ATTUATIVO IN VARIANTE URBANISTICA AI SENSI DEL CAPO II, TITOLO V DELLA L.R. 65/2014

PROGETTO DI UN EDIFICIO A DESTINAZIONE D'USO RESIDENZIALE COMPOSTO DA TRE UNITA' ABITATIVE DA PREVEDERSI IN UN'AREA DEL COMUNE DI PRATO, LOC.T À LA QUERCE, POSTA TRA VIA MUGELLESE E VIA BANCO TANINI

# PIANO ATTUATIVO IN VARIANTE SEZIONE RZ - RELAZIONI

COMMITTENTE	<b>TRASTULERA S.r.l.</b> <small>Via Valentini, 38 - 59100 Prato (PO) P.IVA e C.F. 02042500971</small>
-------------	--

PROGETTISTI	PROJECT MANAGEMENT	EDISISTEM s.r.l	
	PROJECT MANAGER	ARCH. GIOVANNI VALENTINI	
	PROGETTISTA URBANISTICO E ARCHITETTONICO	ARCH. MARCO VALENTINI ARCH. RACHELE BELLI	
	PROGETTISTA OPERE URBANIZZAZIONE PRIMARIA	ARCH. MARCO VALENTINI	
	RELAZIONE GEOLOGICA	SINERGIA SRLS	

ELABORATO	SCALA -
RELAZIONE GEOLOGICA	<b>RZ 05</b>

REVISIONE	DESCRIZIONE	DATA
1	PRESENTAZIONE	GENNAIO 2023



Proponente  TRASTULERA S.r.l.		Titolo Progetto Intervento di nuova edificazione consistente in un edificio residenziale con tre unità immobiliari ubicato in Via Mugellese, loc. La Querce, nel Comune di Prato		
Titolo Documento RELAZIONE GEOLOGICA		Codice Commessa 02013		
		Codice Documento REL_GEO		
Tabella Revisioni				
Revisione:	Descrizione:	EMESSO PER APPROVAZIONE		N° pagine:
A	Stesura:	Emanuele Montini	Data: 15/07/2020	20
	Approvazione:	Luca Gardone	Data: 30/07/2020	
Revisione:	Descrizione:			N° pagine:
B	Stesura:	Emanuele Montini	Data: 04/01/2023	26
	Approvazione:	Luca Gardone	Data: 09/01/2023	

# INDICE

PREMESSA .....	4
1. QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO.....	5
2. INQUADRAMENTO URBANISTICO DELL'AREA.....	5
2.1 INTERAZIONI DEL PROGETTO CON LE NORME DELL'AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME ARNO	5
2.2 ZONAZIONI DI PERICOLOSITÀ DA PIANO STRUTTURALE .....	6
2.3 MICROZONAZIONE SISMICA COMUNE DI PRATO.....	8
2.4 VINCOLO IDROGEOLOGICO .....	9
3. INQUADRAMENTO TERRITORIALE DELL'AREA.....	10
3.1 GEOLOGIA .....	10
3.2 GEOMORFOLOGIA.....	11
3.3 IDROGEOLOGIA E IDROGRAFIA .....	11
4. INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	12
4.1 CARATTERISTICHE DELLA CAMPAGNA GEOGNOSTICA .....	12
4.2 PROVE PENETROMETRICHE.....	13
4.3 PROSPEZIONI SISMICHE .....	13
5. CARATTERIZZAZIONE LITOSTRATIGRAFICA E GEOMECCANICA .....	15
6. CONSIDERAZIONI SULLA SISMICITÀ DELLA ZONA.....	17
6.1 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO .....	17
6.2 CLASSIFICAZIONE SISMICA REGIONALE.....	18
6.3 PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE.....	18
7. RICHIESTA DI VARIANTE AL PIANO OPERATIVO .....	21
8. AGGIORNAMENTO DEL QUADRO CONOSCITIVO E DELLE PERIMETRAZIONI DI PERICOLOSITÀ.....	21
8.1 PERICOLOSITÀ SISMICA .....	21
8.2 PERICOLOSITÀ GEOLOGICA.....	21
8.3 PERICOLOSITÀ IDRAULICA .....	22
9. ANALISI DI FATTIBILITÀ DEGLI INTERVENTI.....	22
10. CONSIDERAZIONI SULLA FATTIBILITÀ DELL'INTERVENTO.....	25

**ALLEGATI**

ALLEGATO A: Elaborati cartografici

ALLEGATO B: Certificati prove penetrometriche – Geognostica Fiorentina

ALLEGATO C: Relazione indagine sismica – Geognostica Fiorentina

## **Premessa**

La presente relazione illustra i risultati di una indagine geologica effettuata nel Comune di Prato, in Via Mugellese località La Querce (Tavola 1-2). Lo studio ha come scopo quello di definire il contesto litostratigrafico e le caratteristiche geomeccaniche dei terreni presenti nell'area di studio, con il fine di contribuire ad orientare i tecnici progettisti verso adeguate scelte progettuali. Nello specifico si tratta di un progetto di nuova edificazione comprensivo di un edificio a destinazione residenziale con 3 unità immobiliari ed una volumetria complessiva di circa 1300 m<sup>3</sup> con Superficie Edificabile pari a 350 m<sup>2</sup>, in ragione di quanto disciplinato all'interno del DPGR 1/R/2022 l'intervento ricade all'interno della Classe di Indagine 2.

I dati relativi all'inquadramento geologico, geomorfologico ed idrogeologico della zona sono stati desunti sulla base della consultazione del materiale bibliografico esistente sulla zona ed in seguito, mediante sopralluogo nell'area di intervento, integrato dalla consultazione delle carte tematiche allegato allo Strumento Urbanistico vigente nonché alle carte di Piano dell'Autorità di Bacino.

Per contestualizzare quanto riportato nei documenti geologici e dati di base acquisiti, riguardo la caratterizzazione litostratigrafica dell'area in oggetto, nonché la determinazione delle caratteristiche geomeccaniche dei terreni di fondazione, si è provveduto ad eseguire un'apposita campagna geognostica costituita da:

- n.2 prove penetrometriche statiche/dinamiche;
- n.1 stesa sismica;
- n.1 indagine di sismica passiva.

Le risultanze di tali studi hanno pertanto consentito di ricostruire la geometria e le caratteristiche reologiche dei terreni presenti in sito. Lo studio è stato sviluppato redigendo la presente relazione geologica comprendente tutti i contenuti previsti dalle Norme Tecniche per le Costruzioni, D.M. 17/01/2018, provvedendo infine alla definizione dei valori di progetto dei parametri geotecnici e della categoria di suolo presente.

L'area di studio risulta soggetta a Vincolo Idrogeologico secondo R.D. n.3267 del 1923 ed esterna alle perimetrazioni delle aree boscate.

## 1. Quadro normativo di riferimento

Lo studio è stato effettuato secondo quanto previsto dal seguente quadro normativo:

- **Decreto Ministeriale 17.01.2018** - Testo unitario – Norme Tecniche per le Costruzioni;
- **DPGRT 19/01/2022 n° 1/R** -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 delle attività di vigilanza e verifica delle opere e delle costruzioni in zone soggette a rischio sismico
- **D.P.G.R.16.03.2010, n. 32/R.** - Modifiche al regolamento emanato con decreto del Presidente della Giunta regionale 8 agosto 2003, n. 48/R (Regolamento forestale della Toscana"
- **D.P.G.R.08.08.2003, n. 48/R.** - Regolamento forestale della Toscana;
- **D.P.G.R. 25 ottobre 2011 n. 53/R** – Regolamento di attuazione dell'art. 62 della L.R. 3 gennaio 2005 n.1 in materia di indagini geologiche;
- **D.P.G.R. 05 febbraio 2020 n. 5/R** – Regolamento di attuazione dell'art. 104 della L.R. 10 novembre 2014 n.65 in materia di indagini geologiche;
- **Eurocodice 7.1 (1997)** - Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali;
- **Eurocodice 7.2 (2002)** - Progettazione geotecnica – Parte 2: Progettazione assistita da prove di laboratorio;
- **Eurocodice 7.3 (2002)** - Progettazione geotecnica – Parte 2: Progettazione assistita con prove in sito;
- **Eurocodice 8 (1998)** - Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici;

## 2. Inquadramento urbanistico dell'area

### **2.1 Interazioni del progetto con le norme dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno**

Il Piano di Bacino del Fiume Arno è redatto, adottato ed approvato ai sensi dell'art. 17, comma 6 ter, della legge 18 maggio 1989 n. 183, quale stralcio del Piano di Bacino dell'Appennino Settentrionale. Esso ha valore di piano territoriale di settore e rappresenta lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale, attraverso le proprie disposizioni, persegue l'obiettivo generale di garantire livelli di sicurezza adeguati ai fenomeni di dissesto geomorfologico in atto o potenziali. A seguito della pubblicazione del D.P.C.M. 06/05/2005 "Approvazione del Piano di Bacino del Fiume Arno – Stralcio Assetto Idrogeologico" sulla Gazzetta Ufficiale n. 230 del 03/10/2005, il PAI entra ufficialmente in vigore dopo l'adozione con deliberazione n. 185 del 11/11/2004. Con l'entrata in vigore del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA) D.C.I. n. 235 del 3 marzo 2016, i contenuti del PAI relativi alla pericolosità idraulica ed al rischio idraulico sono trattati nel PGRA e nella relativa disciplina di piano. Allo stato attuale, il PAI mantiene i propri contenuti e le proprie norme d'uso per quanto riguarda la pericolosità ed il rischio da frana nel bacino.

In seguito a quanto richiesto dall'Europa in merito alla coerenza con i principi della direttiva 2000/60/CE e delle successive direttive in materia di acqua e suolo, è stato avviato un percorso di riforma pianificatoria di tutte le Autorità di Bacino distrettuali. Il Progetto di Piano, denominato PAI "dissesti geomorfologici", è stato adottato con delibera della Conferenza Istituzionale Permanente n. 20 del 20 dicembre 2019 ed interessa il territorio dei bacini toscani – umbri interamente ricadenti nel distretto idrografico dell'Appennino Settentrionale. Il nuovo Progetto si pone l'obiettivo di omogeneizzare i criteri metodologici sia per la parte normativa sia per la definizione delle nuove classi di pericolosità geomorfologica.

Nella fattispecie, sulla base della cartografia dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno definita a livello di sintesi (Tavola 3), per la pericolosità da fenomeni geomorfologici di versante l'area di studio ricade esternamente alle zone classificate.

Come si è accennato, per quanto riguarda la pericolosità ed il rischio idraulico da gennaio 2016 sono in vigore il Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) ed il Piano di Gestione delle Acque (PGA) che recepiscono le direttive europee 2000/60/CE e 2007/60/CE. I Piani sono stati adottati dal Comitato Istituzionale Integrato il 17 dicembre 2015 con delibere n.230, 231 e 232, questi rappresentano due strumenti di pianificazione territoriale fondamentali per la gestione delle risorse idriche e per la difesa dai dissesti idrogeologici. Al loro interno comprendono tutti gli aspetti legati alla gestione del rischio alluvioni (prevenzione, protezione e preparazione) includono quindi sia la fase previsionale delle alluvioni sia i sistemi di allertamento sia la gestione in fase di evento.

Secondo quanto riportato nelle cartografie allegato al suddetto Piano, l'area in esame risulta essere parzialmente compresa all'interno di una classe di pericolosità idraulica bassa **P1** (Tavola 4), corrispondente ad *"Aree inondabili da eventi con tempo di ritorno superiore a 200 anni e comunque corrispondenti al fondovalle alluvionale"*, e rischio idraulico medio **R2** (Tavola 5).

## **2.2 Zonazioni di pericolosità da Piano Strutturale**

Secondo quanto riportato nelle tavole allegate di supporto al vigente Strumento Urbanistico del Comune di Prato, adottato con delibera consiliare n.40 del 31 maggio 2012 ed approvato definitivamente con atto consiliare n.19 del 21 marzo 2013, per quanto concerne la Pericolosità Geologica (Tavola 6) l'area in esame ricade all'interno di una classe di pericolosità geologica media **G.2** definita come: *"Area caratterizzata da bassa propensione al dissesto in relazione alla pendenza del versante ed alla litologia:*

- *Terreni alluvionali con pendenze minori del 25%;*
- *Terreni litoidi alterati e fratturati con pendenze minori del 50%;*
- *Terreni litoidi competenti."*

Per quanto riguarda invece la Pericolosità Idraulica (Tavola 7), la zona di studio ricade in pericolosità idraulica media **I.2** definita come *“Aree interessate da allagamenti per eventi con Tr superiore a 200 anni, aree di fondovalle per le quali ricorrono le seguenti condizioni:*

- *Non vi sono notizie storiche di inondazioni;*
- *Sono in condizioni di alto morfologico rispetto alla piana adiacente, poste ad una quota superiore di 2 metri rispetto alla quota del piede dell’argine o del ciglio di sponda.”*

L’area di studio ricade inoltre all’interno di una zonizzazione di Pericolosità Sismica locale elevata **S.3** (Tavola 8), definita come *“Zona caratterizzata da fenomeni franosi quiescenti, zona di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto differenti, zona caratterizzata da un alto contrasto di impedenza sismica tra copertura e substrato”.*

L’area in esame risulta inoltre essere inserita, tramite apposita scheda norma AT2b\_02, all’interno del Piano Operativo comunale il quale prevede l’intervento di nuova edificazione con permesso a costruire convenzionato. In tale contesto il Piano Operativo, per l’area di studio, rilascia le seguenti classi di Fattibilità con le relative condizioni e prescrizioni:

- **Fattibilità Geologica 2:** L’attuazione dell’intervento è subordinata alla effettuazione dei normali studi geologico-tecnici previsti dalla normativa vigente in materia (DPGR 1/R/2022 e NTC 2018) e finalizzati alla verifica delle caratteristiche geotecniche del substrato di fondazione a livello esecutivo;
- **Fattibilità Idraulica 2:** Per quanto riguarda le problematiche idrauliche non ci sono prescrizioni particolari oltre alla realizzazione di un sistema di raccolta e collettamento delle acque di scorrimento superficiale che eviti la possibilità di insorgenza di fenomeni di ristagno e/o di dilavamento nelle aree adiacenti. Ai fini della mitigazione degli effetti della impermeabilizzazione del suolo e del mantenimento del regolare deflusso delle acque meteoriche e di scorrimento superficiale il Piano Attuativo dovrà rispettare le prescrizioni di cui all’art.19 delle NTA.
- **Fattibilità Sismica 3:** In sede di redazione del Piano Attuativo sono da realizzare adeguate indagini geofisiche costituite da profili sismici a rifrazione e/o profili MASW e/o prove sismiche in foro, finalizzate a definire gli spessori, le geometrie e le velocità sismiche dei litotipi sepolti già individuati come Zona 5 nella carta MOPS, in modo da supportare adeguatamente la progettazione strutturale delle nuove realizzazioni in ordine ai possibili effetti locali di amplificazione sismica.

### **2.3 Microzonazione sismica Comune di Prato**

In attuazione dell'articolo 11 della Legge 24 giugno 2009 n.77, la Regione Toscana si è posta la modellazione del sottosuolo delle aree del sistema insediativo del territorio comunale di Prato al fine di redigere la carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica di primo livello. Si tratta di un lavoro complesso che tiene conto non solo della situazione geologica e geomorfologica, ma anche delle caratteristiche geofisiche dei terreni di copertura e del substrato roccioso. La modellazione geologica e geomorfologica è stata ottenuta da una revisione delle cartografie allegata agli strumenti urbanistici e dei rilievi del CARG, mentre i dati geofisici sono stati ricavati da precedenti indagini allegata alle pratiche edilizie e da una specifica campagna sismica.

Nel corso del lavoro, Regione Toscana, si è proposta una revisione critica dei dati di sottosuolo esistenti non solo in termini litostratigrafici, ma anche, con il contributo delle numerose indagini geofisiche in prospettiva sismica. La costruzione dei modelli ha tenuto conto degli aspetti morfologici, geologici e sismici secondo un processo iterativo che ha comportato una revisione continua dei dati via via che venivano studiati i singoli aspetti. In particolare per il territorio di pianura, è stata eseguita preliminarmente un'analisi speditiva della morfologia in modo da definire gli elementi maggiormente evidenti. Successivamente sono stati valutati tutti i dati di sottosuolo (pozzi, sondaggi ed indagini geofisiche) disponibili con l'obiettivo di ricostruire le isobate del substrato e la composizione dei terreni di copertura. Sono state inoltre eseguite le indagini sismiche previste nell'ambito di questo progetto.

Sulla base degli studi condotti, secondo quanto riportato all'interno della carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (M.O.P.S.), allegata al Piano Strutturale vigente, si individua e caratterizza:

- **Zona 5:** Aree di affioramento dei terreni prevalentemente ghiaiosi (GP) fino al substrato costituito da LPS (lapideo-stratificato) presente entro 30 metri.

Nel caso in esame tale elaborato viene presentato nella Tavola 9. Secondo quanto riportato nella suddetta tavola, si considera l'area in esame stabile ma suscettibile di amplificazioni locali.

### **Microzonazione sismica di 2° Livello**

La normativa regionale della Toscana (DPGR 53R/2011 "Regolamento di attuazione dell'art.62 della L.R. n.51/2005 in materia di indagini geologiche" così come modificato dal DPGR 5R/2020) prevede, come supporto agli strumenti urbanistici, la redazione obbligatoria di uno studio di microzonazione di livello 1 oppure, come in questo caso, di livello 2, dove ai contenuti dello studio di primo livello si aggiungono ulteriori rilievi geofisici sul terreno, realizzati in luoghi specifici per integrare l'informazione già esistente, in modo da confermare oppure ridefinire più esattamente il modello geologico-tecnico di riferimento. Le informazioni derivanti dall'insieme dei dati a

disposizione permettono, attraverso l'utilizzo degli abachi regionali, di produrre la carta di microzonazione sismica dei fattori di amplificazione stratigrafici per due specifici range di periodo (0.1 – 0.5 sec e 0.5 – 1.0 sec). Questa carta rappresenta il principale elaborato dello studio di livello 2 ed è finalizzata a definire l'amplificazione sismica per ciascuna delle microzone nel corso degli studi di secondo livello. La carta della pericolosità sismica prevista dal DPGR 53/R/11, così come modificato dal DPGR 5/R/2020, nell'ambito degli studi geologici di supporto ai Piani Strutturali si costruisce infatti a partire dalla carta di microzonazione sismica.

Secondo quanto riportato all'interno della cartografia tematica, di supporto allo Strumento Urbanistico vigente, l'area di interesse ricade all'interno di una zona codificata con la dicitura **2019** (Tavola 10). Tali aree sono caratterizzate dalla presenza di una coltre sedimentaria a composizione prevalentemente limosa e/o sabbiosa limosa fine con spessori variabili da 3 a 10 metri. Al di sotto si riscontra un passaggio a litologie granulari poco assortite quali ghiaie o miscele di ghiaie e sabbie di conoide alluvionale da moderatamente addensate ad addensate con spessore variabile da 10 a 30 metri circa, al di sotto del quale si riscontra la presenza del substrato vero a proprio.

Le evidenze emerse dall'analisi delle carte di microzonazione sismica di 2° livello confermano quanto emerso dallo studio di primo livello, l'area di interesse risulta essere caratterizzata da litologie e rapporti litologici suscettibili di potenziale amplificazione sismica.

#### **2.4 Vincolo Idrogeologico**

La L.R. 39/00 Legge forestale della Toscana unifica, coordina la normativa regionale in materia forestale, nel rispetto dei principi fondamentali dettati dalle leggi dello Stato in materia di boschi, territori montani, vincolo idrogeologico, difesa del suolo e tutela delle zone di particolare interesse ambientale. Attraverso piani pluriennali volti a migliorare la qualità e a consolidare l'estensione dei boschi e a identificare gli spazi per le opportune strutture economiche e turistiche, i piani prevedono, anche secondo la legge 97/1994, la priorità per il "riassetto idrogeologico, la sistemazione idraulico-forestale, l'uso delle risorse idriche, la conservazione del patrimonio monumentale dell'edilizia rurale, dei centri storici e del paesaggio rurale e montano. Il quadro normativo, oltre che con le successive modifiche si è completato con il Regolamento Forestale della Toscana (DPGR 48/R dell'08/08/2003) e con il più recente DPGR 53R del 05/05/2015 così come modificato dal DPGR 5/R/2020.

Il piano di gestione è coordinato con gli atti di programmazione regionale e provinciale e con i piani pluriennali di sviluppo socioeconomico delle Comunità Montane. L'amministrazione dei complessi

agricolo-forestali di cui all'articolo 28 è effettuata dalle Comunità Montane, per quanto riguarda i beni esistenti nei rispettivi territori, e dai Comuni per gli altri beni.

Il Regolamento in materia di vincolo idrogeologico del Comune, in coerenza con il "Regolamento Forestale della Regione Toscana", disciplina l'organizzazione e lo svolgimento delle funzioni attribuite al Comune dalla L.R. 21/08/2000 n. 39, come modificata dalla L.R. 02/01/2003 n. 1. In esso vengono disciplinate le procedure e le modalità di presentazione delle domande di autorizzazione e delle dichiarazioni ai fini del vincolo idrogeologico per tutte le trasformazioni della destinazione d'uso dei terreni all'interno del territorio comunale sottoposti a vincolo idrogeologico a seguito di opere di carattere urbanistico ed edilizio che comportino la edificazione, la realizzazione di opere infrastrutturali e comunque opere costruttive in genere e movimenti di terra.

Da un'analisi delle carte tematiche della Regione Toscana, si evince come l'area di indagine sia compresa all'**interno** delle aree soggette a Vincolo Idrogeologico (Tavola 11). Secondo quanto previsto dall'Art.100 e Art.101 DPGR 48/R/2003, l'intervento proposto, risulta essere coerente con quanto disciplinato dalla vigente norma purché siano interventi conformi alle previsioni degli strumenti urbanistici comunali. Per tale fattispecie, sarà comunque avviata la procedura più idonea in coerenza a quanto previsto dal Regolamento Comunale in materia di vincolo idrogeologico. Nella presente relazione vengono quindi trattati ed esaminati gli aspetti necessari per la formulazione di un giudizio di fattibilità.

### **3. Inquadramento territoriale dell'area**

#### **3.1 Geologia**

L'area di intervento si inserisce nel bacino fluvio-lacustre di Firenze-Prato-Pistoia, un'ampia depressione colmata da sedimenti fluvio-lacustri e fluviali avente una lunghezza di 45 km ed una larghezza massima di 10 km con sviluppo sudest-nordovest. Il margine nordest è segnato da una zona di faglia con rigetto totale di alcune centinaia di metri: il margine opposto, sudovest, non appare interessato da faglie importanti. Faglie trasversali all'asse del bacino hanno successivamente dislocato i sedimenti lacustri e, in particolare, hanno sollevato la conca di Firenze rispetto al resto del bacino. Tale sollevamento si verificò probabilmente in una fase in cui il bacino era ancora lontano dal colmamento sedimentario e determinò l'erosione dei depositi lacustri nella conca di Firenze, mentre nel restante bacino Prato-Pistoia continuava la sedimentazione lacustre fino al colmamento o quasi. I sedimenti lacustri sono attribuibili al Villafranchiano, sulla base del rinvenimento di macrofossili e sono costituiti prevalentemente da argille limose, talvolta leggermente sabbiose; strati di ghiaie a matrice limosa talvolta si intercalano alle argille con frequenza diversa nei vari livelli sedimentari. La frequenza e lo spessore delle ghiaie diminuiscono procedendo dai margini verso il centro della pianura.

Da un punto di vista geologico locale l'area in esame si colloca ai piedi del complesso carbonatico della Calvana. Sulla base della Carta Geologica allegato al vigente Piano Strutturale del Comune (Tavola 12), la zona di studio è interessata da una coltre sedimentaria caratterizzata generalmente da limi debolmente consistenti alternati talvolta a sabbie fini limose o argillose. La coltre di sedimenti risulta essere caratterizzata da spessori variabili, in aumento man mano che ci si sposta verso l'interno della Piana. Le indagini pregresse reperite nell'intorno dell'area di intervento (Tavola 13) confermano la presenza di una coltre di sedimenti particolarmente eterogenea, composta da limi sabbiosi argillosi talvolta alternati a livelli decimetrici di ghiaie e/o ciottoli di piccole dimensioni in matrice sabbiosa, fino alla profondità di circa 10/13 metri dal locale piano campagna. Al di sotto di tale profondità investigative si riscontra la presenza di litologie più competenti calcaree appartenenti alla Formazione di Monte Morello (litofacies Calcare Alberese) la quale interessa il limitrofo complesso della Calvana.

### **3.2 Geomorfologia**

L'area di studio si trova a sud-est di Prato, in località La Querce, ad una quota di circa 55 m s.l.m.. Il territorio limitrofo risulta essere fortemente antropizzato, in contesti caratterizzati da blande forme del rilievo procedendo verso la parte centrale della Piana. Nello specifico dell'area di intervento, è posta sul fianco destro di Via Mugellese, strada con percorrenza parallela al limitrofo complesso carbonatico della Calvana, in testa ad un piccolo terreno agricolo con pendenza inferiore ai 10°.

In base all'analisi della carta geomorfologica allegata al Piano Strutturale del Comune di Prato (Tavola 14) nonché al sopralluogo effettuato nell'area non sono stati rilevati elementi geomorfologici che facciano presagire la presenza di dinamiche gravitative né di tipo quiescente né tanto meno attivo. Nonostante l'evidente antropizzazione dell'area, risulta essere nel suo complesso stabile.

### **3.3 Idrogeologia e idrografia**

Secondo quanto riportato nella Carta Idrogeologica allegata al Piano Strutturale comunale (Tavola 15), i litotipi presenti nell'area di interesse, presentano in ragione della loro natura una permeabilità primaria medio bassa. Tale attribuzione deriva dalla natura di coltre sedimentaria presente in tutta l'area, caratterizzata da litologie per lo più limo argillose; l'eventuale presenza di una circolazione idrica è direttamente legata alla permeabilità primaria dei terreni presenti, ovvero dipendente esclusivamente dalla porosità intrinseca degli stessi.

Di seguito si riporta l'esito delle acquisizioni piezometriche effettuate all'interno dei fori delle prove penetrometriche (le quote riportate si devono leggere come metri di profondità dal locale piano campagna):

<b>Prova Penetrometrica</b>	<b>13/07/2020</b>	<b>17/07/2020</b>
<b>CPT-1</b>	3.50	3.60
<b>CPT-2</b>	5.00	2.87

Le permeabilità riscontrate, tipiche di litologie limo argillose, non sono compatibili con una vera e propria circolazione idrica sotterranea bensì ad un'acqua di saturazione presente laddove le litologie limo argillose si alternano a livelli maggiormente sabbiosi.

Per quanto concerne le caratteristiche idrografiche, in prossimità dell'area non sono presenti corpi idrici significativi, l'idrografia circostante è esclusivamente rappresentata da alcuni fossi ed impluvi campestri che drenano le acque verso la Gora del Ciliegio, la quale scorre a circa 250 metri a sud dell'area di studio con direttrice NE-SO. Nel corso dei sopralluoghi effettuati, l'area risulta essere caratterizzata da un corretto ordine idrogeologico favorito dalla presenza di numerose canalette di raccolta acque parallele alle vie principali di accesso all'area stessa. Non sono state riscontrate evidenze di problematiche connesse al ruscellamento delle acque piovane.

## **4. Indagini geognostiche**

### **4.1 Caratteristiche della campagna geognostica**

Per lo sviluppo di un modello litotecnico è stata progettata e condotta, una campagna geognostica comprendente 2 prove penetrometriche statico dinamiche, spinte sino ad una profondità massima di 10 metri e una indagine di simica a rifrazione con elaborazione MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) corredata da una stazione di sismica passiva per l'analisi dei microtremiti. La tecnica MASW ci evidenzia le variazioni di velocità delle onde di volume ( $V_p$  e  $V_s$ ) all'interno del profilo investigato, nel nostro caso è stata effettuata un'energizzazione in situ che ci permette di valutare fino ad alcune decine di metri al di sotto del piano di campagna, si parla in questo caso di MASW attiva. La distribuzione spaziale di tali prospezioni ha tenuto conto dell'area interessata dall'intervento (Tavola 16).

La combinazione di tali metodologie investigative, tra loro complementari, consente di ottenere, in simili contesti litostratigrafici, una sorta di radiografia del sottosuolo sino a profondità compatibili alle necessità investigative emerse, nel rispetto dei nuovi disposti normativi (NTC18).

#### **4.2 Prove penetrometriche**

La prova penetrometrica statica (CPT) anch'essa compresa nella "Raccomandazione" ISSMFE per la standardizzazione delle prove penetrometriche in Europa (1989) consiste nel misurare la resistenza offerta alla penetrazione di un utensile a punta conica, provvisto di manicotto per la misura della pressione laterale, infisso a velocità costante di circa 20 mm/s.

L'utensile conico ha un angolo di apertura pari a 60° con un diametro di 35.7 mm. Ogni 20 cm vengono misurate sia la resistenza alla punta che la resistenza laterale locale.

I risultati vengono diagrammati in grafici sui quali compaiono i valori letti dallo strumento ogni 20 centimetri di avanzamento; vengono registrati infatti sia dati circa la resistenza offerta dalla punta conica alla penetrazione nel terreno sia dati circa la resistenza laterale locale lungo il manicotto.

Si precisa come la prova penetrometrica statica CPT-2 sia stata condotta fino alla profondità di 5.40 metri, oltre la quale non è stato più possibile continuare per gli elevati valori di resistenza alla punta. Per tale ragione si è deciso di proseguire con la prova dinamica.

La prova penetrometrica dinamica DPSH (Dynamic Probing Super Heavy) consiste nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta conica di dimensioni standard, infissa per battitura nel terreno, per mezzo di un idoneo dispositivo di percussione. Viene registrato il numero di colpi necessari per l'infissione ogni 20 cm di affondamento. L'attrezzatura è composta da una batteria di aste lunghe 1 metro ed un diametro di 32 mm alla cui estremità inferiore è collegata una punta conica avente angolo di apertura di 60° e da un maglio battente di 63.5 kg che viene fatto cadere da un'altezza di 75 cm. I risultati vengono riportati su dei grafici, nei quali compaiono sulle ascisse il numero di colpi necessari per avere un avanzamento della punta di 20 cm e sulle ordinate la profondità: in base al numero di colpi necessari per avere un avanzamento della punta di 20 cm è possibile ricavare la resistenza del terreno e, tramite correlazioni empiriche, dei valori indicativi relativi ai principali parametri geotecnici del terreno stesso.

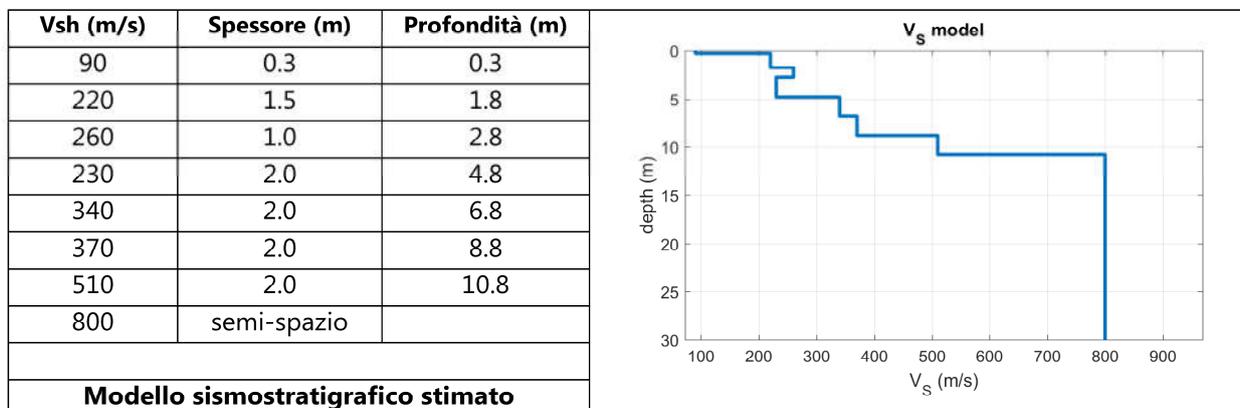
Per il dettaglio delle risultanze delle prove si rimanda ai certificati redatti dalla Geognostica Fiorentina s.r.l.

#### **4.3 Prospezioni sismiche**

La tecnica MASW (Multichannel Analysys of Surface) è una tecnica di prospezione sismica che, attraverso la registrazione della propagazione delle onde di superficie (onde R E L), permette di risalire alla velocità di propagazione delle onde di taglio S nel sottosuolo, portando quindi a determinare il parametro  $V_{s,eq}$  richiesto dalle NTC18 per questi tipi d'interventi.

Nello specifico dell'indagine svolta è stato adottato uno stendimento a 12 geofoni con distanza intergeofonica di 4.0 m per complessivi 44 m di rilievo con 2 punti di offset distanti circa 4.0 m rispetto al primo e all'ultimo geofono.

Di seguito i risultati del profilo Vs:

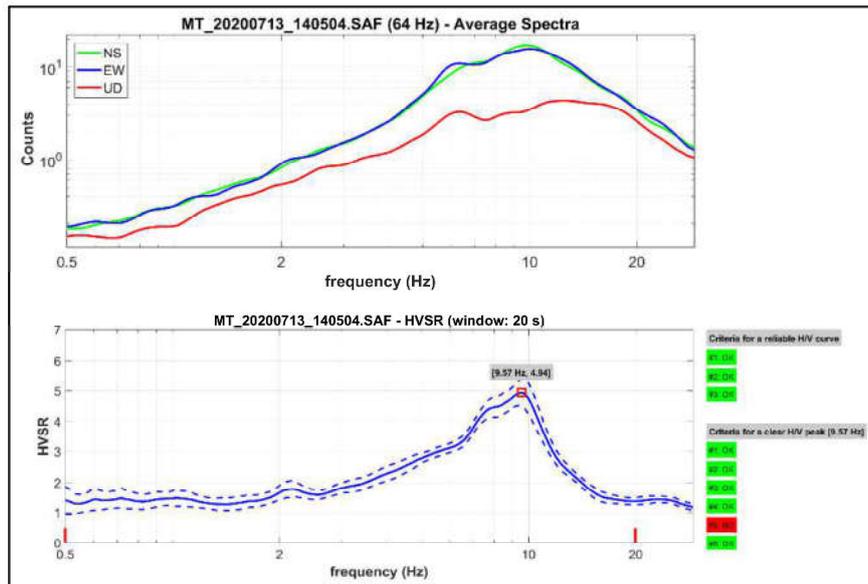


La campagna geognostica ha previsto inoltre una prospezione di sismica passiva mediante realizzazione di una stazione con tromografo digitale, al fine di definire la frequenza di risonanza caratteristica del sito. Con riferimento a tale tecnica è stato utilizzato un sismografo triassiale SR04C3 – SARA electronic instruments, con geofoni da 4.5 Hz dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente, collegato ad un Notebook ASUS TP200SA. I dati sono stati acquisiti mediante software SEISMOLOG-MT della SARA electronic instruments ed analizzati mediante WINMASW 2018 Academy della Eliosoft.

I risultati mostrano un picco di frequenza, che si può attribuire a motivi litologici, intorno a 9.6 Hz con un rapporto HVSR di 4.9 che potrebbe indicare un contrasto di impedenza intorno agli 11 metri di profondità, in accordo con quanto riportato dal seguente abaco (Albarellò et alii, 2010).

> 50	< 2
8 - 50	10 - 2
2 - 8	50 - 10
3 - 2	30 - 50
5 - 3	20 - 30
1 - 5	100 - 20
< 1	> 100
$f^0$ (Hz)	$\mu$ ( $\omega$ )

Di seguito si riporta il grafico della frequenza di risonanza caratteristica registrata.



Per il dettaglio delle risultanze emerse dalla stesa sismica si rimanda ai certificati redatti dalla Geognostica Fiorentina s.r.l.

## 5. Caratterizzazione litostratigrafica e geomeccanica

Le prospezioni geognostiche effettuate, sia di tipo geofisico che geotecnico, hanno consentito di elaborare un modello litotecnico di riferimento ed una stima dei parametri geomeccanici caratteristici del sottosuolo interessato dagli interventi in progetto. Le indagini hanno mostrato la presenza di uno strato di terreno di riporto rimaneggiato (**Livello R**) costituito da limi sabbiosi e limi argillosi, molto compatti, dotati di buone caratteristiche geomeccaniche con valori di resistenza alla punta di circa 200 kg/cm<sup>2</sup>; al di sotto è presente un livello di limi argillosi, debolmente consistenti (**Livello 1**) dotata di mediocri caratteristiche geomeccaniche, le quali tuttavia, tendono a migliorare a partire da circa 6 metri di profondità dal locale piano campagna laddove tali terreni si alternano a livelli limo argillosi e limo sabbiosi. All'interno di tale orizzonte, a profondità comprese tra 5.80 e 7.60 metri dal locale piano campagna, si riscontra la presenza di una lente sabbioso limosa debolmente argillosa (**Livello 1b**).

A circa 8 metri di profondità dal locale piano campagna si rileva la presenza del substrato argillitico alterato e disarticolato contraddistinto da valori di resistenza alla punta pari a circa 250 kg/cm<sup>2</sup> e valori di N(20), registrati nella prova DPSH-2, superiori a 40 colpi (**Livello 2**).

Ai fini di calcoli e delle verifiche geologico-tecnica condotte, a ciascun orizzonte sono stati attribuiti parametri geomeccanici congruenti alla tipologia di terreno rilevata, facendo riferimento alle prove condotte nonché utilizzando le numerose correlazioni presenti in letteratura tra i valori delle prove penetrometriche e le caratteristiche dei terreni. Sulla base di tali valutazioni si provvede a fornire il

seguente schema di parametrizzazione geomeccanica caratteristica, suddivisa per i vari livelli rilevati; per quanto concerne gli spessori degli strati si rimanda alla consultazione della sezione litostratigrafica dove si è provveduto a mettere in correlazione le indagini condotte.

<b>Riporto e/o depositi rimaneggiati in facies limo argillosa - Livello R (0.20 m – 2.00 m)</b>			
Resistenza alla punta	qc	[kg/cm <sup>2</sup> ]	136
Peso di volume	γ	[t/m <sup>3</sup> ]	1.85
Angolo di attrito interno	φ'	[°]	28
Coesione drenata	c'	[kg/cm <sup>2</sup> ]	0.5
Coesione non drenata	Cu	[kg/cm <sup>2</sup> ]	5
Modulo edometrico	Ed	[kg/cm <sup>2</sup> ]	250

<b>Limi argillosi debolmente consistenti - Livello 1 (2.00 m – 7.80 m)</b>			
Resistenza alla punta	qc	[kg/cm <sup>2</sup> ]	18
Peso di volume	γ	[t/m <sup>3</sup> ]	1.8
Angolo di attrito interno	φ'	[°]	22
Coesione drenata	c'	[kg/cm <sup>2</sup> ]	-
Coesione non drenata	Cu	[kg/cm <sup>2</sup> ]	0.5
Modulo edometrico	Ed	[kg/cm <sup>2</sup> ]	45

<b>Sabbie limose debolmente argillose - Livello 1b (5.80 m – 7.60 m)</b>			
Resistenza alla punta	qc	[kg/cm <sup>2</sup> ]	62
Peso di volume	γ	[t/m <sup>3</sup> ]	1.85
Angolo di attrito interno	φ'	[°]	25
Coesione drenata	c'	[kg/cm <sup>2</sup> ]	-
Coesione non drenata	Cu	[kg/cm <sup>2</sup> ]	-
Modulo edometrico	Ed	[kg/cm <sup>2</sup> ]	120

<b>Substrato argillitico alterato e disarticolato - Livello 2 (7.60 m – 10.00 m)</b>			
Resistenza alla punta	qc	[kg/cm <sup>2</sup> ]	118
Peso di volume	γ	[t/m <sup>3</sup> ]	2.0
Angolo di attrito interno	φ'	[°]	30
Coesione drenata	c'	[kg/cm <sup>2</sup> ]	-
Coesione non drenata	Cu	[kg/cm <sup>2</sup> ]	-
Modulo edometrico	Ed	[kg/cm <sup>2</sup> ]	400

## 6. Considerazioni sulla sismicità della zona

### 6.1 Categoria di sottosuolo

Secondo quanto previsto dalle NTC 2018, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, è possibile valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento.

I valori del parametro  $V_s$  calcolati permettono la definizione della classificazione del sottosuolo, come previsto dalla vigente normativa (DM 17/01/18 NTC) ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto.

Il parametro  $V_{s,eq}$  rappresenta la media della velocità delle onde di taglio ed è dato dalla:

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

dove  $h_i$  e  $V_{s,i}$  indicano rispettivamente lo spessore e la velocità delle onde di taglio strato  $i$ -esimo e  $H$  è la 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 depositi con profondità  $H > 30$  m la  $V_{s,eq}$  è definita dal parametro  $V_{s,30}$  ottenuto ponendo  $H=30$  m e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Le categorie di sottosuolo sono:

- A. Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m;
- B. Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s;
- C. Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
- D. Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
- E. Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite

per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

L'analisi della dispersione delle onde superficiali abbinata all'analisi HSVR, ha consentito di stimare il profilo verticale della Vs e di conseguenza del parametro Vs,eq che risulta essere pari a 285 m/s, considerando come riferimento il piano campagna. Sulla base del profilo sismostratigrafico ottenuto, il sito risulta compatibile con la categoria di sottosuolo **E**.

## **6.2 Classificazione sismica regionale**

L'aggiornamento della classificazione sismica della Toscana, a quattro anni di distanza dall'entrata in vigore della precedente classificazione, è stata approvata con Del. GRT n° 421 del 26.05.2014 (pubblicata su BURT Parte Seconda n. 22 del 04.06.2014). La nuova classificazione sismica è entrata in vigore 60 giorni dopo la pubblicazione sul BURT.

Tale aggiornamento dell'elenco di classificazione sismica è divenuto necessario a seguito della fusione di 14 comuni toscani, con conseguente istituzione dal 1° Gennaio 2014 di 7 nuove amministrazioni comunali. Si fa presente che i sette nuovi Comuni (Fabbriche di Vergemoli in provincia di Lucca, Crespina Lorenzana e Casciana Terme Lari in provincia di Pisa, Figline e Incisa Valdarno e Scarperia e San Piero in provincia di Firenze, Castelfranco Piandiscò e Pratovecchio Stia in provincia di Arezzo) si sono originati da fusione di comuni omogenei sotto il profilo della pericolosità sismica di base e della classificazione sismica, per cui l'aggiornamento ha previsto semplicemente la conferma della classificazione sismica dei comuni originari.

Il nuovo elenco e relativa mappa di classificazione sismica sono consultabili dal sito della Regione Toscana <http://www.regione.toscana.it/-/classificazione-sismica-della-toscana>.

Il Comune di Prato (Cod. Istat 09100005) rientra, secondo la recente riclassificazione in Zona 3.

## **6.3 Pericolosità Sismica di Base**

Le azioni di progetto si ricavano, ai sensi delle NTC, dalle accelerazioni ag e dalle relative forme spettrali, che sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri ag (accelerazione orizzontale massima del terreno), Fo (valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale), Tc\* (periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale).

Nell'Allegato B delle NTC sono riportati i valori di ag, Fo, Tc\* relativi alla pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento.

Per tutti i punti che non ricadono precisamente su uno di tali punti i valori dei parametri di interesse per la definizione dell'azione sismica di progetto possono essere calcolati come media pesata dei

valori assunti da tali parametri nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento attraverso la seguente espressione:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 p_i}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}}$$

dove p è il valore del parametro di interesse nel punto in esame; p<sub>i</sub> è il valore del parametro di interesse nell'iesimo punto della maglia elementare contenente il punto in esame; d è la distanza del punto in esame dall'iesimo punto della maglia suddetta.

### Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,050	2,528	0,251
SLD	30	0,050	2,528	0,251
SLV	95	0,077	2,551	0,279
SLC	195	0,101	2,514	0,291

### PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ:

5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico η=[10/(5+ξ)]^(1/2):

1,000

Categoria sottosuolo: E

Categoria topografica:

T1: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°

### Stabilità di pendii e fondazioni

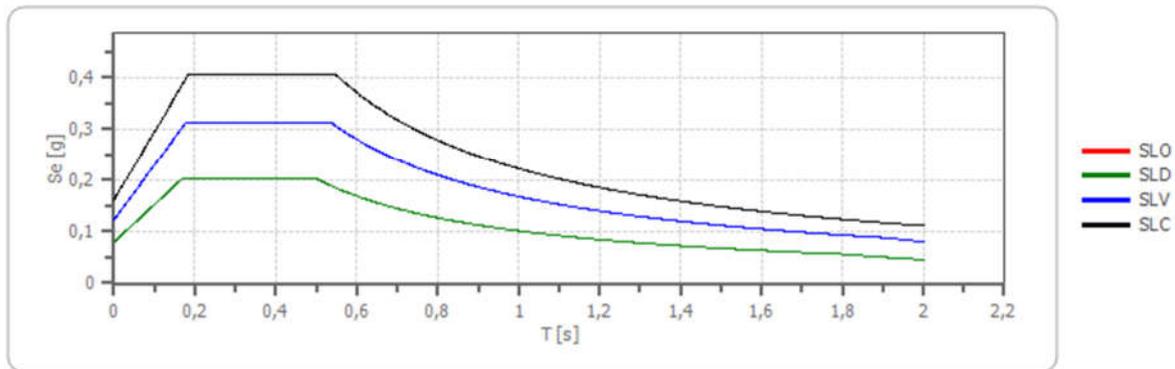
Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,016	0,016	0,025	0,039
kv	0,008	0,008	0,012	0,019
amax [m/s <sup>2</sup> ]	0,781	0,781	1,203	1,579
Beta	0,200	0,200	0,200	0,240

### Fronti di scavo e rilevati

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0,037	0,047	--
kv	--	0,019	0,023	--
amax [m/s <sup>2</sup> ]	0,781	0,781	1,203	1,579
Beta	--	0,470	0,380	--

### Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

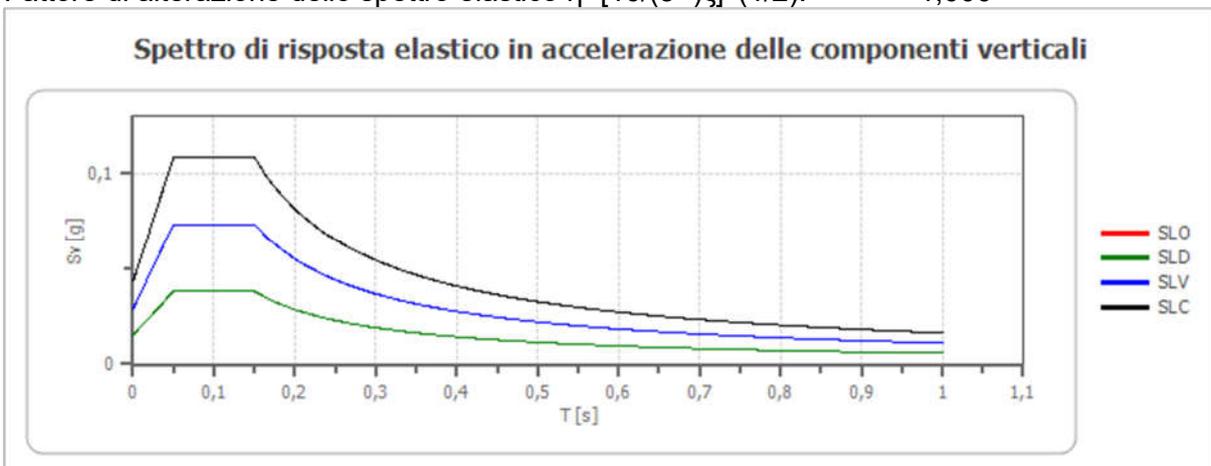
### Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	$\eta$ [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(T B) [g]
SLO	1,0	0,050	2,528	0,251	1,600	2,000	1,000	1,600	1,000	0,167	0,502	1,799	0,080	0,201
SLD	1,0	0,050	2,528	0,251	1,600	2,000	1,000	1,600	1,000	0,167	0,502	1,799	0,080	0,201
SLV	1,0	0,077	2,551	0,279	1,600	1,920	1,000	1,600	1,000	0,179	0,536	1,907	0,123	0,313
SLC	1,0	0,101	2,514	0,291	1,600	1,890	1,000	1,600	1,000	0,183	0,549	2,002	0,161	0,405

### Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$ : 5 %  
 Fattore di alterazione dello spettro elastico  $\eta = [10 / (5 + \xi)]^{(1/2)}$ : 1,000



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	$\eta$ [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(T B) [g]
SLO	1,0	0,050	2,528	0,251	1	2,000	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,015	0,038
SLD	1,0	0,050	2,528	0,251	1	2,000	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,015	0,038
SLV	1,0	0,077	2,551	0,279	1	1,920	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,029	0,073
SLC	1,0	0,101	2,514	0,291	1	1,890	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,043	0,108

## **7. Richiesta di variante al Piano Operativo**

La richiesta di variante al Piano Operativo ha come oggetto la quantità di cessioni previste. Nello specifico si richiede una riduzione delle cessioni dal 54%, quantità prevista dalla scheda di trasformazione AT2b\_02, al 40%, valore minimo fissato dal Piano Operativo (art. 81 c. 5 delle N.T.A. del P.O.) in coerenza con quanto prescritto dal Piano Strutturale. Inoltre, si richiede la possibilità di monetizzare parte degli standard previsti (188,94 mq) ai sensi dell'art. 26 delle N.T.A. del P.O. Alla luce, pertanto, dei contenuti della proposta di variante, non si ravvisano elementi o fattori che possano determinare modifiche al quadro prescrittivo, per le tematiche geologiche, alla scheda norma AT2b\_02. Tuttavia le mutate condizioni normative intervenute richiedono un aggiornamento ed una revisione più di carattere formale che sostanziale.

## **8. Aggiornamento del quadro conoscitivo e delle perimetrazioni di pericolosità**

Le classi di pericolosità declinate all'interno dello strumento urbanistico comunale vigente, definite ai sensi del DPGR 53/R del 2011, trovano conferma nel nuovo quadro normativo introdotto dal DPGR 5/R del 2020. Inoltre, le suddette classi di pericolosità, oltre alla conferma normativa introdotta dal nuovo Decreto, trovano validità anche sulla scorta delle risultanze delle indagini geognostiche, idrauliche e sismiche condotte nell'area in esame le cui risultanze sono richiamate nei capitoli precedenti.

### **8.1 Pericolosità Sismica**

Le indagini sismiche effettuate, nell'ottica della valutazione della risposta sismica locale, hanno riscontrato la presenza di un contrasto di impedenza posto a circa 10 metri di profondità dal locale piano campagna. Tale evidenza è indicativa di rapporti litologici suscettibili di potenziale amplificazione sismica e pertanto si ritiene corretto ed opportuno confermare all'areale di intervento una classe di pericolosità sismica locale elevata **S.3** (Tavola 17) definita come: *“area caratterizzata da un substrato suscettibile di amplificazioni locali per l'esistenza di un alto contrasto di impedenza sismica tra terreni sciolti di copertura e substrato lapideo rigido rilevabile a profondità inferiori a trenta metri dal piano di campagna”*.

### **8.2 Pericolosità Geologica**

Sulla base delle evidenze emerse, sia dalla campagna geognostica condotta che dal sopralluogo effettuato dallo scrivente, non si evidenziano segnali premonitori di instabilità. Non si riscontrano pertanto fenomeni che contraddistinguono dinamiche di versante attive tipo: fessurazioni, creep, gibbosità, contropendenze o disallineamenti della vegetazione; l'area in esame risulta inoltre

ricompresa in un contesto urbanizzato, caratterizzato dalla quasi assenza di acclività. In ragione di ciò, in accorto con quanto definito dalla cartografia tematica di supporto allo strumento urbanistico esaminato ed in ottemperanza al DPGR 53/R del 2011 così come modificato dal DPGR 5/R del 2020, si ritiene corretto ed opportuno confermare all'areale di intervento una classe di pericolosità geologica media **G.2** (Tavola 18) definita come: *“Area caratterizzata da un substrato costituito da terreni alluvionali generalmente stabili e consistenti dove non sono presenti dinamiche geomorfologiche in atto e/o quiescenti.”*

### **8.3 Pericolosità Idraulica**

Sulla base dell'ubicazione dell'area, in accorto con quanto definito dalla cartografia tematica di supporto allo strumento urbanistico esaminato, si ritiene corretto ed opportuno confermare all'areale di intervento una classe di pericolosità idraulica media **I.2** (Tavola 19) definita come: *“Areale della pianura alluvionale non soggetto alle inondazioni per eventi di piena caratterizzati da tempi di ritorno trentennali e/o duecentennali del reticolo idrografico principale.”*

## **9. Analisi di fattibilità degli interventi**

In relazione agli elaborati di base prodotti ai sensi del Regolamento DPGR 53/R del 2/11/2011 così come modificato dal DPGR 5/R del 2020, con particolare riferimento alle carte di pericolosità precedentemente descritte, tenendo in considerazione l'areale oggetto di variante, è stata prodotta una carta della fattibilità alla scala 1:2.000 (Tavola 20).

Ai sensi del DPGR 53/R del 2011, così come modificato dal DPGR 5/R del 2020, le condizioni di attuazione delle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali, possono essere differenziate secondo le seguenti categorie di fattibilità:

### **Categoria F1: fattibilità senza particolari limitazioni**

*Si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali non sono necessarie prescrizioni specifiche ai fini della valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia.*

### **Categoria F2: fattibilità con normali vincoli**

*Si riferisce alle previsioni urbanistiche e infrastrutturali per le quali è necessario indicare la tipologia delle indagini e/o specifiche prescrizioni ai fini della valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia.*

### **Categoria F3: fattibilità condizionata**

*Si riferisce alle previsioni urbanistiche e infrastrutturali per le quali, ai fini dell'individuazione delle condizioni di compatibilità degli interventi con le situazioni di pericolosità riscontrate, è necessario*

*definire la tipologia degli approfondimenti d'indagine da svolgersi in sede di predisposizione dei progetti edilizi.*

**Categoria F4: fattibilità condizionata**

*Si riferisce alle previsioni urbanistiche e infrastrutturali la cui attuazione è subordinata alla realizzazione di interventi di messa in sicurezza che vanno individuati e definiti in sede di redazione del medesimo regolamento urbanistico, sulla base di studi, dati da attività di monitoraggio e verifiche atte a determinare gli elementi di base utili per la predisposizione della relativa progettazione.*

Nella carta di fattibilità (Tavola 20), ed analogamente nella scheda di fattibilità, si sono distinte le varie classi sopra riportate per i seguenti criteri di fattibilità:

- Fattibilità in relazione agli aspetti geologici (Fg);
- Fattibilità in relazione agli aspetti idraulici (Fi);
- Fattibilità in relazione agli aspetti sismici (Fs).

Per quanto attiene i temi di pertinenza della presente relazione si evidenzia che nella scheda di fattibilità vengono declinate le condizioni di pericolosità risultanti dagli strumenti di pianificazione sovraordinati, da quelli comunali e dalle nuove proposte sulla base dell'aggiornamento condotto. In ragione di ciò vengono formulate le condizioni di fattibilità e le prescrizioni cui sono subordinate le trasformazioni oggetto di variante. Il contenuto della scheda è coordinato con il contenuto della Carta della fattibilità (Tavola 20).

## Scheda Fattibilità

ELEMENTI CHE DETERMINANO LA FATTIBILITA' DELL'INTERVENTO	
Fattori geologici	Alternanza tra argille limose e sabbie argillose. Substrato argillitico alterato e disarticolato presente a circa 8 metri di profondità dal locale piano campagna.
Fattori geomorfologici	Area sub-pianeggiante di raccordo con il versante.
Fattori litotecnici	Terreno di riporto rimaneggiato (Livello R); Livello di limi argillosi, debolmente consistenti (Livello 1); Lente sabbioso limosa debolmente argillosa (Livello 1b); Substrato argillitico alterato e disarticolato (Livello 2).
Pericolosità geologica	Classe 2 Media (G.2)
Pericolosità Idraulica	Classe 2 Media (I.2)
MOPS	Zona 5
Pericolosità sismica	Classe 3 Elevata (S.3)
Pericolosità P.A.I. - PGRA	Area esterna alle perimetrazioni di pericolosità geomorfologica PAI  Area parzialmente ricadente all'interno di una classe di pericolosità idraulica bassa P1 secondo quanto disciplinato dal PGRA

FATTIBILITA' DEGLI INTERVENTI	
Aree edificabili	Classe Fi.2 (idraulica) Classe Fg.2 (geologica) Classe Fs.3 (sismica)
NOTE ESPLICATIVE E PRESCRITTIVE	
<p>Ai sensi del DPGR 53/R del 2011 così come modificato dal DPGR 5/R del 2020, per quanto concerne i criteri di fattibilità in relazione agli aspetti sismici e geologici, si dovrà opportunamente chiarire e definire, attraverso una campagna di indagini geofisiche e geotecniche, gli spessori, le geometrie, la presenza di strutture tettoniche anche sepolte e le velocità sismiche dei litotipi sepolti al fine di valutare l'entità del contrasto di rigidità sismica dei terreni tra coltre superficiale e bed rock sismico.</p> <p>La programmazione dell'intervento dovrà essere supportata da idonee indagini geognostiche al fine di poter svolgere le necessarie considerazioni e verifiche geotecniche del caso; il tutto in ottemperanza al disposto normativo NTC18 e del DPGR 1/R del 2022.</p> <p>La presenza sul lato ovest del sedime di intervento, di un modesto impluvio, ricompreso nel Reticolo Idrografico della Regione Toscana (ai sensi della L.R.79/2012), richiede di ottemperare ai vincoli ed alle prescrizioni richiamate dal RD 523/1904.</p>	

## 10. Considerazioni sulla fattibilità dell'intervento

L'indagine svolta ha consentito di definire le caratteristiche geologiche, idrogeologiche, geotecniche e sismiche dei terreni interessanti il lotto in esame. I rilievi e le verifiche condotte hanno evidenziato quanto segue:

- L'area oggetto di studio risulta essere caratterizzata da litologie limo argillose con intercluse lenti limo sabbiose con ghiaie, a cui fa seguito il substrato argillitico alterato. L'orizzonte direttamente interessato dalle opere fondali è caratterizzato da ottime caratteristiche geomeccaniche. Nei calcoli geotecnici per il dimensionamento strutturale occorrerà tuttavia porre particolare attenzione al livello immediatamente sottostante, presente a partire da circa 2.20 metri di profondità dal locale piano campagna, che ha manifestato mediocri caratteristiche sia di resistenza al taglio che, soprattutto, di compressibilità.
- L'area risulta essere interessata dalla presenza di un'acqua di saturazione entro i primi metri di profondità; il monitoraggio piezometrico, effettuato in corrispondenza delle prove penetrometriche, ha infatti registrato una quota piezometrica posta a circa 3-4 metri di profondità dal locale piano di campagna; tale condizione non sembra tuttavia determinare interferenze con le quote di imposta fondale. Si raccomanda tuttavia di procedere ad ulteriori verifiche delle quote piezometriche, anche nel periodo autunnale al fine di confermare tale previsione.
- L'indagine sismica ha messo in evidenza un contrasto di impedenza, posto a circa 10 metri di profondità dal locale piano di campagna, indicativo di rapporti litologici suscettibili di potenziale amplificazione sismica;
- L'area in esame risulta soggetta a Vincolo Idrogeologico secondo il R.D. n.3267 del 1923, non risultando altresì interessata da aree boscate. In ottemperanza a quanto a quanto espressamente richiesto dal D.P.G.R. 08/08/2003 n.48/R, nel rispetto di quanto prescritto, si può affermare che gli interventi previsti non interessano aree boscate né potranno alterare la stabilità attuale dei luoghi né tantomeno indurranno modifiche alla circolazione idrica superficiale e sub-superficiale.

Nello specifico il progetto si articolerà in due aree distinte: da una parte il lotto privato con la nuova edificazione di un edificio a destinazione d'uso residenziale, dall'altra le aree pubbliche in cessione a standard ed a fini perequativi in accordo a quanto previsto dallo schema progettuale della Scheda di trasformazione AT2b\_02. Dal punto di vista dell'ordine idrogeologico dell'area, l'articolazione delle opere previste all'interno del lotto è ragionevole pensare che non produrranno modifiche sostanziali all'assetto dell'area né tantomeno alla stabilità dei luoghi e pertanto risultano coerenti con le prescrizioni e la disciplina in tema di Vincolo Idrogeologico.

In linea generale, per quanto attiene la fattibilità dell'intervento, secondo quanto emerso dallo studio conoscitivo del luogo ed in base alle pericolosità riscontrate, in accordo con quanto disciplinato dal DPGR 53/R/2011 così come modificato dal DPGR 5/R/2020, non si riscontrano particolari elementi ostativi o condizionanti il progetto se non le usuali ed ordinarie disposizioni disciplinate nelle NTA allegata all'attuale Strumento Urbanistico. La presente relazione risulta coerente, per contenuti ed aspetti trattati, alle NTC18 ed al DPGR 1/R del 2022.

Firenze, gennaio 2023



Il Tecnico Incaricato  
Luca Gardone, geologo

# COMUNE DI PRATO

Intervento di nuova edificazione consistente in un edificio residenziale con tre unità immobiliari, ubicato in Via Mugellese, località La Querce, Comune di Prato

PROPONENTE:  
TRASTULERA S.r.l.

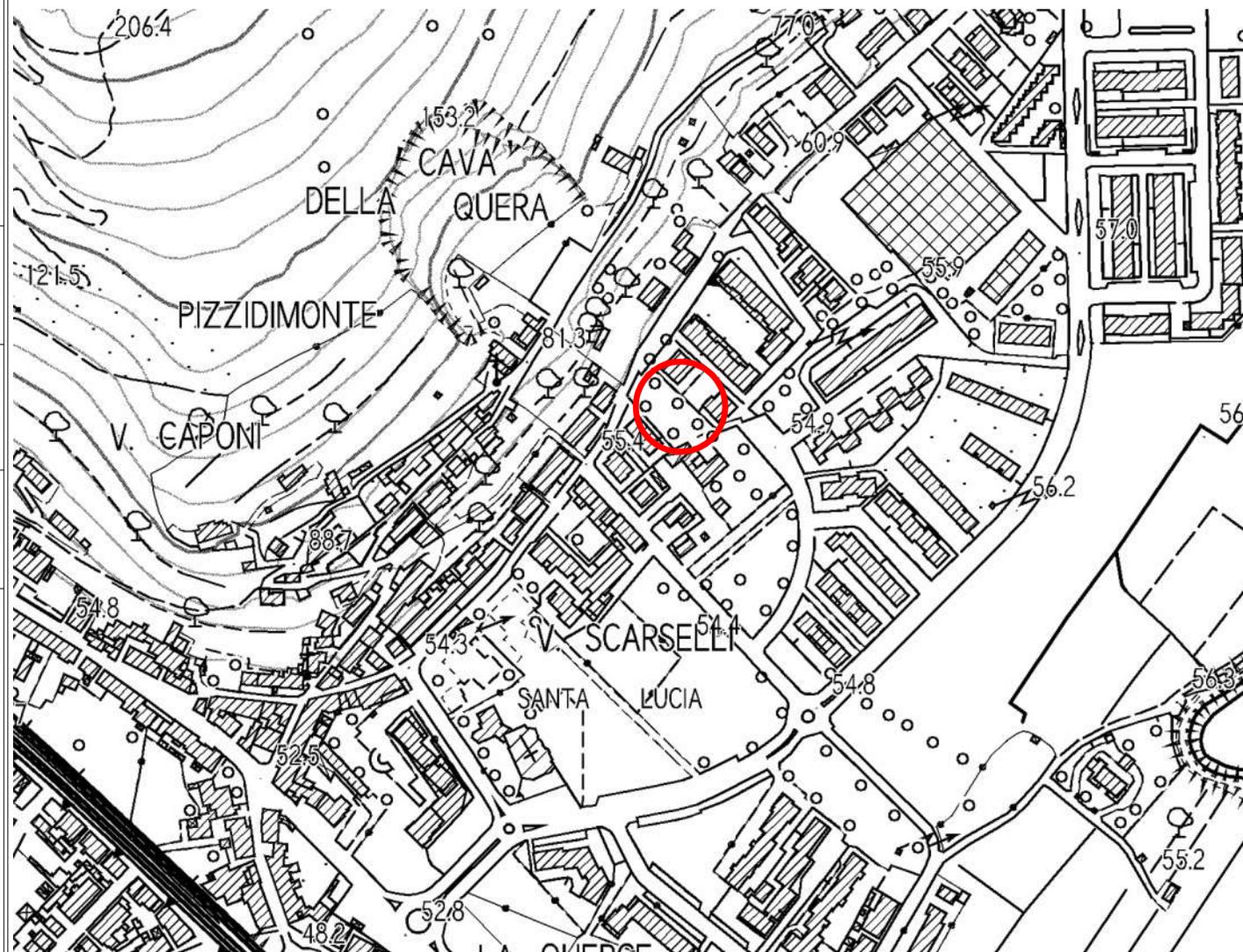
ELABORATO:  
Corografia dell'area

TAVOLA 1  
SCALA 1:10.000

Legenda



area di intervento



# COMUNE DI PRATO

Intervento di nuova edificazione  
consistente in un edificio  
residenziale con tre unità  
immobiliari, ubicato in Via  
Mugellese, località La Querce,  
Comune di Prato

PROPONENTE:  
TRASTULERA S.r.l.

ELABORATO:  
Corografia di dettaglio dell'area

TAVOLA 2  
SCALA 1:2.000

Legenda



area di intervento



# COMUNE DI PRATO

Intervento di nuova edificazione consistente in un edificio residenziale con tre unità immobiliari, ubicato in Via Mugellese, località La Querce, Comune di Prato

PROPONENTE:  
TRASTULERA S.r.l.

ELABORATO:  
Pericolosità Geomorfologica PAI  
(estratto AdB Fiume Arno)

TAVOLA 3  
SCALA 1:10.000

Legenda

 area di intervento

-  P2
-  P3a
-  P3b
-  P4



# COMUNE DI PRATO

Intervento di nuova edificazione consistente in un edificio residenziale con tre unità immobiliari, ubicato in Via Mugellese, località La Querce, Comune di Prato

PROPONENTE:  
TRASTULERA S.r.l.

ELABORATO:  
Pericolosità Idraulica PGRA  
(estratto AdB Fiume Arno)

TAVOLA 4  
SCALA 1:10.000

## Legenda



area di intervento

**P1**

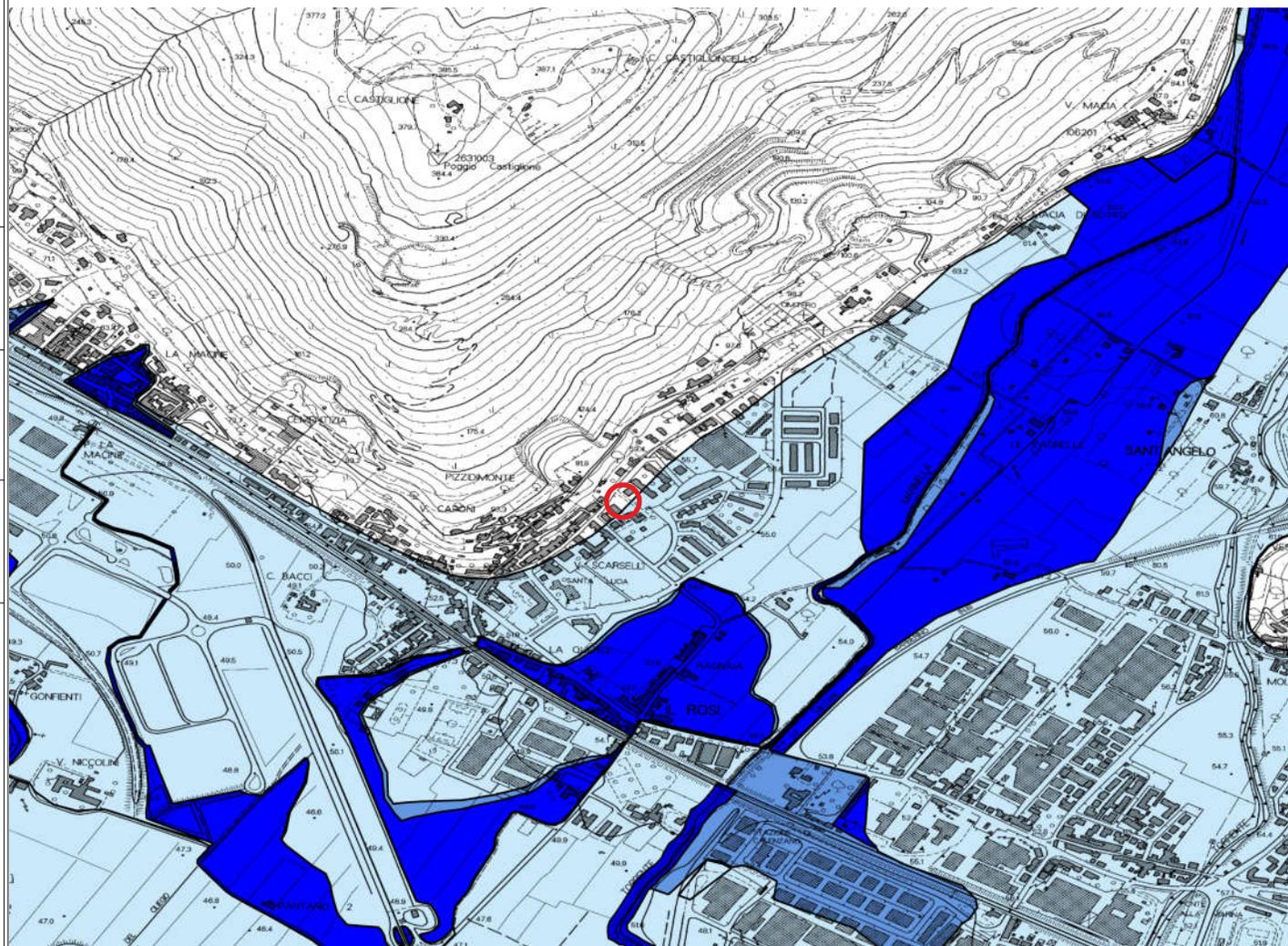
Pericolosità Idraulica bassa  
 $Tr > 200$

**P2**

Pericolosità Idraulica media  
 $30 < Tr \leq 200$

**P3**

Pericolosità Idraulica elevata  
 $Tr \leq 30$



# COMUNE DI PRATO

Intervento di nuova edificazione consistente in un edificio residenziale con tre unità immobiliari, ubicato in Via Mugellese, località La Querce, Comune di Prato

PROPONENTE:  
TRASTULERA S.r.l.

ELABORATO:  
Rischio Idraulico PGRA  
(estratto AdB Fiume Arno)

TAVOLA 5  
SCALA 1:10.000

## Legenda



area di intervento

R1

Rischio idraulico basso

R2

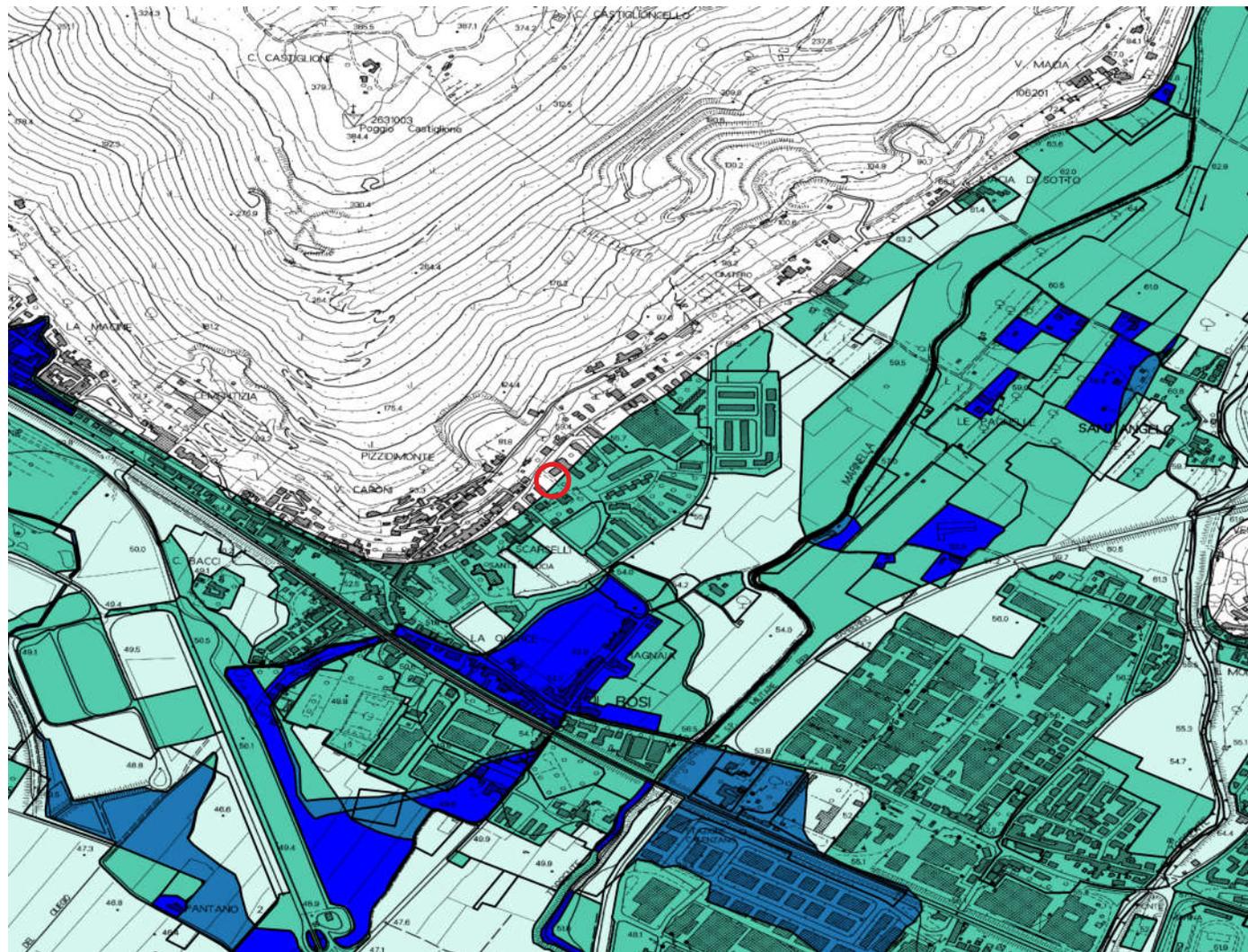
Rischio idraulico medio

R3

Rischio idraulico elevato

R4

Rischio idraulico molto elevato



# COMUNE DI PRATO

Intervento di nuova edificazione consistente in un edificio residenziale con tre unità immobiliari, ubicato in Via Mugellese, località La Querce, Comune di Prato

PROPONENTE:  
TRASTULERA S.r.l.

ELABORATO:  
Pericolosità Geologica  
(estratto Strumento Urbanistico Comune di Prato)

TAVOLA 6  
SCALA GRAFICA

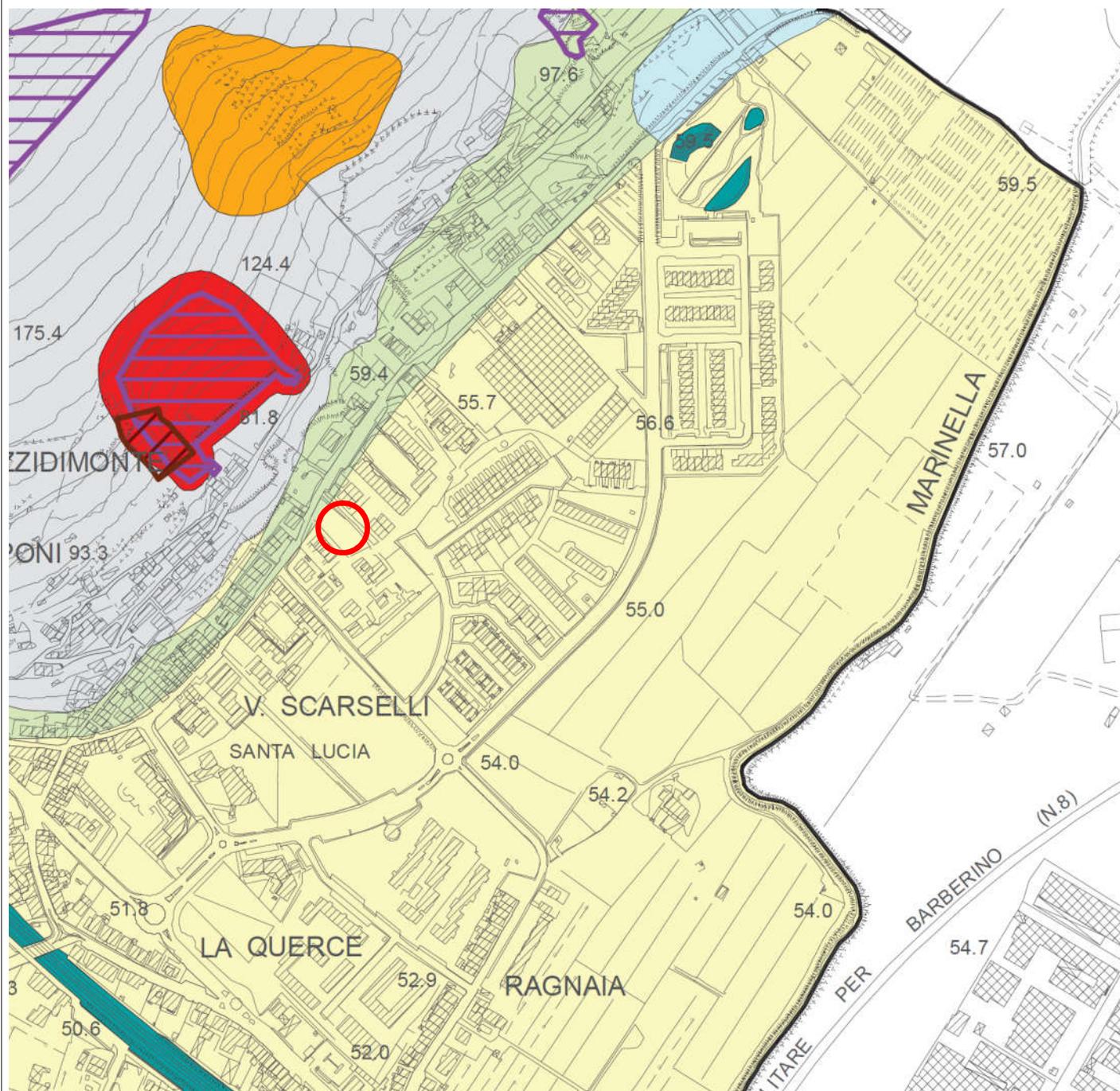
Legenda



area di intervento

G.2 - MEDIA

-  Area interessata da movimenti franosi inattivi e stabilizzati
-  Area caratterizzata da bassa propensione al dissesto in relazione alla pendenza del versante ed alla litologia:
  - terreni alluvionali con pendenze minori del 25%
  - terreni litoidi alterati e fratturati con pendenze minori del 50%
  - terreni litoidi competenti



# COMUNE DI PRATO

Intervento di nuova edificazione consistente in un edificio residenziale con tre unità immobiliari, ubicato in Via Mugellese, località La Querce, Comune di Prato

PROPONENTE:  
TRASTULERA S.r.l.

ELABORATO:  
Pericolosità Idraulica  
(estratto Strumento Urbanistico Comune di Prato)

TAVOLA 7  
SCALA GRAFICA

## Legenda

 area di intervento

Pericolosità per alluvioni frequenti, molto elevata (I.4), da alluvione elevata (P3)

 aree interessate da allagamenti per eventi con Tr inferiore o uguale a 30 anni

Pericolosità per alluvioni poco frequenti, elevata (I.3), da alluvione media (P2)

 aree interessate da allagamenti per eventi con Tr compreso tra 30 e 200 anni

Pericolosità media (I.2), da alluvione bassa (P1)

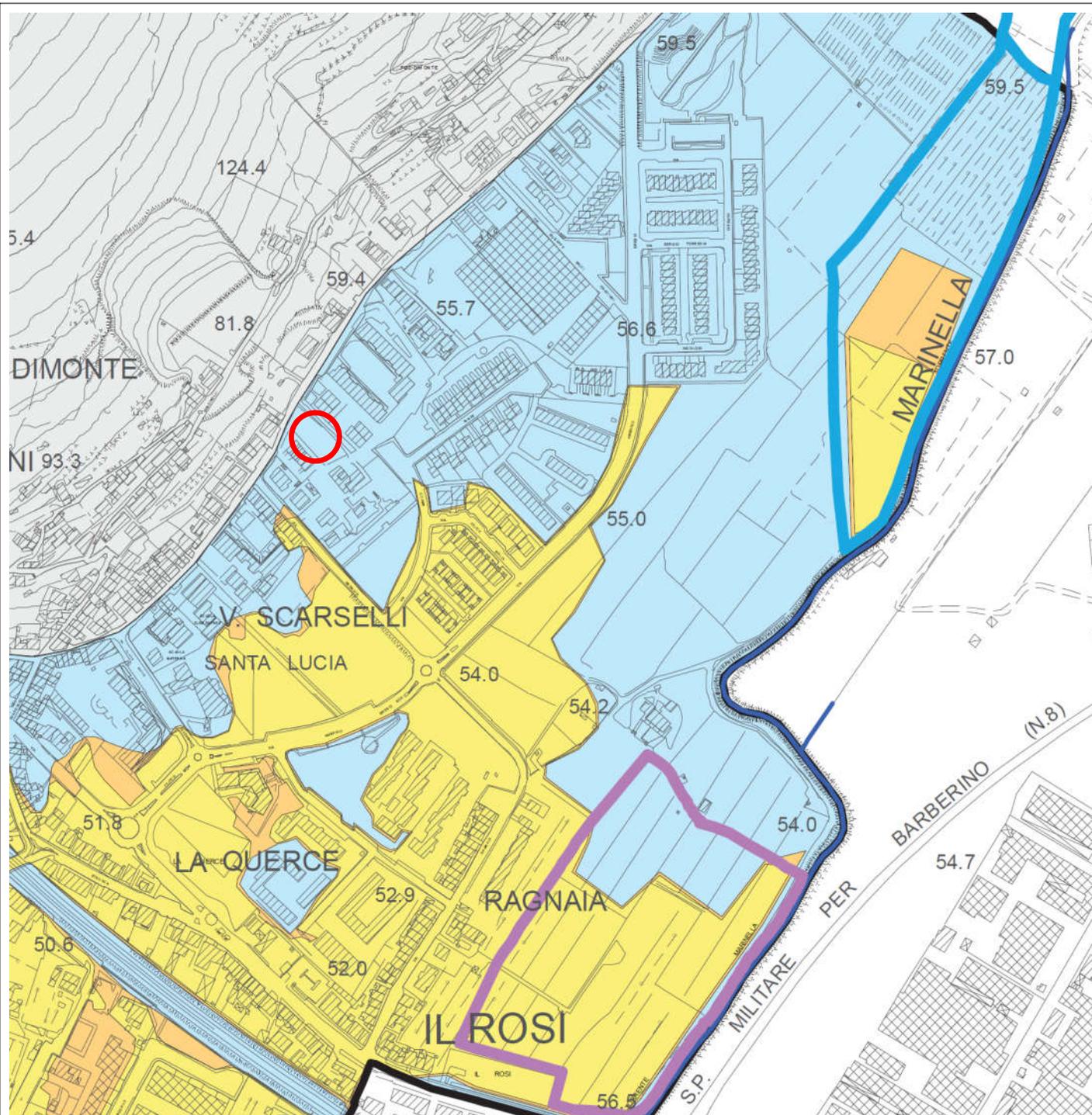
 aree interessate da allagamenti per eventi con Tr superiore a 200 anni  
aree di fondovalle per le quali ricorrono le seguenti condizioni:

- non vi sono notizie storiche di inondazioni
- sono in condizioni di alto morfologico rispetto alla piana adiacente poste ad una quota superiore di 2 metri rispetto alla quota del piede dell'argine o del ciglio di sponda

Pericolosità idraulica bassa I.1

 aree collinari prossime ai corsi d'acqua per le quali ricorrono le seguenti condizioni:

- non vi sono notizie storiche di inondazioni
- sono poste in condizioni di alto morfologico rispetto al corso d'acqua



# COMUNE DI PRATO

Intervento di nuova edificazione consistente in un edificio residenziale con tre unità immobiliari, ubicato in Via Mugellese, località La Querce, Comune di Prato

PROPONENTE:  
TRASTULERA S.r.l.

ELABORATO:  
Pericolosità Sismica  
(estratto Strumento Urbanistico Comune di Prato)

TAVOLA 8  
SCALA GRAFICA

## Legenda

 area di intervento

S.4 Pericolosità sismica locale molto elevata

 Zona caratterizzata da fenomeni franosi attivi

S.3 Pericolosità sismica locale elevata

 Zona caratterizzata da fenomeni franosi quiescenti  
Zona di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto differenti  
Zona caratterizzata da un alto contrasto di impedenza sismica tra copertura e substrato

S.2 Pericolosità sismica locale media

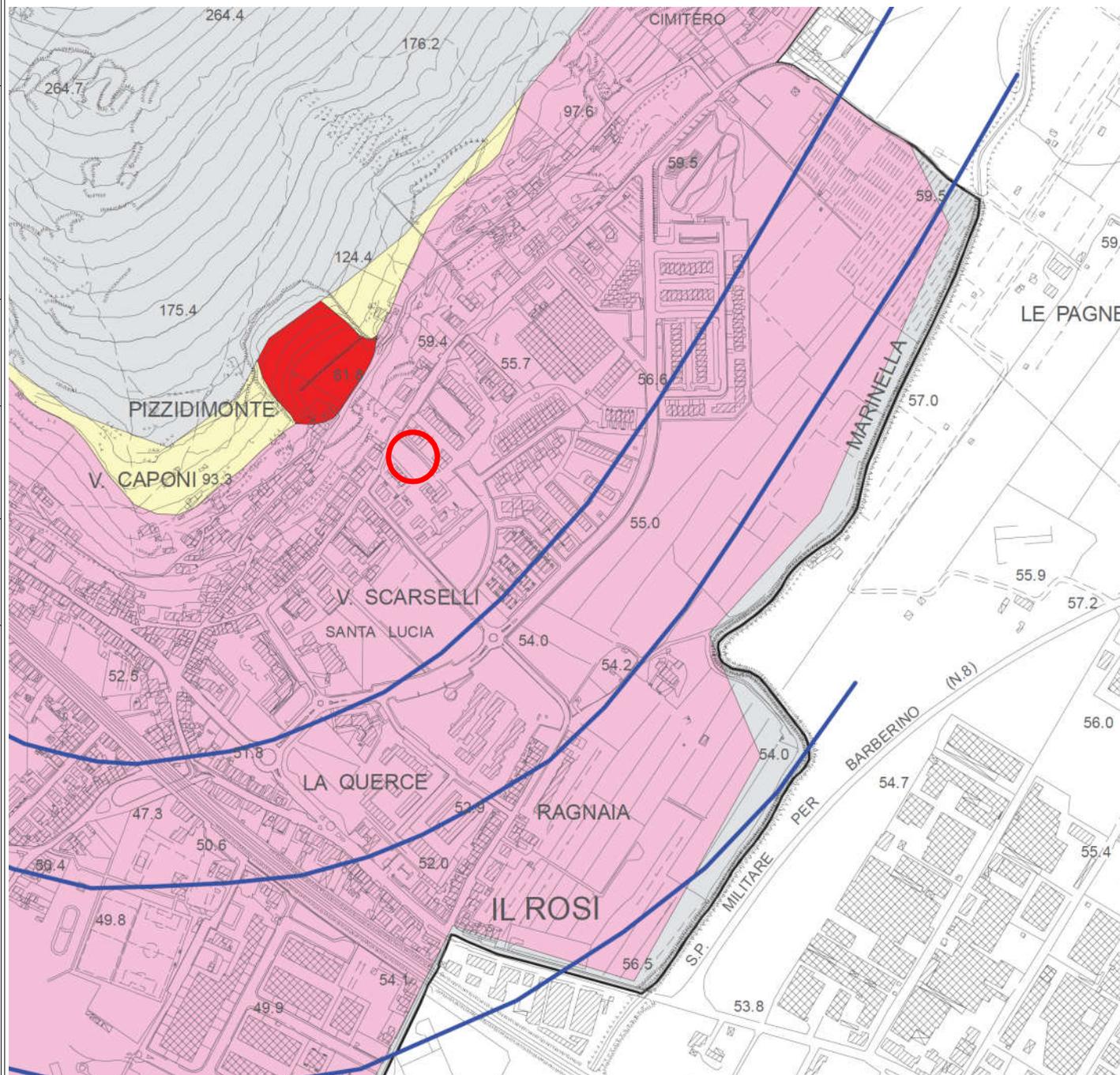
 Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali  
Zona dove affiora il substrato roccioso con pendenze superiori ai 15°  
Zona dove affiora il substrato roccioso fratturato

S.1 Pericolosità sismica locale bassa

 Zone stabili dove affiora il substrato roccioso assimilabile al "bedrock sismico" dove le velocità delle onde Vs superano gli 800 m/sec

100

Isobate del substrato roccioso (profondità in metri rispetto al piano di campagna)



# COMUNE DI PRATO

Intervento di nuova edificazione consistente in un edificio residenziale con tre unità immobiliari, ubicato in Via Mugellese, località La Querce, Comune di Prato

PROPONENTE:  
TRASTULERA S.r.l.

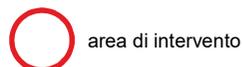
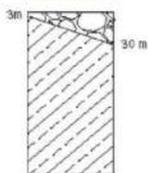
ELABORATO:  
Microzonazione Sismica 1° Livello  
MOPS

TAVOLA 9  
SCALA GRAFICA

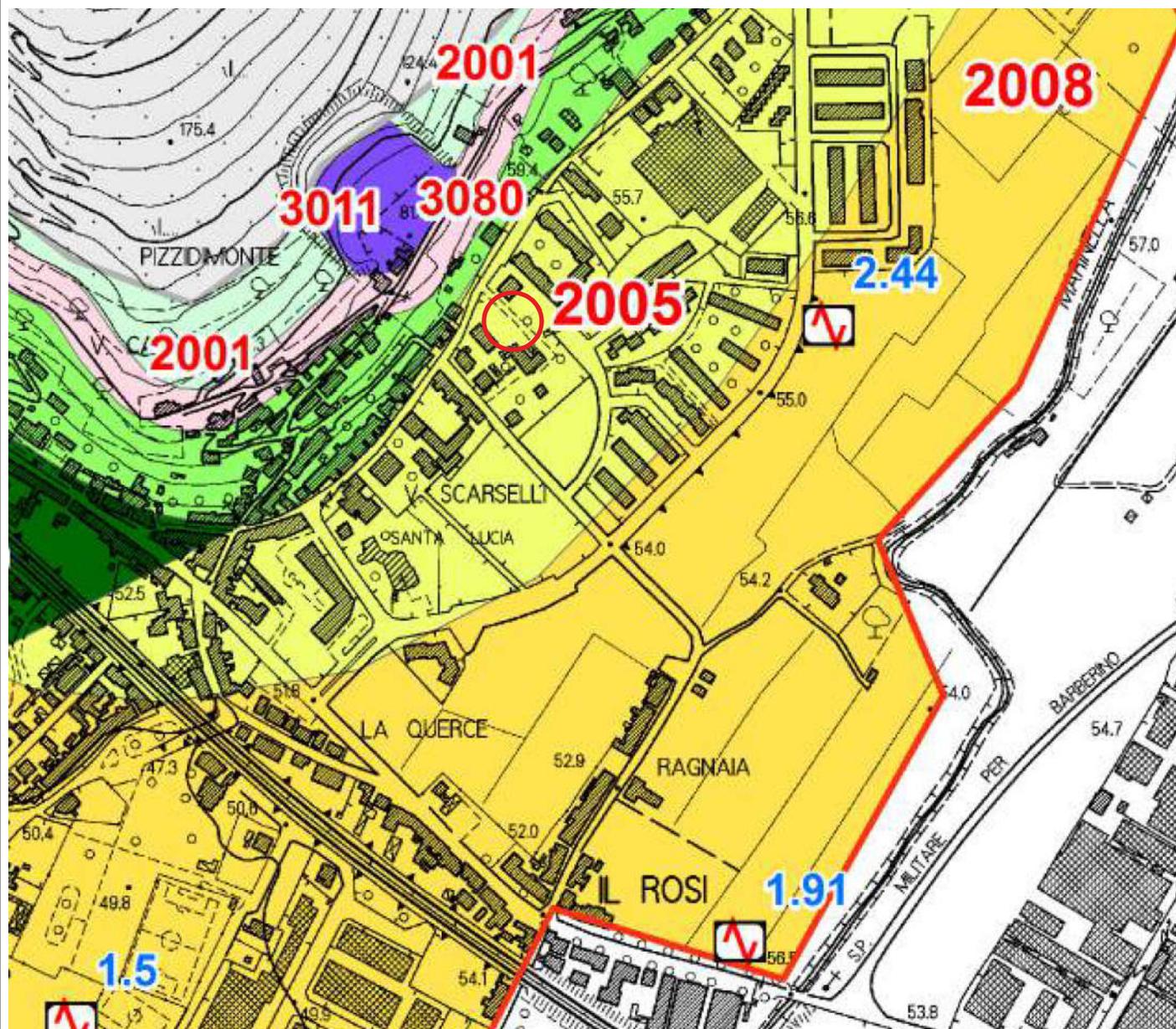
## Legenda

Zona 5

2005



- RI - Terreni contenenti resti di attività antropica
- ML - Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità
- GM - Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo
- GP - Ghiaie pulite addensate con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia
- GR - Substrato granulare cementato
- LPS - Substrato Lapideo stratificato.
- LP - Substrato Lapideo
- ALS - Substrato costituito da un'alternanza di litotipi, stratificato



# COMUNE DI PRATO

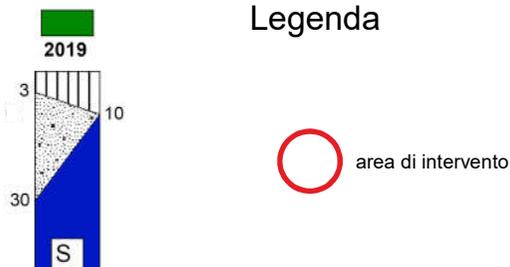
Intervento di nuova edificazione consistente in un edificio residenziale con tre unità immobiliari, ubicato in Via Mugellese, località La Querce, Comune di Prato

PROPONENTE:  
TRASTULERA S.r.l.

ELABORATO:  
Microzonazione Sismica 2° Livello  
MOPS

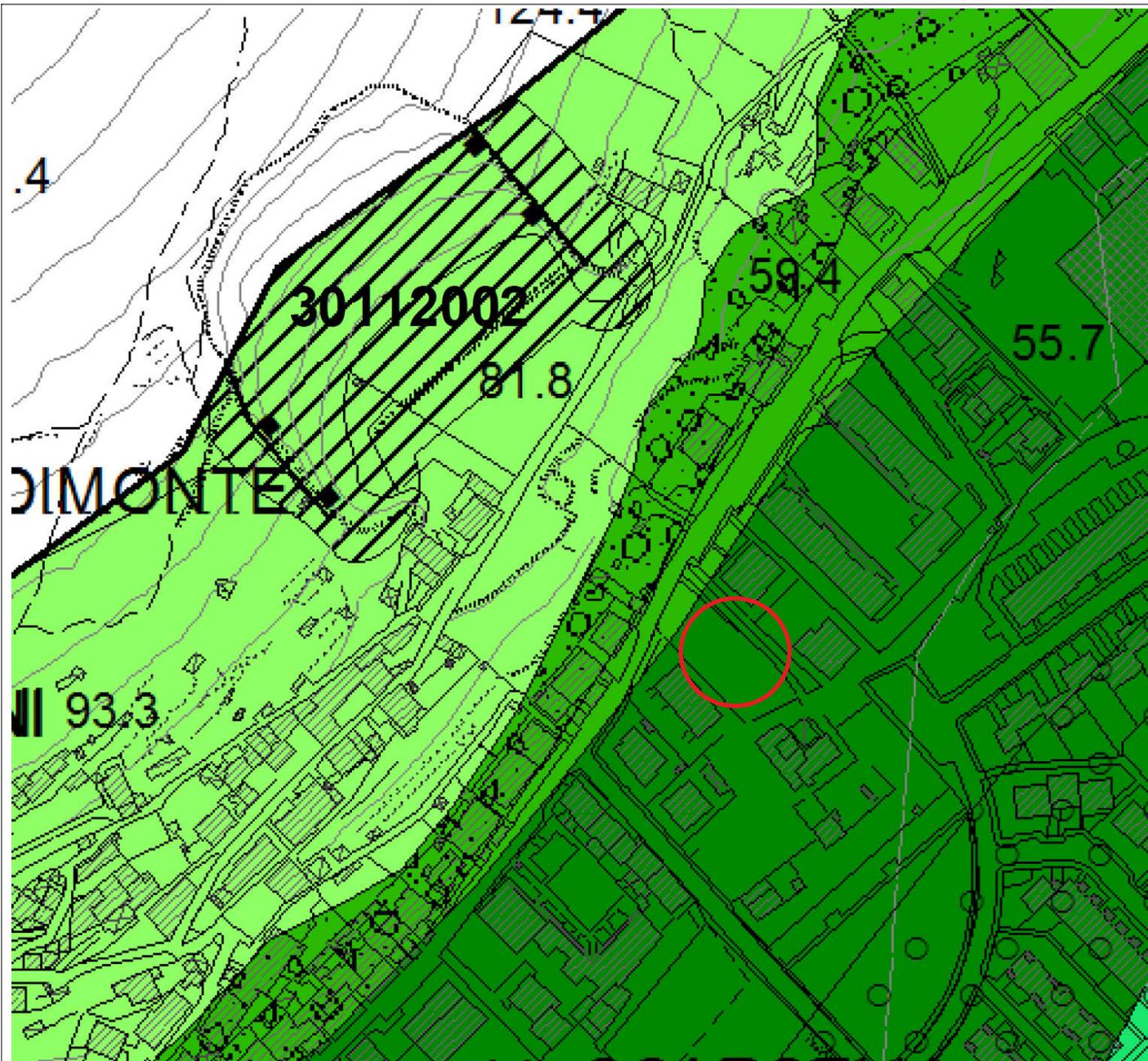
TAVOLA 10  
SCALA GRAFICA

## Legenda



### LITOLOGIA DEI TERRENI DI COPERTURA

- ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo di detrito di versante e depositi eluvio-colluviali, mediamente addensate/consistenti, struttura omogenea. Vs comprese tra 250 e 350 m/s
- limi inorganici, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità di piana inondabile da poco a moderatamente consistenti, stratificati. Vs comprese tra 150 e 250 m/s
- ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia di piana inondabile mediamente addensate, stratificate. Vs comprese tra 250 a 350 m/s
- ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla di piana inondabile, mediamente addensate/consistenti, stratificate. Vs comprese tra 250 e 400 m/s
- ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia di conoidi alluvionate da moderatamente addensate ad addensate, struttura omogenea. Vs comprese tra 350 e 550 m/s
- ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla di piana inondabile, addensate/consistenti, struttura omogenea. Vs comprese tra 500 e 650 m/s
- ghiaie cementate con granulometria poco assortita, struttura omogenea. Vs comprese tra 700 e 900 m/s
- argille ghiaiose o sabbiose, argille limose di origine lacustre mediamente consistenti, stratificati. Vs comprese tra 300 e 400 m/s



# COMUNE DI PRATO

Intervento di nuova edificazione consistente in un edificio residenziale con tre unità immobiliari, ubicato in Via Mugellese, località La Querce, Comune di Prato

PROPONENTE:  
TRASTULERA S.r.l.

ELABORATO:  
Vincolo Idrogeologico  
(estratto Geoscopio Regione Toscana)

TAVOLA 11  
SCALA GRAFICA

## Legenda

 area di intervento

Regio Decreto 3267/1923 (Fonte Amministrazioni Provinciali)

 R.D. n.3267/1923

Aree boscate (Fonte Uso del suolo 2016\_RT)

 Zone boscate: Zone con vegetazione arbustiva e/o erbacea;  
 Strade in aree boscate



# COMUNE DI PRATO

Intervento di nuova edificazione consistente in un edificio residenziale con tre unità immobiliari, ubicato in Via Mugellese, località La Querce, Comune di Prato

PROPONENTE:  
TRASTULERA S.r.l.

ELABORATO:  
Carta Geologica

TAVOLA 12  
SCALA GRAFICA

## Legenda

 area di intervento

### DEPOSITI DI ACCUMULO

 Eluvio-residuale

 Colluviale

 Detritico di versante

 Di natura antropica

### DEPOSITI ALLUVIONALI

 Attuali

 Recenti

 Terrazzati

 Conoide

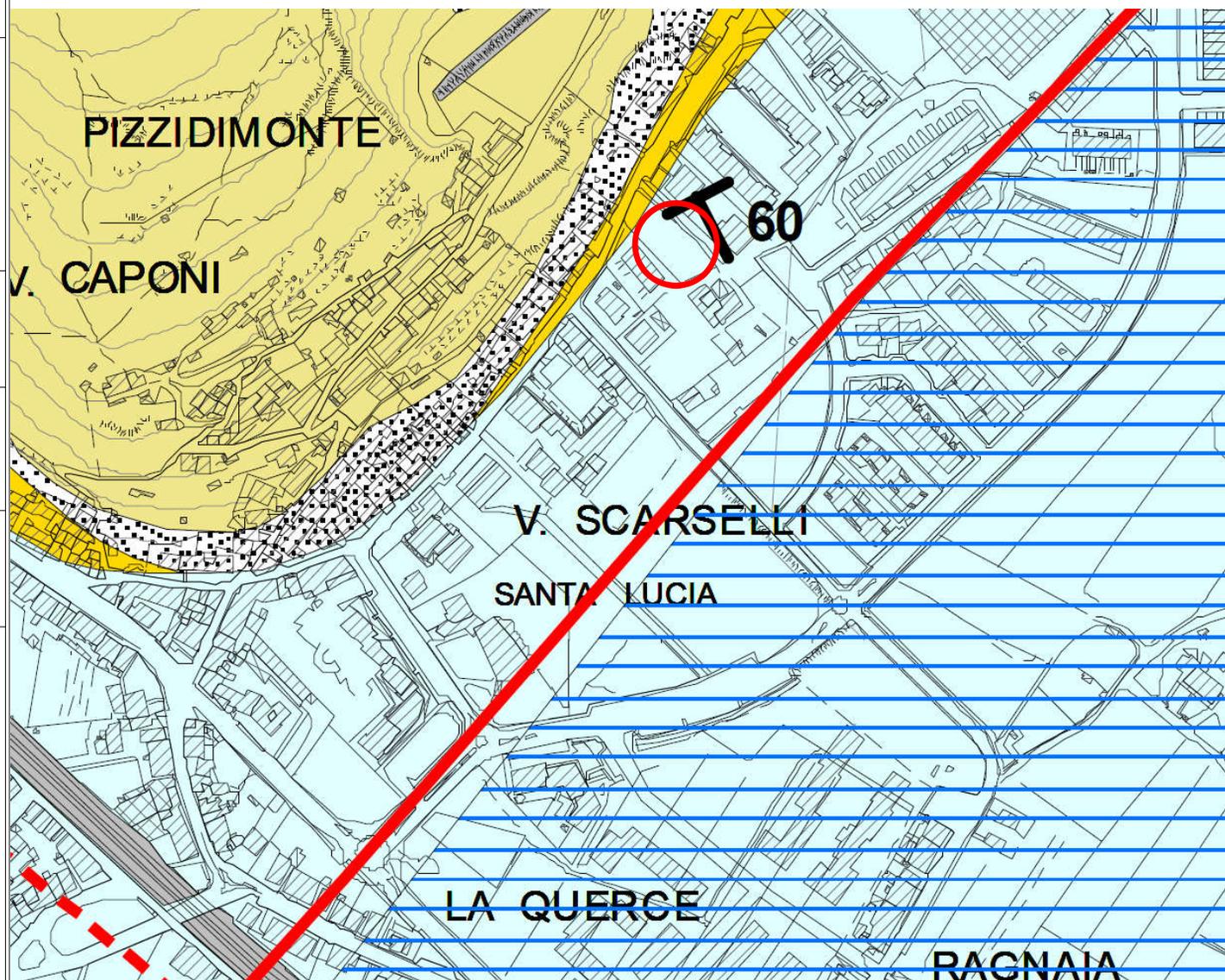
### UNITA' TETTONICHE LIGURI

Unità tettonica Morello

 Formazione di Sillano (Cretaceo sup.-Eocene inf.)

 Formazione di Sillano (facies olistostromica)

 Formazione di M. Morello (litofacies Calcarea Alberese) (Eocene sup.-medio)



# COMUNE DI PRATO

Intervento di nuova edificazione consistente in un edificio residenziale con tre unità immobiliari, ubicato in Via Mugellese, località La Querce, Comune di Prato

PROPONENTE:  
TRASTULERA S.r.l.

ELABORATO:  
Carta dei Dati di Base

TAVOLA 13  
SCALA GRAFICA

## Legenda

### INDAGINI GEOGNOSTICHE

- Prova penetrometrica statica
- Prova penetrometrica dinamica
- Sondaggio geognostico
- Trincea
- ▲ Profilo sismico

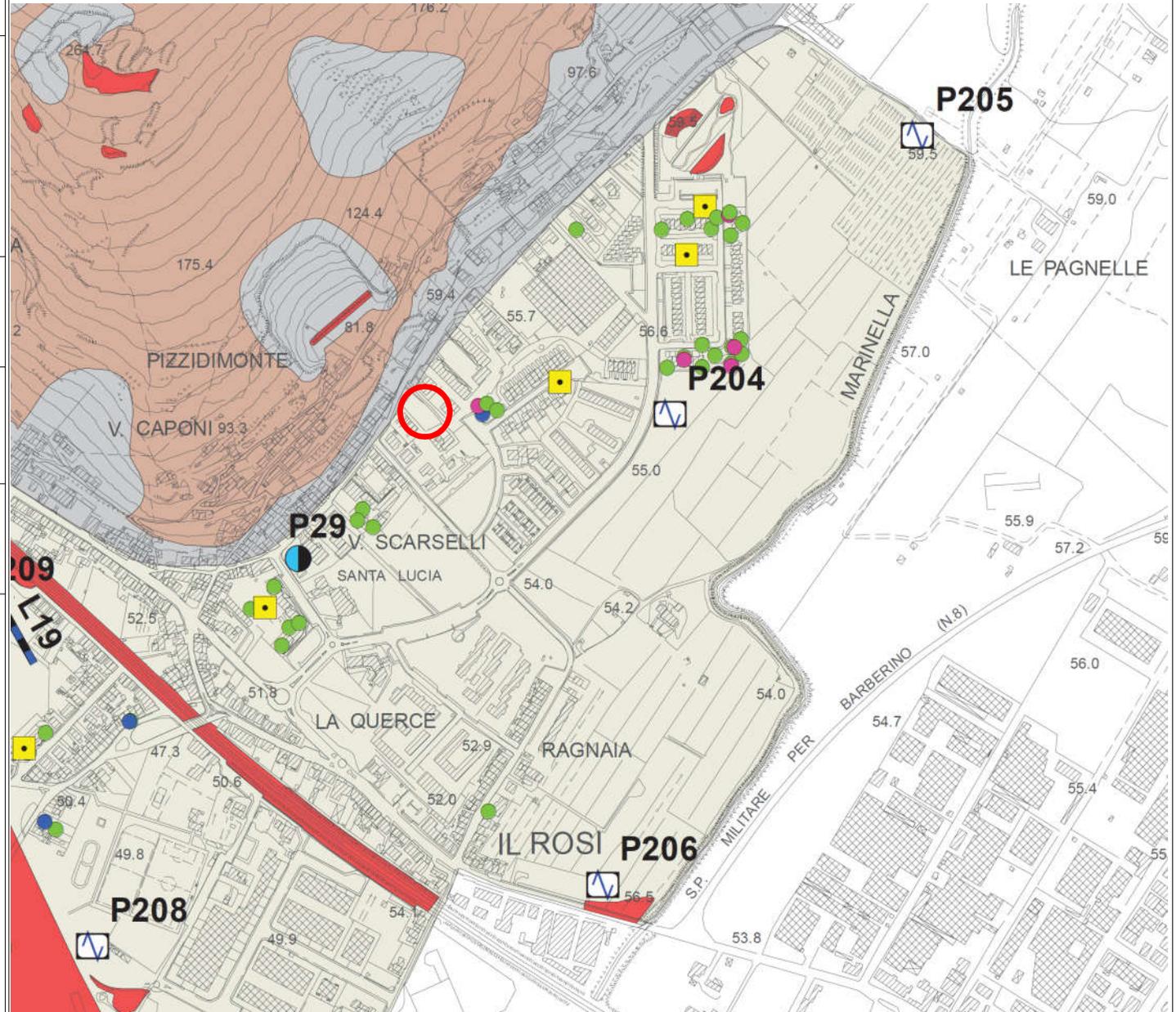
### Lineari (L12)

- MASW
- REMI
- Profilo sismico a rifrazione (onde P e S)

### Puntuali (P46)

- Misura di microtremore a stazione singola (HVSR)
- Down-hole in foro di sondaggio
- ▼ Prova penetrometrica statica (CPT)
- Array sismico (ESAC/SPAC)
- Pozzo per acqua

○ area di intervento



# COMUNE DI PRATO

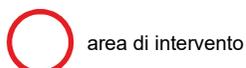
Intervento di nuova edificazione consistente in un edificio residenziale con tre unità immobiliari, ubicato in Via Mugellese, località La Querce, Comune di Prato

PROPONENTE:  
TRASTULERA S.r.l.

ELABORATO:  
Carta Morfologica  
(Estratto Piano Strutturale Comune di Prato)

TAVOLA 14  
SCALA GRAFICA

## Legenda



area di intervento

### Forme di accumulo



Detrito di versante



Deposito colluviale



Conoide alluvionale

### DINAMICHE ANTROPICHE

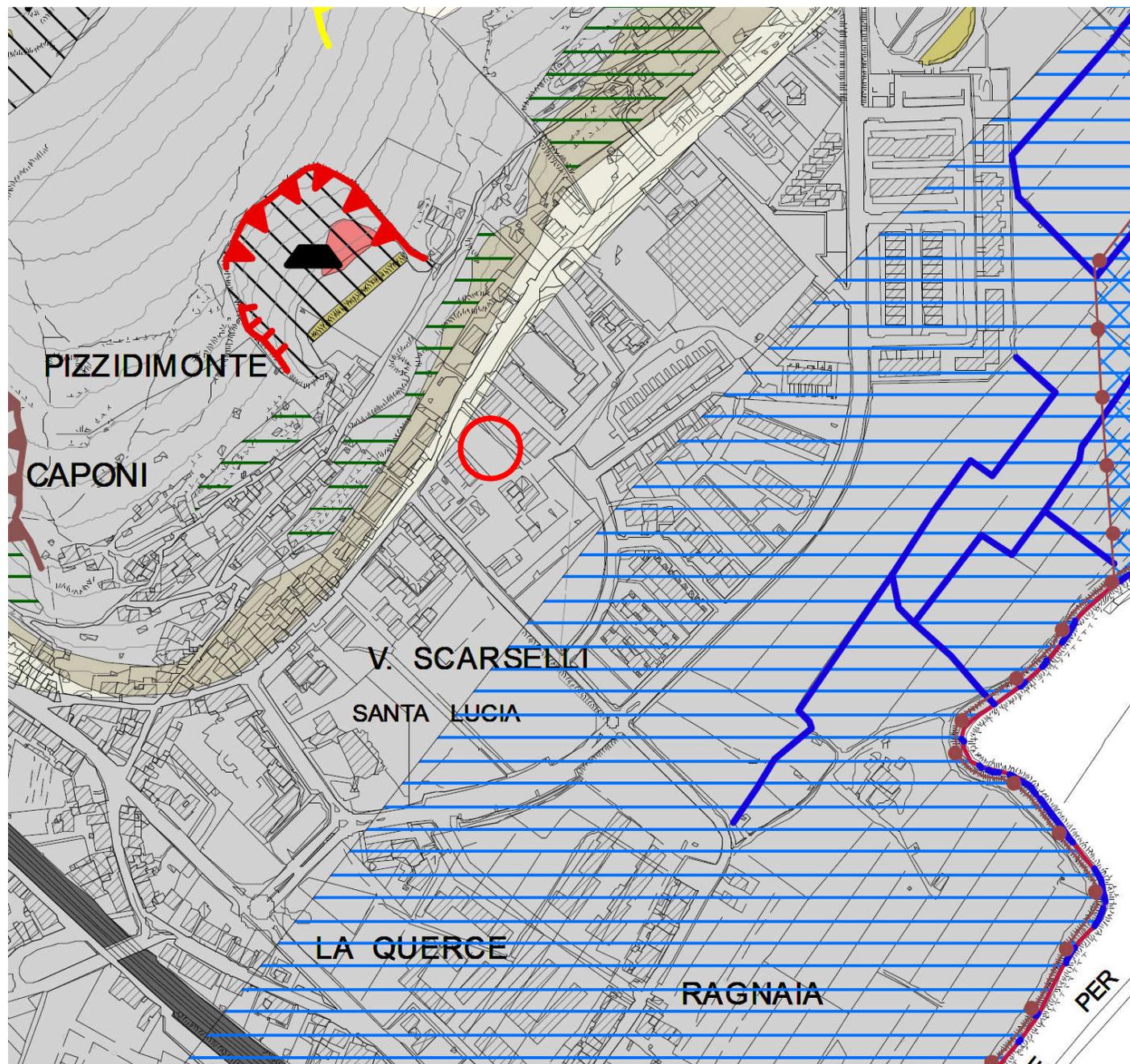
Forme e manufatti antropici



Area in trasformazione



Area terrazzata



# COMUNE DI PRATO

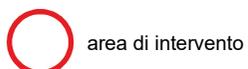
Intervento di nuova edificazione consistente in un edificio residenziale con tre unità immobiliari, ubicato in Via Mugellese, località La Querce, Comune di Prato

PROPONENTE:  
TRASTULERA S.r.l.

ELABORATO:  
Carta Idrogeologica  
(Estratto Piano Strutturale Comune di Prato)

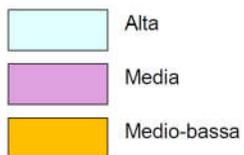
TAVOLA 15  
SCALA GRAFICA

## Legenda



area di intervento

Permeabilità primaria (per porosità)    Pozzi privati di vario utilizzo



Alta

Media

Medio-bassa



Autolavaggio

Domestico

Idroelettrico

Industriale

Irrigazione

Servizi antincendio

Servizi igienici

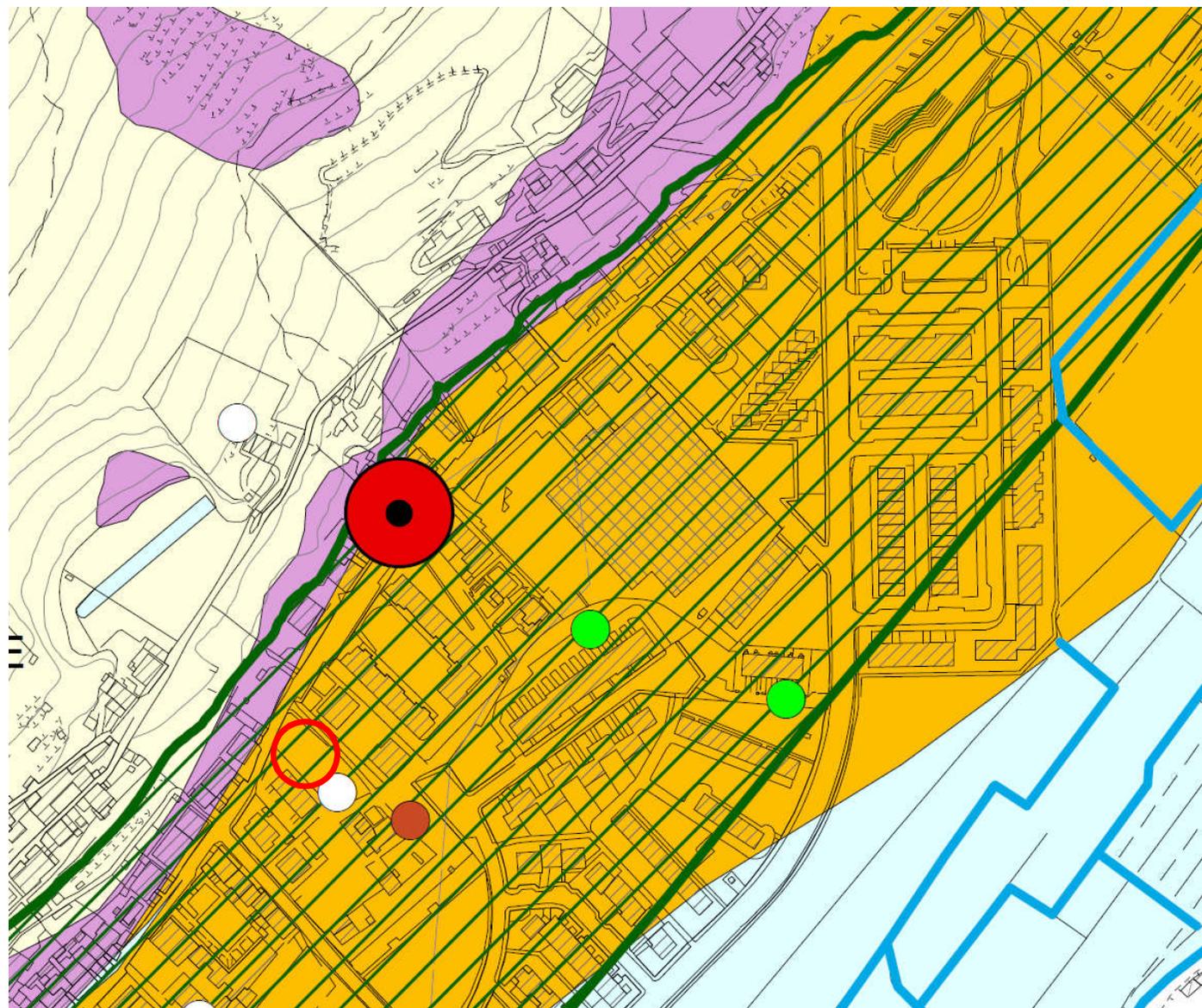
Zootechnico

Non definito

Approvvigionamento idrico dell'acquedotto



Pozzo



# COMUNE DI PRATO

Intervento di nuova edificazione consistente in un edificio residenziale con tre unità immobiliari, ubicato in Via Mugellese, località La Querce, Comune di Prato

PROPONENTE:  
TRASTULERA S.r.l.

ELABORATO:  
Ubicazione indagini svolte

TAVOLA 16  
SCALA GRAFICA

Legenda

**P 1** Prova Penetrometrica CPT

**HVSR** Indagine di sismica passiva

**G1 - G12** Stesa sismica MASW



# COMUNE DI PRATO

Intervento di nuova edificazione  
consistente in un edificio  
residenziale con tre unità  
immobiliari, ubicato in Via  
Mugellese, località La Querce,  
Comune di Prato

PROPONENTE:  
TRASTULERA S.r.l.

ELABORATO:  
Carta pericolosità sismica  
DPGR 5/R 2020

TAVOLA 17  
SCALA 1:2.000

Legenda



Perimetro di intervento



S.3

Pericolosità sismica  
locale elevata



# COMUNE DI PRATO

Intervento di nuova edificazione consistente in un edificio residenziale con tre unità immobiliari, ubicato in Via Mugellese, località La Querce, Comune di Prato

PROPONENTE:  
TRASTULERA S.r.l.

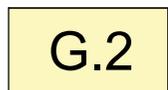
ELABORATO:  
Carta pericolosità geologica  
DPGR 5/R 2020

TAVOLA 18  
SCALA 1:2.000

Legenda



Perimetro di intervento



G.2

Pericolosità geologica  
media



# COMUNE DI PRATO

Intervento di nuova edificazione  
consistente in un edificio  
residenziale con tre unità  
immobiliari, ubicato in Via  
Mugellese, località La Querce,  
Comune di Prato

PROPONENTE:  
TRASTULERA S.r.l.

ELABORATO:  
Carta pericolosità idraulica  
DPGR 5/R 2020

TAVOLA 19  
SCALA 1:2.000

Legenda



Perimetro di intervento



Pericolosità idraulica  
media



# COMUNE DI PRATO

Intervento di nuova edificazione  
consistente in un edificio  
residenziale con tre unità  
immobiliari, ubicato in Via  
Mugellese, località La Querce,  
Comune di Prato

PROPONENTE:  
TRASTULERA S.r.l.

ELABORATO:  
Carta della Fattibilità  
DPGR 5/R 2020

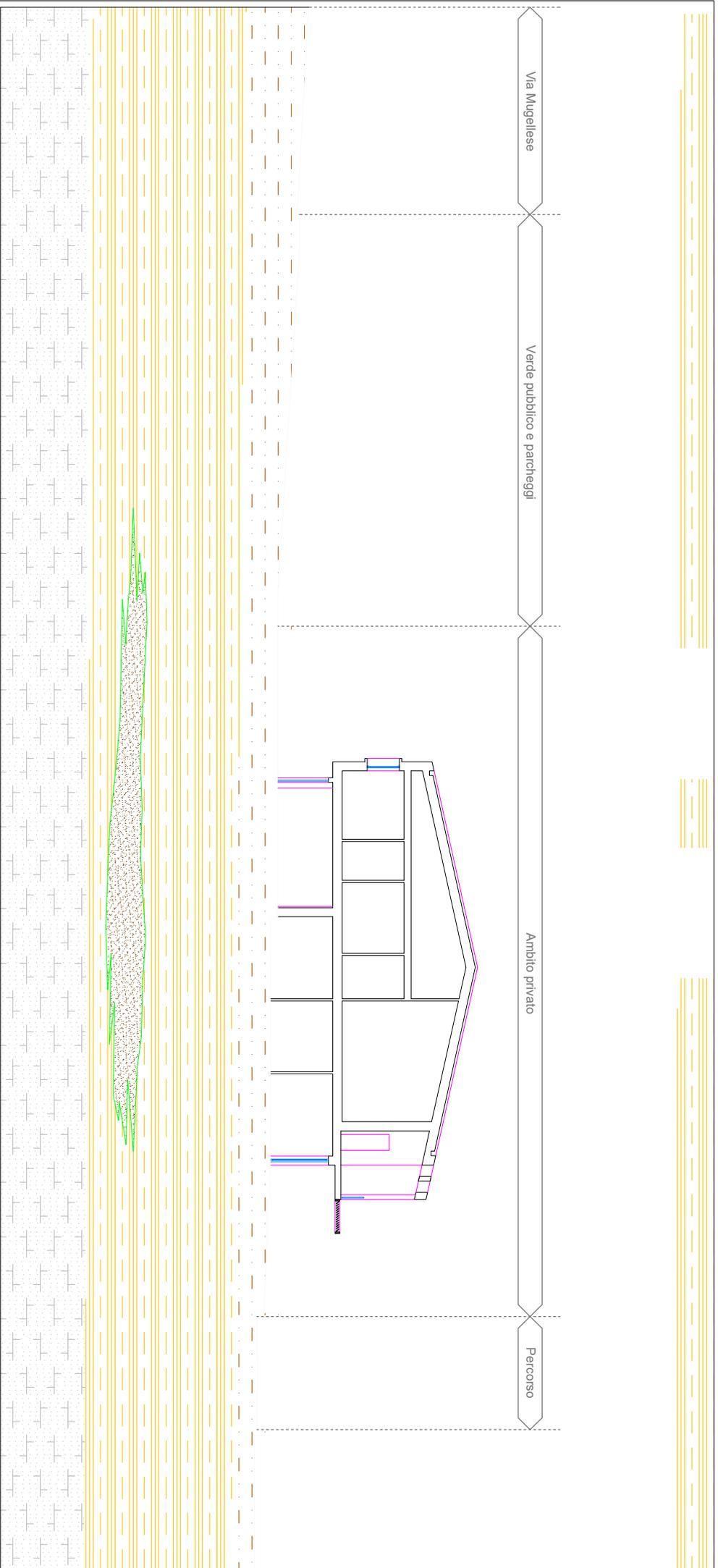
TAVOLA 20  
SCALA 1:2.000

Legenda



Perimetro di intervento





SEZIONE A - A' STATO DI PROGETTO

**COMUNE DI PRATO**

Intervento di nuova edificazione consistente in un edificio residenziale con tre unità immobiliari ubicato in Via Mugellese, loc. La Querce, nel comune di Prato

**ELABORATO**  
Sezione litostratigrafica

**TAVOLA 21**  
scala 1:200

**LEGENDA**

-  Terreno di riporto
-  Argille organiche molto poco addensate
-  Substrato argillifico fortemente alterato e disarticolato

	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )	φ (°)	E (Kg/cm <sup>2</sup> )	C' (Kg/cm <sup>2</sup> )
R	5	28	250	0.5
1	0.5	22	45	-
1b	-	25	120	-
2	-	30	400	-

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

**CPT**
**1**

Riferimento

**132-20**

 Committente **EDISISTEM SRL**

 U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**

Data esec. 13/07/2020

Cantiere

 Pagina 1  
Elaborato

 Località **La Querce - Via Mugellese - Prato (PO)**

Falda -3.50 m

H m	L1 -	L2 -	Tot -	qc kg/cm <sup>2</sup>	fs kg/cm <sup>2</sup>	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Tot -	qc kg/cm <sup>2</sup>	fs kg/cm <sup>2</sup>	F -	Rf %
0.20	0	0		0.0	0.00										
0.40	74	98		74.0	1.60	46	2.2								
0.60	89	142		89.0	3.53	25	4.0								
0.80	220	335		220.0	7.67	29	3.5								
<b>1.00</b>	<b>98</b>	<b>180</b>		<b>98.0</b>	<b>5.47</b>	<b>18</b>	<b>5.6</b>								
1.20	210	350		210.0	9.33	23	4.4								
1.40	215	360		215.0	9.67	22	4.5								
1.60	135	218		135.0	5.53	24	4.1								
1.80	22	90		22.0	4.53	5	20.6								
<b>2.00</b>	<b>22</b>	<b>60</b>		<b>22.0</b>	<b>2.53</b>	<b>9</b>	<b>11.5</b>								
2.20	20	48		20.0	1.87	11	9.4								
2.40	22	51		22.0	1.93	11	8.8								
2.60	18	43		18.0	1.67	11	9.3								
2.80	17	36		17.0	1.27	13	7.5								
<b>3.00</b>	<b>18</b>	<b>38</b>		<b>18.0</b>	<b>1.33</b>	<b>14</b>	<b>7.4</b>								
3.20	20	40		20.0	1.33	15	6.7								
3.40	16	38		16.0	1.47	11	9.2								
3.60	16	39		16.0	1.53	10	9.6								
3.80	18	42		18.0	1.60	11	8.9								
<b>4.00</b>	<b>21</b>	<b>46</b>		<b>21.0</b>	<b>1.67</b>	<b>13</b>	<b>8.0</b>								
4.20	24	52		24.0	1.87	13	7.8								
4.40	21	48		21.0	1.80	12	8.6								
4.60	19	43		19.0	1.60	12	8.4								
4.80	18	43		18.0	1.67	11	9.3								
<b>5.00</b>	<b>16</b>	<b>43</b>		<b>16.0</b>	<b>1.80</b>	<b>9</b>	<b>11.3</b>								
5.20	14	36		14.0	1.47	10	10.5								
5.40	14	34		14.0	1.33	11	9.5								
5.60	15	37		15.0	1.47	10	9.8								
5.80	100	125		100.0	1.67	60	1.7								
<b>6.00</b>	<b>87</b>	<b>101</b>		<b>87.0</b>	<b>0.93</b>	<b>94</b>	<b>1.1</b>								
6.20	7	22		7.0	1.00	7	14.3								
6.40	177	203		177.0	1.73	102	1.0								
6.60	107	140		107.0	2.20	49	2.1								
6.80	33	72		33.0	2.60	13	7.9								
<b>7.00</b>	<b>11</b>	<b>31</b>		<b>11.0</b>	<b>1.33</b>	<b>8</b>	<b>12.1</b>								
7.20	60	97		60.0	2.47	24	4.1								
7.40	38	58		38.0	1.33	29	3.5								
7.60	25	55		25.0	2.00	13	8.0								
7.80	11	21		11.0	0.67	16	6.1								
<b>8.00</b>	<b>102</b>	<b>155</b>		<b>102.0</b>	<b>3.53</b>	<b>29</b>	<b>3.5</b>								
8.20	135	200		135.0	4.33	31	3.2								
8.40	136	193		136.0	3.80	36	2.8								
8.60	77	122		77.0	3.00	26	3.9								
8.80	145	228		145.0	5.53	26	3.8								
<b>9.00</b>	<b>115</b>	<b>185</b>		<b>115.0</b>	<b>4.67</b>	<b>25</b>	<b>4.1</b>								
9.20	245	330		245.0	5.67	43	2.3								
9.40	236	295		236.0	3.93	60	1.7								
9.60	212	274		212.0	4.13	51	1.9								
9.80	63	150		63.0	5.80	11	9.2								
<b>10.00</b>	<b>51</b>	<b>99</b>		<b>51.0</b>	<b>3.20</b>	<b>16</b>	<b>6.3</b>								

H = profondità

L1 = prima lettura (punta)

L2 = seconda lettura (punta + laterale)

Lt = terza lettura (totale)

CT = 10.00 costante di trasformazione

qc = resistenza punta

fs = resistenza laterale

alla stessa quota di qc

F = rapporto Begemann (qc / fs)

Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)\*100

nota: Piezometro

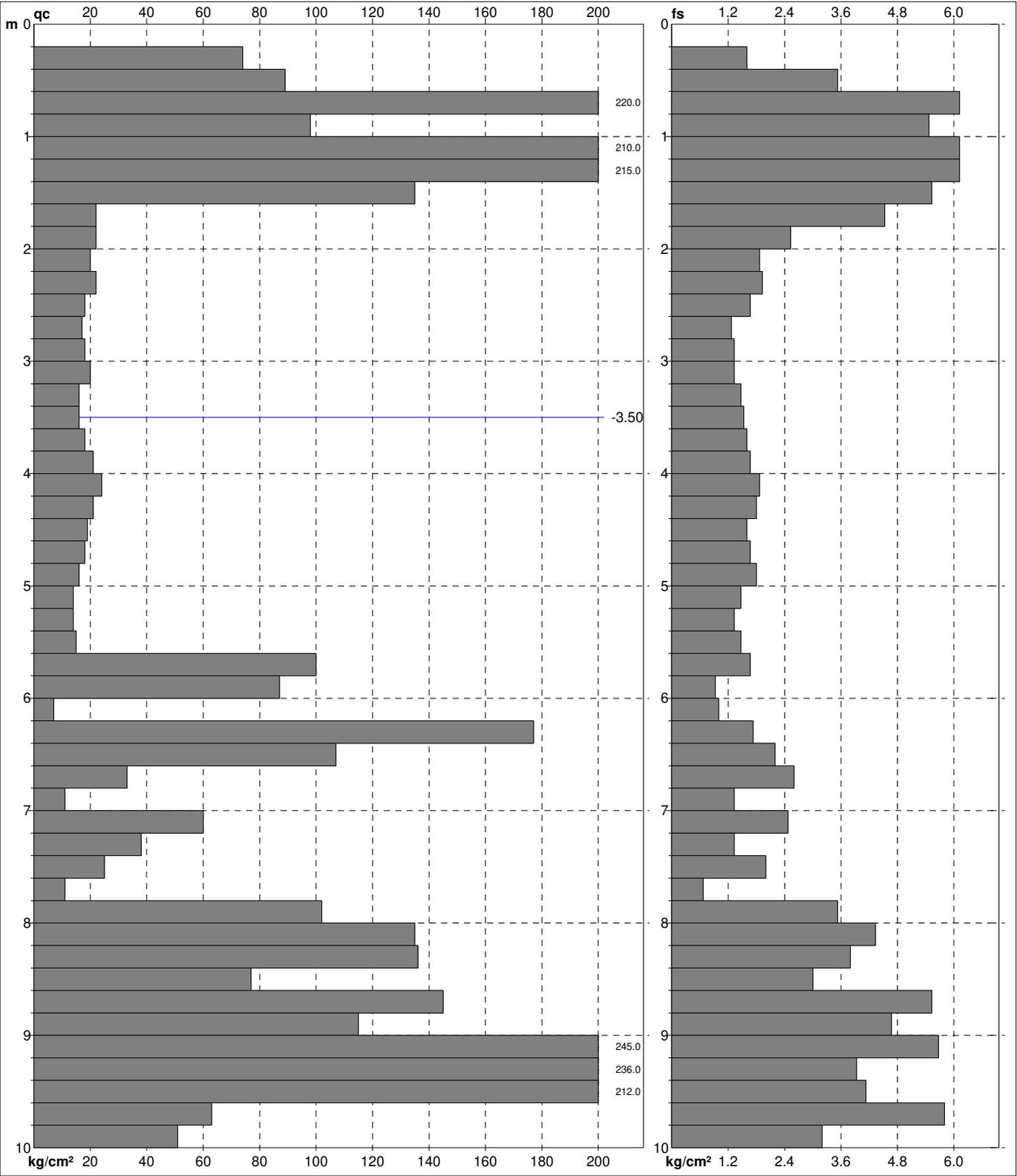
FON130

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

<b>CPT</b>	<b>1</b>
Riferimento	<b>132-20</b>

Committente <b>EDISISTEM SRL</b>	U.M.: <b>kg/cm<sup>2</sup></b>	Data exec. <b>13/07/2020</b>
Cantiere	Scala: <b>1:50</b>	
Località <b>La Querce - Via Mugellese - Prato (PO)</b>	Pagina <b>1</b>	Quota inizio: Falda <b>-3.50 m</b>
	Elaborato	



	Penetrometro: <b>TG63-200Stat</b>	preforo <b>m</b>
	Responsabile:	Corr.astine: <b>kg/ml</b>
	Assistente:	Cod. tip:

note: Piezometro

FON130

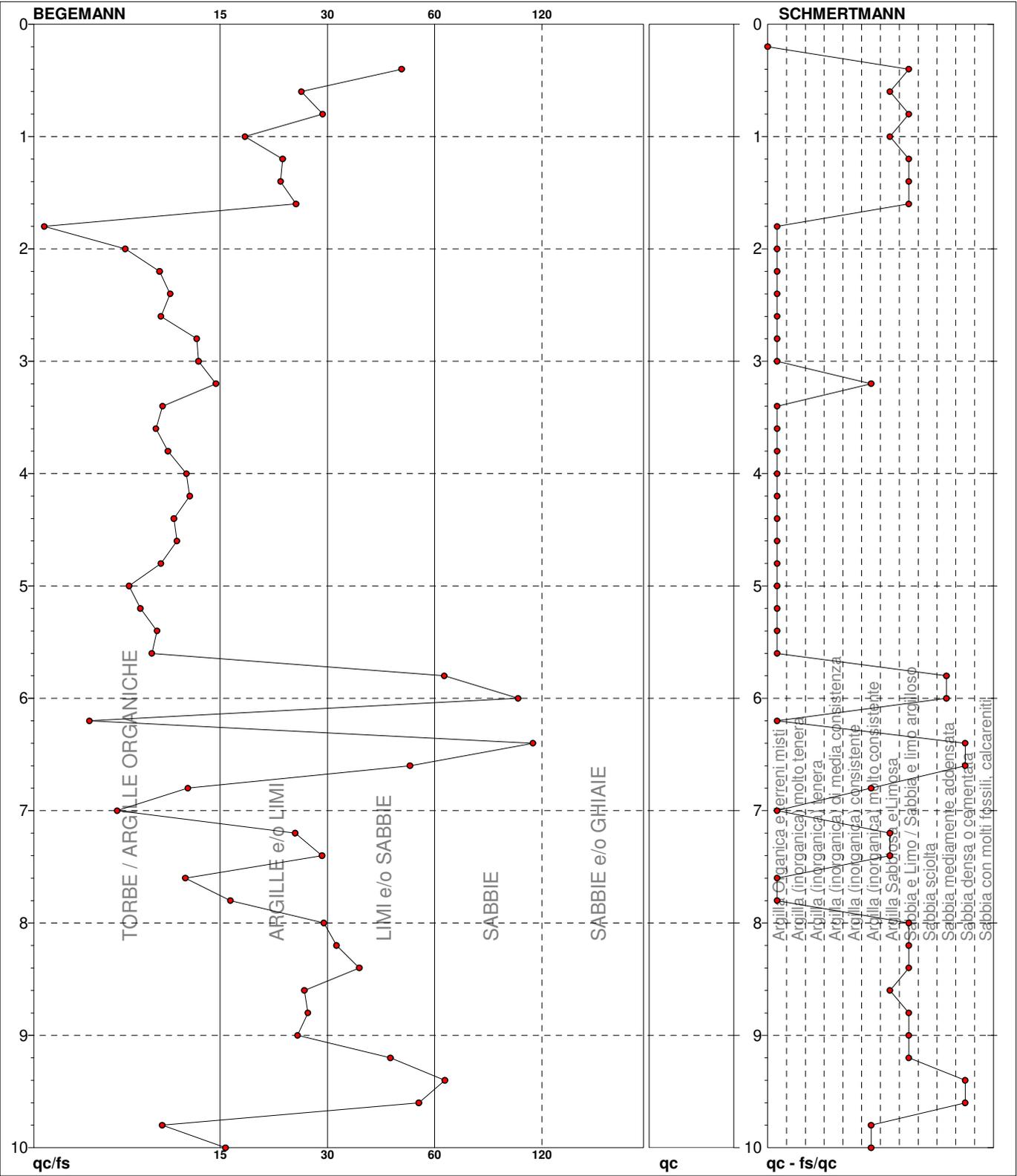
# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI LITOLOGIA

<b>CPT</b>	<b>1</b>
Riferimento	<b>132-20</b>

Committente **EDISISTEM SRL**  
 Cantiere  
 Località **La Querce - Via Mugellese - Prato (PO)**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**  
 Scala: **1:50**  
 Pagina **1**  
 Elaborato  
 Data eseg. **13/07/2020**  
 Falda **-3.50 m**



● 132-20 [1] : 10.00 m



# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

**CPT**
**2**

Riferimento

**132-20**

 Committente **EDISISTEM SRL**

 U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**

Data esec. 13/07/2020

Cantiere

 Pagina 1  
Elaborato

Falda -5.00 m

 Località **La Querce - Via Mugellese - Prato (PO)**

H m	L1 -	L2 -	Tot -	qc kg/cm <sup>2</sup>	fs kg/cm <sup>2</sup>	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Tot -	qc kg/cm <sup>2</sup>	fs kg/cm <sup>2</sup>	F -	Rf %
0.20	0	0		0.0	0.00										
0.40	11	33		11.0	1.47	7	13.4								
0.60	46	60		46.0	0.93	49	2.0								
0.80	52	90		52.0	2.53	21	4.9								
<b>1.00</b>	82	117		82.0	2.33	35	2.8								
1.20	88	160		88.0	4.80	18	5.5								
1.40	70	160		70.0	6.00	12	8.6								
1.60	68	153		68.0	5.67	12	8.3								
1.80	92	183		92.0	6.07	15	6.6								
<b>2.00</b>	106	237		106.0	8.73	12	8.2								
2.20	90	246		90.0	10.40	9	11.6								
2.40	40	175		40.0	9.00	4	22.5								
2.60	29	96		29.0	4.47	6	15.4								
2.80	22	58		22.0	2.40	9	10.9								
<b>3.00</b>	26	55		26.0	1.93	13	7.4								
3.20	19	46		19.0	1.80	11	9.5								
3.40	22	49		22.0	1.80	12	8.2								
3.60	21	44		21.0	1.53	14	7.3								
3.80	20	40		20.0	1.33	15	6.7								
<b>4.00</b>	18	36		18.0	1.20	15	6.7								
4.20	22	40		22.0	1.20	18	5.5								
4.40	22	44		22.0	1.47	15	6.7								
4.60	31	59		31.0	1.87	17	6.0								
4.80	35	64		35.0	1.93	18	5.5								
<b>5.00</b>	33	65		33.0	2.13	15	6.5								
5.20	38	70		38.0	2.13	18	5.6								
5.40	280	400		280.0	8.00	35	2.9								

H = profondità

L1 = prima lettura (punta)

L2 = seconda lettura (punta + laterale)

Lt = terza lettura (totale)

CT = 10.00 costante di trasformazione

qc = resistenza punta

fs = resistenza laterale

alla stessa quota di qc

F = rapporto Begemann (qc / fs)

Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)\*100

nota: Piezometro. Da - 5.40 m da p.c. segue DPSH 2

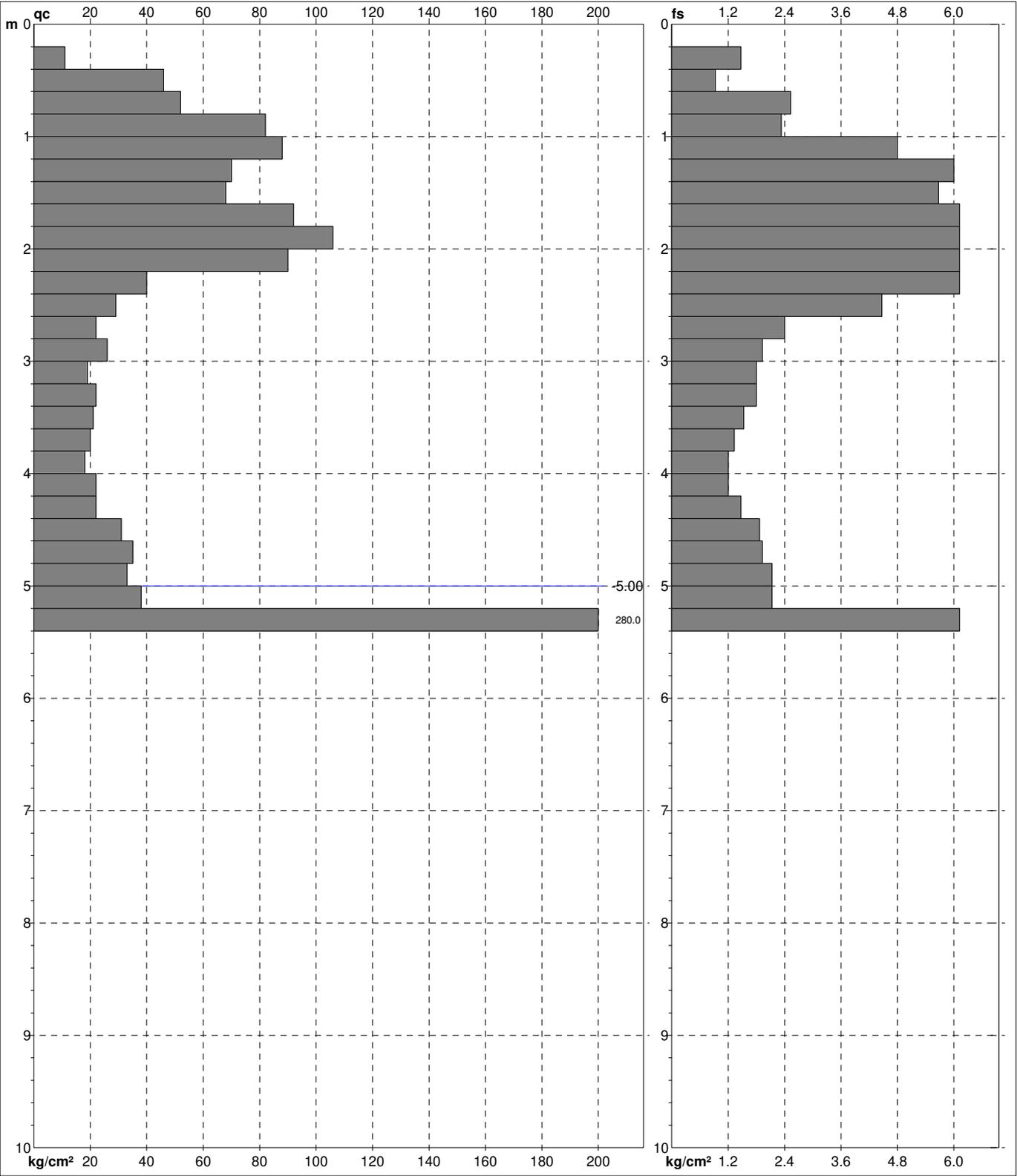
FON130

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

<b>CPT</b>	<b>2</b>
Riferimento	<b>132-20</b>

Committente <b>EDISISTEM SRL</b>	U.M.: <b>kg/cm<sup>2</sup></b>	Data eseg. <b>13/07/2020</b>
Cantiere	Scala: <b>1:50</b>	Quota inizio:
Località <b>La Querce - Via Mugellese - Prato (PO)</b>	Pagina <b>1</b>	Falda <b>-5.00 m</b>
	Elaborato	



Penetrometro: <b>TG63-200Stat</b>	preforo <b>m</b>
Responsabile:	Corr.astine: <b>kg/ml</b>
Assistente:	Cod. tip:

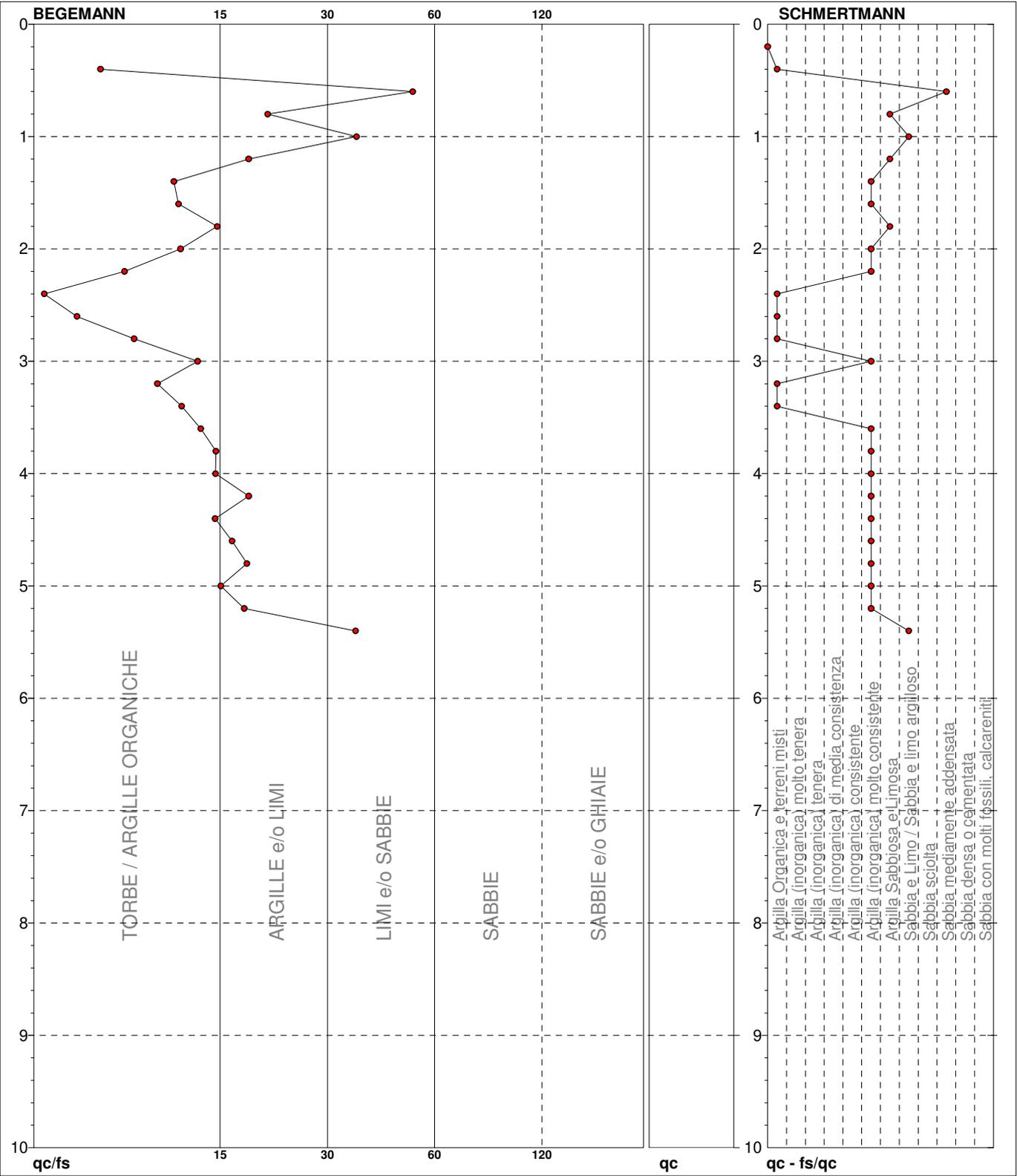
# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI LITOLOGIA

<b>CPT</b>	<b>2</b>
Riferimento	<b>132-20</b>

Committente **EDISISTEM SRL**  
 Cantiere  
 Località **La Querce - Via Mugellese - Prato (PO)**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**  
 Scala: **1:50**  
 Pagina **1**  
 Elaborato  
 Data eseg. **13/07/2020**  
 Falda **-5.00 m**





# LEGENDA VALORI DI RESISTENZA FATTORI DI CONVERSIONE

**Strumento utilizzato:**  
**TG63-200Stat - Pagani - Piacenza**

Caratteristiche:

- punta conica meccanica  $\varnothing$  35.7 mm, area punta  $A_p = 10 \text{ cm}^2$
- punta conica meccanica angolo di apertura:  $\alpha = 60^\circ$
- manicotto laterale di attrito tipo 'Begemann' ( $\varnothing = 35.7 \text{ mm} - h = 133 \text{ mm} - A_m = 150 \text{ cm}^2$ )
- velocità di avanzamento costante  $V = 2 \text{ cm/sec}$  ( $\pm 0,5 \text{ cm / sec}$ )
- spinta max nominale dello strumento  $S_{max}$  variabile a seconda del tipo
- costante di trasformazione  $CT = SPINTA \text{ (Kg)} / LETTURA \text{ DI CAMPAGNA}$   
(dato tecnico legato alle caratteristiche del penetrometro utilizzato, fornito dal costruttore)

fase 1 - resistenza alla punta:  $q_c \text{ ( kg/cm}^2 \text{ )} = ( L_1 ) \times CT / 10$

fase 2 - resistenza laterale locale:  $f_s \text{ ( kg/cm}^2 \text{ )} = [( L_2 ) - ( L_1 )] \times CT / 150$

fase 3 - resistenza totale :  $R_t \text{ ( kg/cm}^2 \text{ )} = ( L_t ) \times CT$

- Prima lettura = lettura di campagna durante l' infissione della sola punta ( fase 1 )
- Seconda lettura = lettura di campagna relativa all'infissione di punta e manicotto ( fase 2 )
- Terza lettura = lettura di campagna relativa all'infissione delle aste esterne ( fase 3 )

N.B. : la spinta  $S \text{ ( Kg )}$ , corrispondente a ciascuna fase, si ottiene moltiplicando la corrispondente lettura di campagna  $L$  per la costante di trasformazione  $CT$ .

N.B. : nonostante la distanza intercorrente ( 20 cm circa ) fra il centro del manicotto laterale e la punta conica del penetrometro, la resistenza laterale locale  $f_s$  viene computata alla stessa quota della punta.

## CONVERSIONI

1 kN (kiloNewton) = 1000 N  $\approx$  100 kg = 0,1 t

1 MN (megaNewton) = 1.000 kN = 1.000.000 N  $\approx$  100 t

1 kPa (kiloPascal) = 1 kN/m<sup>2</sup> = 0,001 MN/m<sup>2</sup> = 0,001 MPa  $\approx$  0,1 t/m<sup>2</sup> = 0,01 kg/cm<sup>2</sup>

1 MPa (megaPascal) = 1 MN/m<sup>2</sup> = 1.000 kN/m<sup>2</sup> = 1000 kPa  $\approx$  100 t/m<sup>2</sup> = 10 kg/cm<sup>2</sup>

1 kg/cm<sup>2</sup> = 10 t/m<sup>2</sup>  $\approx$  100 kN/m<sup>2</sup> = 100 kPa = 0,1 MN/m<sup>2</sup> = 0,1 MPa

1 t = 1000 kg  $\approx$  10 kN

# LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE CORRELAZIONI GENERALI

**Valutazioni in base al rapporto:  $F = (q_c / f_s)$**

**Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977**

Valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

$F = q_c / f_s$	NATURA LITOLOGICA	PROPRIETA'
$F \leq 15 \text{ kg/cm}^2$	TORBE ED ARGILLE ORGANICHE	COESIVE
$15 \text{ kg/cm}^2 < F \leq 30 \text{ kg/cm}^2$	LIMI ED ARGILLE	COESIVE
$30 \text{ kg/cm}^2 < F \leq 60 \text{ kg/cm}^2$	LIMI SABBIOSI E SABBIE LIMOSE	GRANULARI
$F > 60 \text{ kg/cm}^2$	SABBIE E SABBIE CON GHIAIA	GRANULARI

**Vengono inoltre riportate le valutazioni stratigrafiche fornite da Schmertmann (1978),  
ricavabili in base ai valori di  $q_c$  e di  $FR = (f_s / q_c) \% :$**

- AO = argilla organica e terreni misti
- Att = argilla (inorganica) molto tenera
- At = argilla (inorganica) tenera
- Am = argilla (inorganica) di media consistenza
- Ac = argilla (inorganica) consistente
- Acc = argilla (inorganica) molto consistente
- ASL = argilla sabbiosa e limosa
- SAL = sabbia e limo / sabbia e limo argilloso
- Ss = sabbia sciolta
- Sm = sabbia mediamente addensata
- Sd = sabbia densa o cementata
- SC = sabbia con molti fossili, calcareniti

Secondo Schmertmann il valore della resistenza laterale da usarsi, dovrebbe essere pari a:

- $1/3 \pm 1/2$  di quello misurato , per depositi sabbiosi
- quello misurato ( inalterato ) , per depositi coesivi.



**PROVE PENETROMETRICHE MECCANICHE / ELETTRICHE**  
**SCHEMA PENETROMETRO**

Riferimento

**132-20**

Committente **EDISISTEM SRL**

Cantiere

Località **La Querce - Via Mugellese - Prato (PO)**

**TG63-200Stat**

**Pagani - Piacenza**

<b>Sigla</b>	<b>TG63-200Stat</b>	Nominativo o sigla dello strumento
<b>Beta eff.</b>	<b>1.12</b>	Coefficiente Effettivo suggerito dal costruttore del penetrometro
<b>M(massa)</b>	<b>63.0 kg</b>	Massa del Maglio Battente agente sulla batteria di aste
<b>H(maglio)</b>	<b>0.75 m</b>	Altezza di caduta o corsa del maglio (toll. da 0.01m a 0.02m)
<b>L(aste)</b>	<b>1.00 m</b>	Lunghezza delle aste utilizzabili, variabile da 1.00m a 2.00m (toll. da 0.1% a 0.2%)
<b>M(aste)</b>	<b>6.00 kg</b>	Peso al metro lineare delle aste (N.B. indipendente dalla lunghezza delle aste)
<b>M(sistema)</b>		Massa del complesso asta di guida - testa di battuta
<b>A(punta)</b>	<b>20.00 cm<sup>2</sup></b>	Area della superficie laterale del cono della punta
<b>Alfa(punta)</b>	<b>90 °</b>	Angolo di apertura della punta conica variabile tra 60° e 90°
<b>Prf.(1°asta)</b>	<b>0.80 m</b>	Profondità di giunzione della prima asta infissa
<b>N</b>	<b>0.20 m</b>	Penetrazione standard, tratto di penetrazione per quale sono necessari Nx colpi
<b>Rivest.</b>	<b>Sì</b>	Previsto uso di rivestimento delle aste o uso di fanghi
<b>ø(punta)</b>		Diametro della punta conica integra, cioè non soggetta ad usura (toll. da 0.3 a 0.5mm)
<b>MaxCE%</b>		Massima compressione elastica consentita rispetto alla penetrazione
<b>L/DM</b>		Rapporto tra la lunghezza e il diametro del maglio di battuta
<b>D(tb)</b>		Diametro della testa di battuta.
<b>DEV(a)[&lt;5m]</b>		Deviazione massima delle aste dalla verticale nei primi 5.00 metri
<b>DEV(a)[&gt;5m]</b>		Deviazione massima delle aste dalla verticale oltre i 5.00 metri
<b>ECCmax(a)</b>		Massima eccentricità consentita alle aste
<b>Dest(aste)</b>		Diametro esterno delle aste (toll. max 0.2mm)
<b>Dint(aste)</b>		Diametro interno delle aste cave (toll. da 0.2mm a 0.3mm)
<b>Dmin(punta)</b>		Minimo diametro consentito per la punta conica usurata
<b>hcl(punta)</b>		Altezza del cilindro alla base del cono della punta (toll. da 1.00mm a 2.00mm)
<b>Ras(punta)</b>		Rastremazione del cono nella parte alta
<b>Hc(punta)</b>		Altezza della parte conica della punta non soggetta ad usura (toll. da 0.1mm a 0.4mm)
<b>RangeCP</b>		Massimo numero di colpi utile
<b>Spinta</b>	<b>20 t</b>	Spinta nominale strumento

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

## LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

**DIN**
**2**

Riferimento

**132-20**

 Committente **EDISISTEM SRL**

 U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**

Data esec. 13/07/2020

Cantiere

 Pagina 1  
Elaborato

Falda

 Località **La Querce - Via Mugellese - Prato (PO)**

H m	asta n°	punta colpi	riv colpi	qcd kg/cm <sup>2</sup>	H m	asta n°	punta colpi	riv colpi	qcd kg/cm <sup>2</sup>
0.20	1	0		0.0					
0.40	1	0		0.0					
0.60	1	0		0.0					
0.80	1	0		0.0					
<b>1.00</b>	2	0		0.0					
1.20	2	0		0.0					
1.40	2	0		0.0					
1.60	2	0		0.0					
1.80	3	0		0.0					
<b>2.00</b>	3	0		0.0					
2.20	3	0		0.0					
2.40	3	0		0.0					
2.60	3	0		0.0					
2.80	4	0		0.0					
<b>3.00</b>	4	0		0.0					
3.20	4	0		0.0					
3.40	4	0		0.0					
3.60	5	0		0.0					
3.80	5	0		0.0					
<b>4.00</b>	5	0		0.0					
4.20	5	0		0.0					
4.40	5	0		0.0					
4.60	6	0		0.0					
4.80	6	0		0.0					
<b>5.00</b>	6	0		0.0					
5.20	6	0		0.0					
5.40	7	0		0.0					
5.60	7	22		173.3					
5.80	7	19		149.6					
<b>6.00</b>	7	13		102.4					
6.20	7	10		78.8					
6.40	8	9		67.7					
6.60	8	12		90.2					
6.80	8	14		105.2					
<b>7.00</b>	8	13		97.7					
7.20	9	17		127.8					
7.40	9	13		93.5					
7.60	9	8		57.5					
7.80	9	6		43.1					
<b>8.00</b>	9	10		71.9					
8.20	10	12		82.7					
8.40	10	11		75.8					
8.60	10	13		89.6					
8.80	10	17		117.1					
<b>9.00</b>	11	12		82.7					
9.20	11	18		119.1					
9.40	11	32		211.7					
9.60	11	38		251.4					
9.80	11	44		291.1					
<b>10.00</b>	12	50		318.0					

H = profondità

qcd = Resistenza dinamica punta

L1 = asta

L2 = punta

L3 = riv

note: Piezometro - Proseguimento della CPT 1

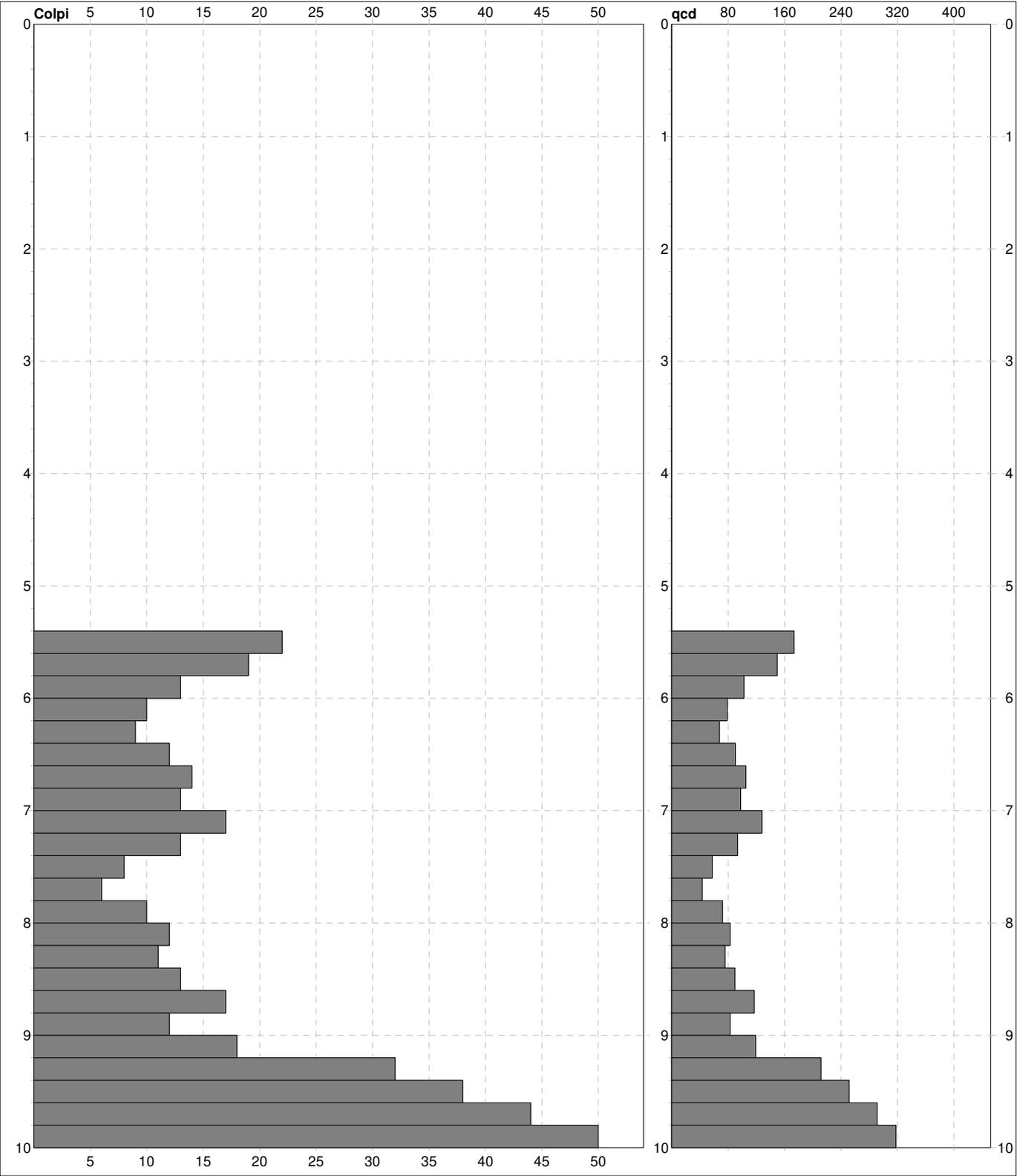
FON130

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

## DIAGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

<b>DIN</b>	<b>2</b>
Riferimento	<b>132-20</b>

Committente <b>EDISISTEM SRL</b>	U.M.: <b>kg/cm<sup>2</sup></b>	Data exec. <b>13/07/2020</b>
Cantiere	Scala: <b>1:50</b>	
Località <b>La Querce - Via Mugellese - Prato (PO)</b>	Pagina <b>1</b>	Quota inizio: <b>:</b>
	Elaborato	Falda



<b>Penetrometro:</b> TG63-200Din	<b>Responsabile::</b>	preforo m
63.00 kg	<b>Assistente::</b>	Corr.astine: : kg/ml
0.75 m		Cod.ISTAT: 0
0.20 m		

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SUDDIVISIONE GEOTECNICA

**DIN**
**2**

Riferimento

**132-20**

 Committente **EDISISTEM SRL**

 U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**

Data esec. 13/07/2020

Cantiere

 Pagina  
Elaborato 1

Falda

 Località **La Querce - Via Mugellese - Prato (PO)**

## PARAMETRI GENERALI

n°	profondità m	statistica	VCA colpi	$\beta$ -	Nspt colpi	qcd kg/cm <sup>2</sup>	qc kg/cm <sup>2</sup>	Vs m/sec	G kg/cm <sup>2</sup>	Q kg/cm <sup>2</sup>	natura	descrizione
1	5.40 : 5.80	Media	21	1.51	31	162	145	206	187	8.07	Coes./Gran.	
2	5.80 : 7.40	Media	13	1.51	19	95	85	179	127	4.77	Coes./Gran.	
3	7.40 : 7.80	Media	7	1.51	11	50	45	167	82	2.52	Coes./Gran.	
4	7.80 : 9.20	Media	13	1.51	20	91	82	189	132	4.56	Coes./Gran.	
5	9.20 : 10.00	Media	41	1.51	62	268	244	257	326	13.40	Coes./Gran.	

## NATURA COESIVA

## NATURA GRANULARE

n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kg/cm <sup>2</sup>	Ysat t/m <sup>3</sup>	W %	e -	Mo kg/cm <sup>2</sup>	Dr %	$\phi$ °	E' kg/cm <sup>2</sup>	Ysat t/m <sup>3</sup>	Yd t/m <sup>3</sup>	Mo kg/cm <sup>2</sup>	Liq. -
1	5.40 : 5.80	31	1.94	2.10	20.20	0.55	92	66	36	430	2.06	1.70	386	---
2	5.80 : 7.40	19	1.19	2.01	25.45	0.69	67	49	33	338	1.98	1.58	284	---
3	7.40 : 7.80	11	0.69	1.91	32.11	0.87	50	37	30	276	1.94	1.51	196	---
4	7.80 : 9.20	20	1.25	2.02	24.71	0.67	69	50	33	345	1.99	1.59	292	---
5	9.20 : 10.00	62	3.88	2.10	20.20	0.55	155	90	43	669	2.18	1.89	650	---

# LEGENDA SPECIFICHE TECNICHE

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

### DIVERSE TIPOLOGIE DI PENETROMETRI DINAMICI

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi  $\delta$ , misurando il numero di colpi N necessari.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti :

- peso massa battente M
- altezza libera caduta H
- punta conica : diametro base cono D , area base A (angolo di apertura  $\alpha$ )
- avanzamento (penetrazione  $\delta$ )
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici) .

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella più sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente) :

### DIVERSE TIPOLOGIE DI PENETROMETRI DINAMICI Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici

Tipo	Sigla di riferimento	massa battente	prof.max indagine
Leggero	DPL (Light)	$M \div 10$	8 m
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25 m
Pesante	DPH (Heavy)	$40 < M < 60$	25 m
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	$M > 60$	> 25 m

Per la visione delle caratteristiche tecniche dei penetrometri, si rimanda alla sezione EDITOR PENETROMETRI.

I PENETROMETRI dinamici in uso in Italia risultano essere i seguenti (non rientranti però nello Standard ISSMFE) :

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)  
massa battente M = 30 kg, altezza di caduta H = 0.20 m, avanzamento  $\delta \approx 10$  cm, punta conica (  $\alpha \approx 60-90^\circ$ ),  
diametro D = 35.7 mm, area base cono A = 10 cm<sup>2</sup> rivestimento / fango bentonitico : talora previsto

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)  
massa battente M = 20 kg, altezza di caduta H = 0.20 m, avanzamento  $\delta \approx 10$  cm, punta conica (  $\alpha \approx 60-90^\circ$ ),  
diametro D = 35.7 mm, area base cono A = 10 cm<sup>2</sup> rivestimento / fango bentonitico : talora previsto

- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SCPT) (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)  
massa battente M = 73 kg, altezza di caduta H = 0.75 m, avanzamento  $\delta \approx 30$  cm, punta conica (  $\alpha \approx 60^\circ$ ),  
diametro D = 50.8 mm, area base cono A = 20.27 cm<sup>2</sup> rivestimento : previsto secondo precise indicazioni

- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)  
massa battente M = 63.5 kg, altezza caduta H = 0.75 m, avanzamento  $\delta \approx 20-30$  cm, punta conica (  $\alpha \approx 60^\circ$ ),  
diametro D = 50.5 mm , area base cono A = 20 cm<sup>2</sup>, rivestimento / fango bentonitico : talora previsto .

## LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI SPECIFICHE TECNICHE

### VALUTAZIONI STATISTICHE - CORRELAZIONI N / N<sub>spt</sub>

Il sottosuolo indagato viene suddiviso in strati .

Prima definizione della profondità di ciascuno strato , il programma effettua (con riferimento al numero di colpi N) una serie di elaborazioni statistiche dei dati in memoria, valutando :

valore minimo m , massimo Max , media M, scarto quadratico medio s, valore medio/minimo (M+m)<sup>1/2</sup>  
media-scato quadratico medio (M-s)

Ciò considerato , si potrà adottare il valore caratteristico VCA per N più adatto , a seconda delle esigenze, impostando uno dei valori elaborati sopra citati o un valore a scelta.

Successivamente , con riferimento al valore caratteristico assunto per il numero di colpi N , si potrà avviare un tentativo di correlazione con il numero di colpi N<sub>spt</sub> della prova SPT : N<sub>spt</sub> = βN [ove per il coefficiente β si potrà introdurre un valore sperimentale a piacere (vedi note illustrative), ovvero il coefficiente teorico di energia β<sub>t</sub> fornito dal programma] .

### VALUTAZIONE RESISTENZA DINAMICA E COEFFICIENTE DI ENERGIA

La resistenza alla punta dinamica q<sub>cd</sub> viene comunemente valutata in base alla formula Olandese :

$$q_{cd} = (M^2 H) / [A e (M + P)] \text{ ove :}$$

N = n. colpi per avanzamento δ q<sub>cd</sub> = resist.dinam.punta [area A] M = massa battente [altezza caduta H]

e = avanzamento per colpo = δ/N P = peso tot. sistema battente e aste ,

ovvero in base alla formula semplificata :

$$q_{cd} = (M H) / (A e) = (M H) N / (A \delta) = Q N ,$$

ove : Q = (M H) / (A δ) = energia specifica teorica per colpo .

Ciò considerato, volendo riferire la prova in esame (N,Q) alla prova SPT (N<sub>spt</sub>,Q<sub>spt</sub>),

dall'uguaglianza dei valori di resistenza dinamica relativi alle due prove, si ricava teoricamente :

$$q_{cd} = Q N = Q_{spt} N_{spt} \Rightarrow N_{spt} = N [Q/Q_{spt}] = \beta N ,$$

ove il rapporto β<sub>t</sub> = Q/Q<sub>spt</sub> viene definito coefficiente teorico di energia della prova in esame ,

relativamente alla prova SPT (Q<sub>spt</sub> = 7.83 kg/cm<sup>2</sup> = 0.768 MPa ) per M = 63.5 kg, H = 0.75 m, D = 50.8 mm,

A = 20.27 cm<sup>2</sup>, d = 0.30 m) .

Le scelte litologiche vengono effettuate in base al valore del numero dei colpi SPT equivalente

prevedendo altresì la possibilità di casi dubbi :

N<sub>spt</sub> -> Dr DENSITA' RELATIVA (Terreni granulari) - TERZAGHI & PECK (1948-1967)

N<sub>spt</sub> -> ø' ANGOLO DI ATTRITO EFFICACE (Terreni granulari) - PECK-HANSON-THORBURN (1953-1974)

N<sub>spt</sub> -> E' MODULO DI DEFORMAZIONE DRENATO (Terreni granulari) - D'APPOLONIA e altri (1970)

N<sub>spt</sub> -> Cu COESIONE NON DRENATA (Terreni coesivi) - TERZAGHI & PECK (1948-1967)

N<sub>spt</sub> -> Y PESO DI VOLUME

TERRENI GRANULARI (Terzaghi-Peck 1948/1967) [e.max = 1 e.min = 1/3 G = 2.65]

TERRENI COESIVI (Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967) [p.specifico G = 2.70]

q<sub>cd</sub> -> Qd CAPACITA' PORTANTE DINAMICA Herminier, Tcheng & Lebegue(1965)

F.L. = accelerazione al suolo che può causare liquefazione ( terreni granulari )

( g = accelerazione gravità)(Seed & Idriss 1971 - Sirio 1976 ) [ correlazioni : (Amax/g) ]

V<sub>s</sub> = velocità di propagazione delle onde sismiche ( Iyisan 1996 )

# PROVE PENETROMETRICHE MECCANICHE / ELETTRICHE

## SCHEDA PENETROMETRO

Riferimento

132-20

Committente **EDISISTEM SRL**

Cantiere

Località **La Querce - Via Mugellese - Prato (PO)**

**TG63-200Din**

**Pagani - Piacenza**

<b>Sigla</b>	<b>TG63-200Din</b>	Nominativo o sigla dello strumento
<b>Beta eff.</b>	<b>1.15</b>	Coefficiente Effettivo suggerito dal costruttore del penetrometro
<b>M(massa)</b>	<b>63.0 kg</b>	Massa del Maglio Battente agente sulla batteria di aste
<b>H(maglio)</b>	<b>0.75 m</b>	Altezza di caduta o corsa del maglio (toll. da 0.01m a 0.02m)
<b>L(aste)</b>	<b>0.90 m</b>	Lunghezza delle aste utilizzabili, variabile da 1.00m a 2.00m (toll. da 0.1% a 0.2%)
<b>M(aste)</b>	<b>5.00 kg</b>	Peso al metro lineare delle aste (N.B. indipendente dalla lunghezza delle aste)
<b>M(sistema)</b>		Massa del complesso asta di guida - testa di battuta
<b>A(punta)</b>	<b>20.00 cm<sup>2</sup></b>	Area della superficie laterale del cono della punta
<b>Alfa(punta)</b>	<b>60 °</b>	Angolo di apertura della punta conica variabile tra 60° e 90°
<b>Prf.(1°asta)</b>	<b>0.80 m</b>	Profondità di giunzione della prima asta infissa
<b>N</b>	<b>0.20 m</b>	Penetrazione standard, tratto di penetrazione per quale sono necessari Nx colpi
<b>Rivest.</b>	<b>Sì</b>	Previsto uso di rivestimento delle aste o uso di fanghi
<b>ø(punta)</b>	<b>51.00 mm</b>	Diametro della punta conica integra, cioè non soggetta ad usura (toll. da 0.3 a 0.5mm)
<b>MaxCE%</b>		Massima compressione elastica consentita rispetto alla penetrazione
<b>L/DM</b>		Rapporto tra la lunghezza e il diametro del maglio di battuta
<b>D(tb)</b>		Diametro della testa di battuta.
<b>DEV(a)[&lt;5m]</b>		Deviazione massima delle aste dalla verticale nei primi 5.00 metri
<b>DEV(a)[&gt;5m]</b>		Deviazione massima delle aste dalla verticale oltre i 5.00 metri
<b>ECCmax(a)</b>		Massima eccentricità consentita alle aste
<b>Dest(aste)</b>	<b>34.00 mm</b>	Diametro esterno delle aste (toll. max 0.2mm)
<b>Dint(aste)</b>		Diametro interno delle aste cave (toll. da 0.2mm a 0.3mm)
<b>Dmin(punta)</b>		Minimo diametro consentito per la punta conica usurata
<b>hcl(punta)</b>		Altezza del cilindro alla base del cono della punta (toll. da 1.00mm a 2.00mm)
<b>Ras(punta)</b>		Rastremazione del cono nella parte alta
<b>Hc(punta)</b>		Altezza della parte conica della punta non soggetta ad usura (toll. da 0.1mm a 0.4mm)
<b>RangeCP</b>		Massimo numero di colpi utile
<b>Spinta</b>	<b>20 t</b>	Spinta nominale strumento

COMUNE DI PRATO

Oggetto:

Indagine geofisica di superficie mediante  
analisi MASW + HVSR  
per Calcolo  $V_s$ , eq - D.M. 17/01/2018

RELAZIONE TECNICA

Località:

La Querce - Via Mugellese - Prato

Committente:

EDISISTEM S.R.L.

## Introduzione

La presente relazione tecnica riferisce sui risultati dell'indagine sismica eseguita mediante metodologia MASW e HVSR in data 13 Luglio 2020, come concordato con la Committenza e con il Dott. Geol. Luca Gardone, in località La Querce, via Mugellese – Comune di Prato.

E' stata eseguita una campagna geofisica mediante acquisizione MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves), analisi della dispersione delle onde di Rayleigh e love da misure di sismica attiva, al fine di caratterizzare la risposta sismica del sito in esame, ed in particolare i valori di velocità delle onde di taglio, così come previsto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018. La classificazione dei terreni è ottenuta sulla base del valore della  $V_{S,eq}$  (velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio), definita dalla relazione:

$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$	$h_i$	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, caratterizzato da $V_s$ non inferiore a 800 m/s.

Insieme all'indagine MASW è stato effettuato un rilievo di microtremori (vibrazioni ambientali) con stazione singola HVSR (Horizontal Vertical Spectral Ratio).

Di seguito vengono descritte: la metodologia d'indagine, lo schema operativo, le operazioni di campagna, le strumentazioni e le modalità di analisi dei dati, ed infine l'interpretazione dei dati elaborati.

## MASW: metodologia d'indagine

L'analisi MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves), attraverso la registrazione della propagazione delle onde di superficie (Rayleigh e/o Love), permette di risalire alla velocità di propagazione delle onde di taglio S nel sottosuolo, portando quindi a determinare anche il parametro  $V_{S,eq}$ .

In un mezzo stratificato le onde di superficie (Rayleigh e/o Love) danno vita al fenomeno della dispersione, cioè lunghezze d'onda diverse si propagano con diverse velocità di fase e gruppo: le componenti ad alta frequenza (con piccola lunghezza d'onda) "sentono" solamente gli strati più superficiali del suolo, mentre le componenti a più bassa frequenza "sentono" anche gli strati più profondi consentendo quindi di determinarne le caratteristiche. Il metodo si sviluppa attraverso la

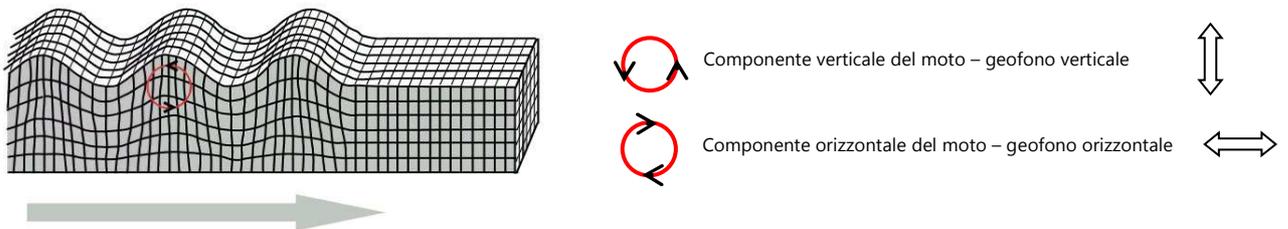
determinazione delle proprietà dispersive del mezzo individuabili dall'analisi dello spettro di velocità dei dati. Il range di frequenza si sviluppa comunemente tra i 5Hz e i 70Hz, fornendo informazioni sino a profondità di circa 30m a seconda della rigidità del suolo: la profondità massima di penetrazione è determinata dalla relazione fra velocità di propagazione dell'onda e più bassa frequenza identificabile.

Questa tipologia di prospezione si realizza con uno stendimento sismico costituito da 12/24 o più geofoni allineati a distanza intergeofonica variabile tipicamente fra 1 e 5 m (la lunghezza dello stendimento incide sulla focalizzazione del segnale nello spettro di velocità) che registrano le onde sismiche generate in corrispondenza di X punti di energizzazione effettuati tipicamente ad una distanza compresa fra 2 e 20 m dal primo geofono.

L'obiettivo della registrazione è quindi l'individuazione del treno di onde superficiali (Rayleigh), che a causa della stratificazione del mezzo subisce una dispersione le cui modalità sono direttamente correlate alla velocità delle onde di taglio S.

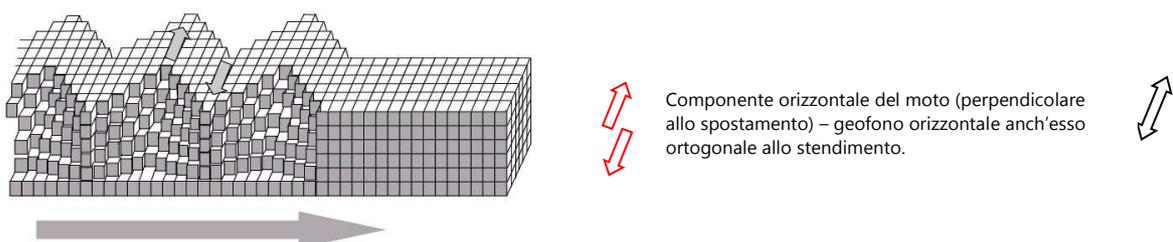
L'acquisizione delle onde di Rayleigh può essere fatta mediante geofoni verticali, intercettando nel moto delle particelle lo spostamento verticale; oppure mediante geofoni orizzontali con asse posto parallelo (radiale) allo stendimento, intercettando lo spostamento orizzontale. In entrambi i casi si utilizza una sorgente verticale - piastra-martello.

#### Rayleigh Wave



Per le onde di Love il moto delle particelle risulta orizzontale ed ortogonale allo spostamento, si utilizza pertanto una sorgente di taglio (martello-trave di legno, ortogonale alla linea) con geofoni orizzontali ad asse perpendicolare allo stendimento.

#### Love Wave



## **HVSR: metodologia d'indagine**

*HVSR (Horizontal Vertical Spectral Ratio)* è una tecnica di sismica "passiva" che si basa sulla misura delle vibrazioni del terreno indotte da sorgenti non controllate, attraverso un apparato di registrazione dotato di 3 velocimetri disposti nelle tre direzioni dello spazio, e sull'analisi del rapporto spettrale tra le componenti orizzontali (H) e verticali (V) di quello che viene definito "rumore sismico", "vibrazione ambientale" o "microtremore", costituito da piccole vibrazioni del terreno dell'ordine di  $10^{-4}$ - $10^{-2}$  cm. Gli spettri verticali e orizzontali variano in funzione dell'anisotropia del mezzo attraversato e dei gradienti di impedenza presenti nel sottosuolo:

$$\text{Rapporto di impedenza sismica } I = \rho r V_r / \rho s V_s$$

Dove  $\rho r$  è la densità del substrato e  $\rho s$  del terreno soprastante;  $V_r$  la velocità delle onde di taglio del substrato e  $V_s$  del terreno.

Gli effetti stratigrafici di amplificazione sismica sono influenzati dal rapporto d'impedenza, e le frequenze corrispondenti ai massimi della funzione di amplificazione si chiamano frequenze (periodi) naturali di vibrazioni del deposito. Il periodo proprio di sito è indicato dalla seguente formula:

$$T_0 = 4H/V_s$$

Dove:  $V_s$  è la velocità delle onde di taglio fino al bedrock (inteso come un orizzonte con forte contrasto di  $V_s$  che dà origine ad un picco dell'H/V); H lo spessore dei sedimenti sovrastanti il bedrock. Di fondamentale importanza risulta la conoscenza della frequenza di sito per il fenomeno della "doppia risonanza", cioè la corrispondenza tra la frequenza fondamentale del segnale sismico trasmesso in superficie e la frequenza delle strutture in progetto o dei manufatti già esistenti.

## **Schema operativo**

In Tavola 1, è stato riportato un inquadramento dell'area con inserita la traccia della sezione sismica eseguita. Dopo una prima analisi dell'area ed in considerazione degli spazi a disposizione è stato deciso di adottare la seguente configurazione:

### MASW:

- n° geofoni: 12
- distanza intergeofonica di 4.0 m per complessivi 44 ml di rilievo (G1-G12)
- Coordinate linea sismica: G1 = 43.864395°, 11.140492°; G12 = 43.864107°, 11.140880°; punto medio = 43.864259°, 11.140677°

- n° 2 offset (distanza tra i punti di energizzazione e il primo o l'ultimo geofono) a 4.0 m dal primo geofono e dall'ultimo.

Per quando riguarda l'acquisizione sono state utilizzate le seguenti impostazioni:

- tempo di acquisizione: 1.5 s
- frequenza di campionamento 2000 Hz
- periodo di campionamento 500  $\mu$ s.

#### HVSR:

- Coordinate: 43.864259°, 11.140677°

Acquisizione:

- registrazione: 15 minuti
- frequenza di campionamento: 128 Hz

Elaborazione:

- finestra: 20 secondi
- tapering: 5%
- lisciamento: finestra triangolare (15%)

#### **Strumentazione impiegata**

➤ MASW: Un sistema digitale di acquisizione dati in sismica, è costituito sostanzialmente da geofoni, amplificatori, filtri, convertitori A/D e supporti per la memorizzazione dei dati digitali. Nel nostro caso è stato utilizzato un sismografo costituito da un sistema a più canali a conversione digitale tra loro in catena, ciascuno con un proprio ID, e pilotati da PC. Il modello è denominato DOREMI (della SARA electronic instruments), con risoluzione di acquisizione pari a 16 bit. Per quel che riguarda i sensori, sono stati utilizzati 12 geofoni del tipo elettromagnetico a bobina mobile, con frequenza caratteristica di 4.5 Hz.

Come sorgente di energia sismica per le onde di Rayleigh si è fatto uso di una mazza con maglio da 6 kg battente su una piastra di alluminio posta sul suolo in linea con lo stendimento. Per le onde di Love come sistema di energizzazione si è fatto uso dello stesso maglio battente orizzontalmente su una trave in legno sovraccaricata, posta ortogonalmente all'array e parallelamente alla direzione di oscillazione dei geofoni.

L'inizio della registrazione è stato dato tramite un *trigger* che consiste in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui la massa battente colpisce la piastra (nel nostro caso si è usato quello un geofono starter) e l'impulso generato, inviato al sistema di acquisizione, consente di fissare il tempo zero di riferimento per il calcolo dei tempi di percorso delle onde generate.

➤ HVSR: L'acquisizione è stata effettuata tramite sismografo triassiale SR04C3 - SARA electronic instruments, con geofoni da 4.5 Hz dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente, collegato ad un Notebook ASUS TP200SA. I dati acquisiti mediante software SEISMOLOG-MT, della SARA electronic instruments, ed analizzati mediante WINMASW 2018 Academy della EliaSoft.

### **Analisi e risultati dell'indagine**

Per quanto riguarda le analisi dei dati HVSR, individuati eventuali transienti (eventi con eccessiva ampiezza) da rimuovere, viene creato lo spettro di frequenza delle tre componenti (le due orizzontali e quella verticale) ed il rapporto spettrale H/V, dividendo la serie temporale in n finestre da 20 secondi, in parziale sovrapposizione (Tavola 2).

I risultati di tali operazioni mostrano un picco di frequenza, che si può attribuire a motivi litologici, intorno a 9,6 Hz con un rapporto HVSR di 4,9 che potrebbe indicare un contrasto di impedenza intorno agli 11 m di profondità, come da analisi congiunta MASW-HVSR e in accordo anche con quanto riportato dal seguente abaco (Da Albarello et alii, 2010).

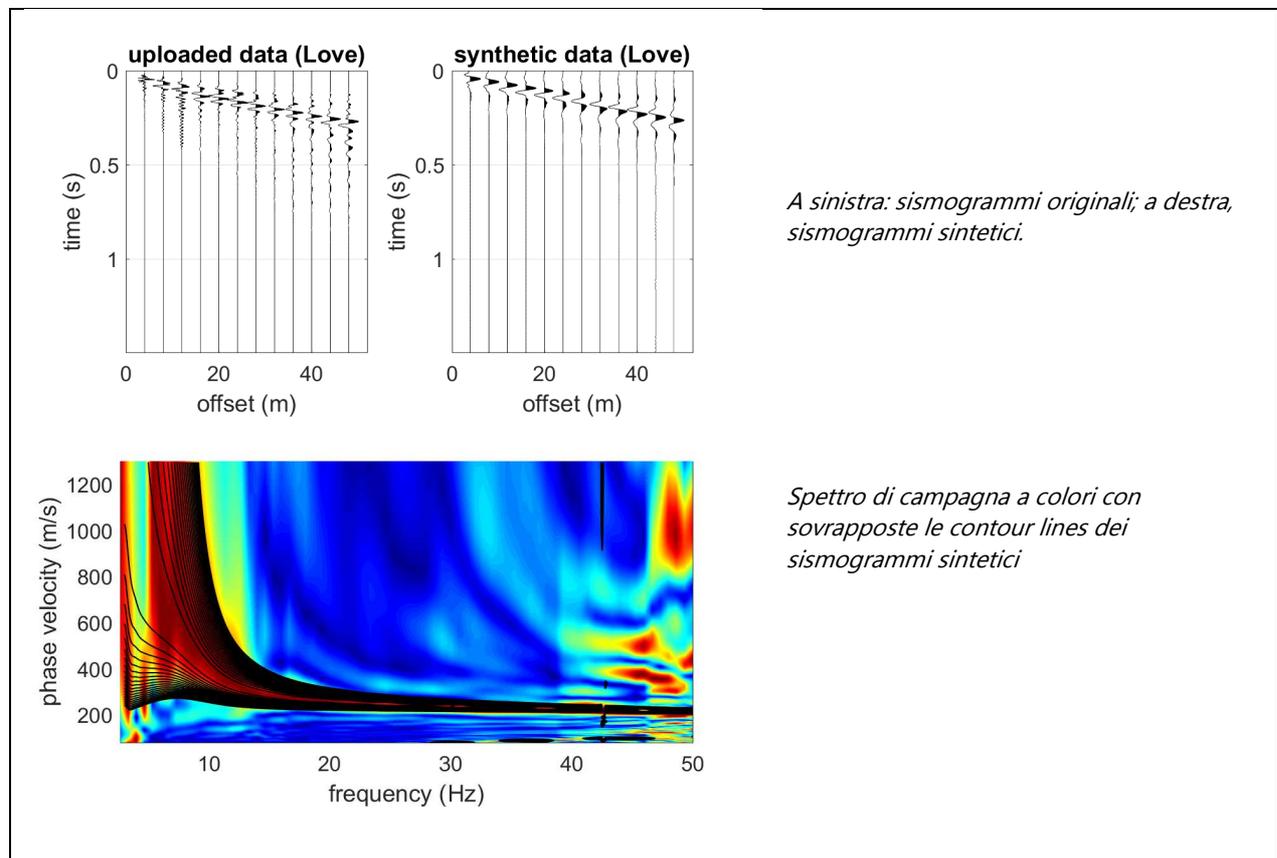
$f_0$ (Hz)	h (m)
< 1	> 100
1 - 2	100 - 50
2 - 3	50 - 30
3 - 5	30 - 20
5 - 8	20 - 10
8 - 20	10 - 5
> 20	< 5

*Da Albarello et alii, 2010*

Per quanto riguarda le linee guida del progetto europeo SESAME (Site EffectS assessment using AMBient Excitations), che definiscono la robustezza statistica della curva HVSR e degli eventuali picchi presenti, sono risultati soddisfatti tutti e tre i "criteri per una curva H/V affidabile"; e cinque su sei dei "criteri per un picco H/V chiaro" (vedi Tavola 2).

L'analisi dei dati acquisiti dalla metodologia **MASW** con onde di Rayleigh/Love, avviene attraverso le seguenti fasi:

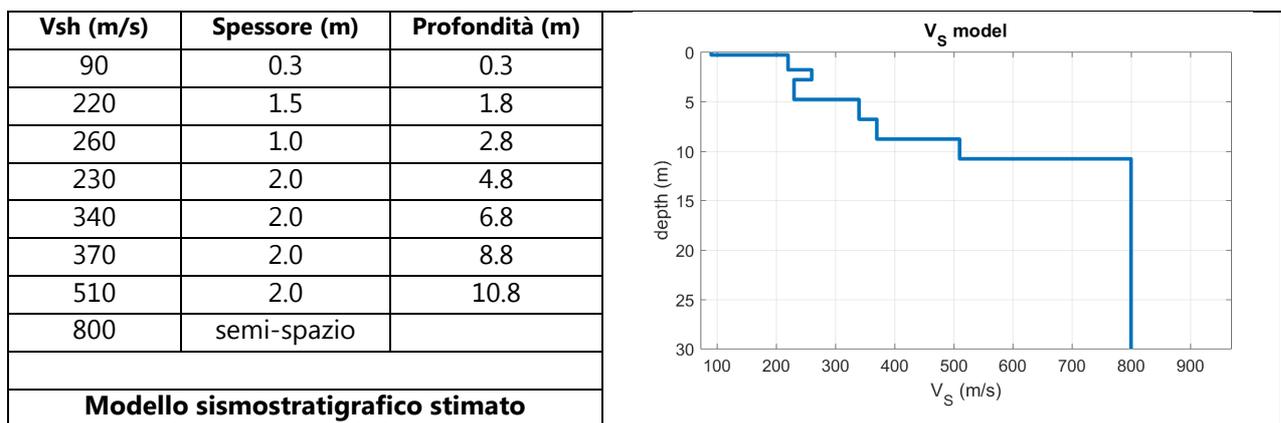
1. Calcolo dello spettro di velocità; 2. Individuazione del *modo fondamentale* e degli eventuali superiori; 3. Calcolo della curva di dispersione mediante modellazione diretta, cioè attribuzione degli spessori e delle velocità relative, sulla base di dati riguardanti il sito acquisiti precedentemente tramite indagini dirette o bibliografia; 4. Inversione della curva di dispersione e conseguente individuazione del profilo di velocità Vs tramite analisi congiunta con HVSR. In alternativa (figura sotto): inversione dell'intero spettro di velocità tramite generazione di sismogrammi sintetici secondo il metodo della *Modal Summation* (Herman 2003).



**Analisi congiunta MASW-HVSR:** Per analisi congiunta si intende l'utilizzo di tutti i dati a disposizione all'interno dello stesso strumento di analisi. Questo tipo di analisi offre numerosi vantaggi, primo fra tutti quello di diminuire il numero dei possibili modelli sismostratigrafici (spessori/velocità) determinati dal problema della non-univocità (cioè dell'equivalenza di modelli diversi per una data curva di dispersione) che in effetti tocca tutti i metodi geofisici di superficie.

Dai dati acquisiti mediante MASW si è effettuato il calcolo della curva di dispersione (con attribuzione degli spessori e delle velocità relative), ed a partire da questo la creazione, mediante il software utilizzato, di una "curva teorica" H/V. Infine confrontando tale curva con quella misurata empiricamente, si è cercato di affinare il modello sismostratigrafico in modo da ottenerne uno che rappresenti al meglio la curva di dispersione e che faccia sovrapporre le curve H/V ed in particolare la frequenza del principale picco, tipicamente legato al più profondo contatto litologico "significativo". Tale operazione consente di vincolare il modello Vs specialmente in profondità dove il margine di incertezza è maggiore. I risultati sono riportati nelle Tavole 3, 4.

Nella Tabella e nella figura sottostanti vengono riportati gli spessori e le relative velocità Vs, ricordando che, come in tutti i metodi geofisici, può essere ottenuta solo una stima del modello sismostratigrafico a causa del problema della non univocità.



L'analisi della dispersione delle onde superficiali abbinata all'analisi HVSR, ha consentito di stimare il profilo verticale della Vs e di conseguenza del parametro  $V_{S,eq}$ , che risulta essere pari a 285 m/s, considerando come riferimento il piano campagna.

Sulla base del profilo sismostratigrafico ottenuto, il sito risulta compatibile con la categoria di sottosuolo E secondo le NTC 2018 - Tabella 3.2.II (riportata sotto).

Sarà comunque cura del progettista, in base alle caratteristiche dell'opera da realizzare, alla effettiva profondità di imposta delle fondazioni, al modello sismostratigrafico riportato con il conseguente profilo verticale della Vs, ed a tutte le considerazioni del caso che riterrà opportune, attribuire il definitivo valore di  $V_{S,eq}$  e conseguentemente la categoria di suolo.

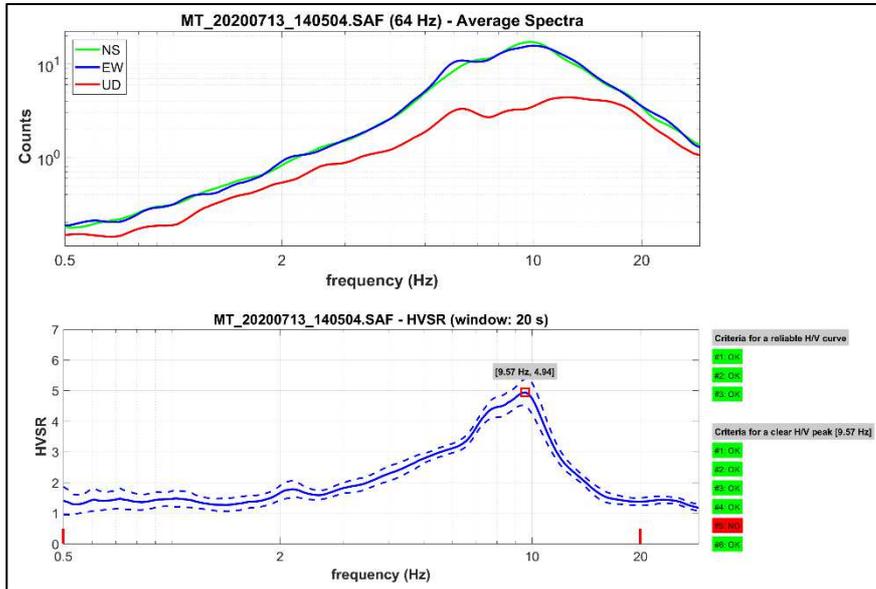
<b>Categorie di sottosuolo (NTC 2018 - Tabella 3.2.II)</b>	
<b>Categoria</b>	<b>Descrizione</b>
<b>A</b>	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
<b>B</b>	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
<b>C</b>	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
<b>D</b>	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
<b>E</b>	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Scandicci, li 16/07/2020



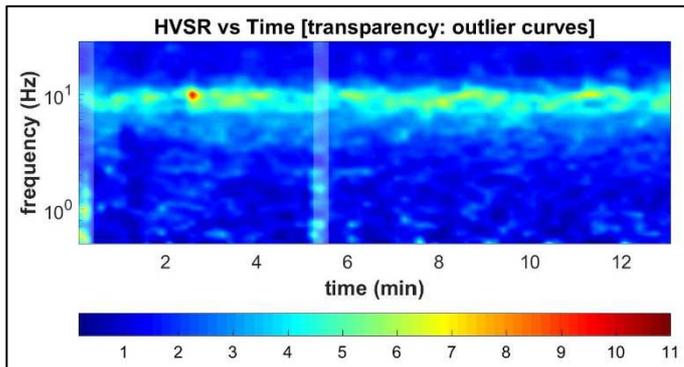
TAVOLA 1

### HVSR

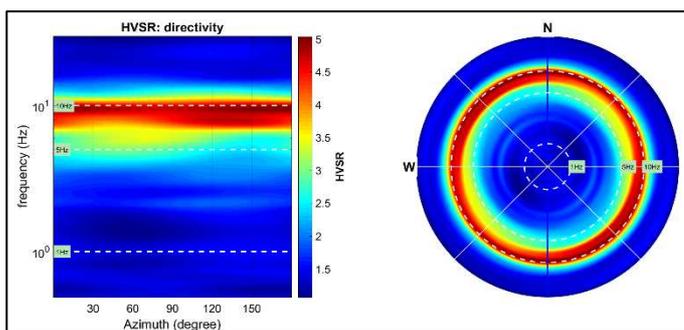


Spettri d'ampiezza delle tre componenti (orizzontali NS-EW e verticali UD)

Rapporto spettrale H/V

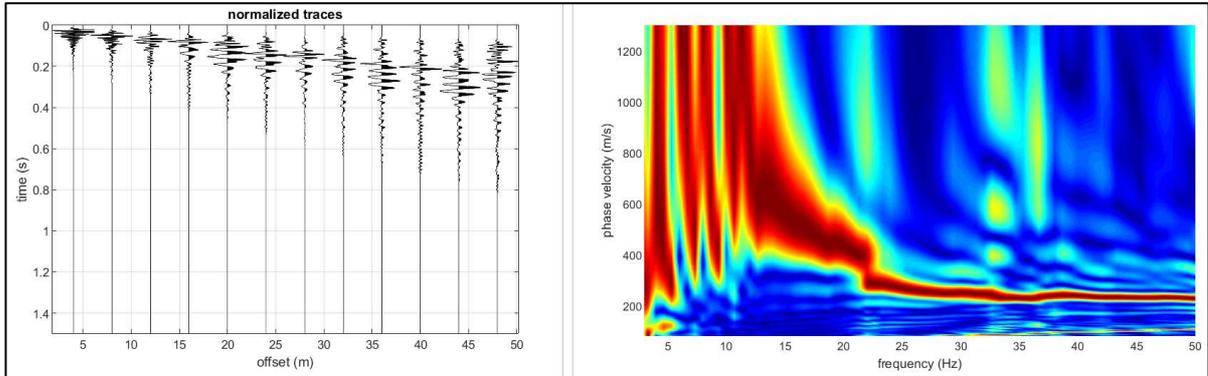


Persistenza del segnale

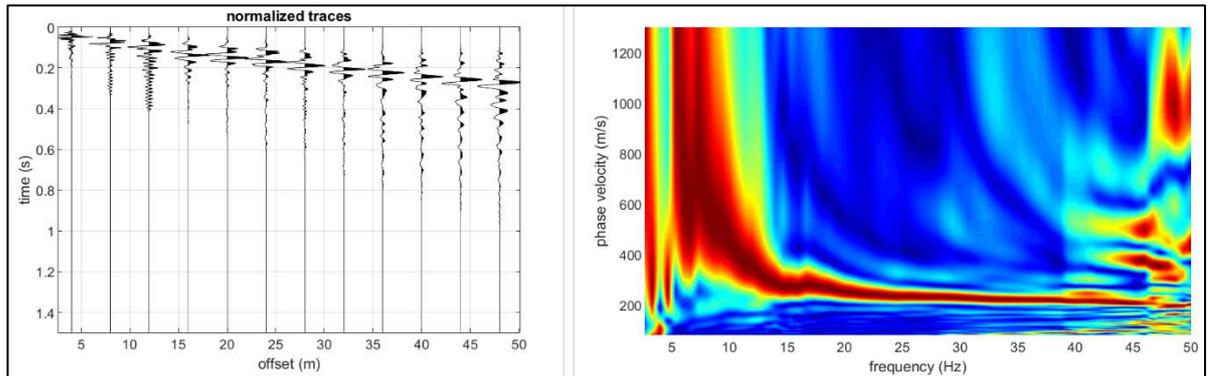


Direttività

TAVOLA 2

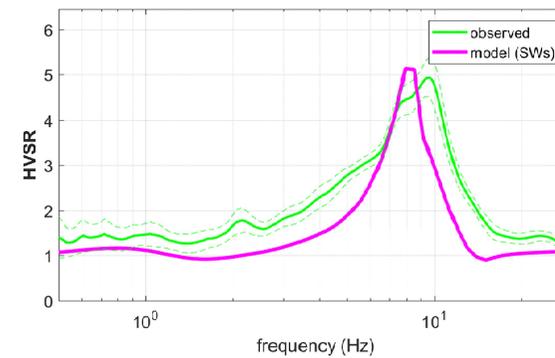
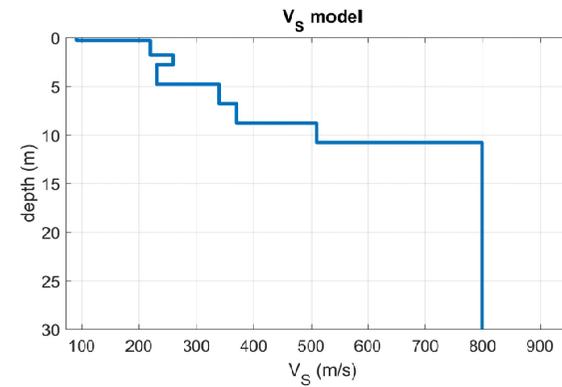
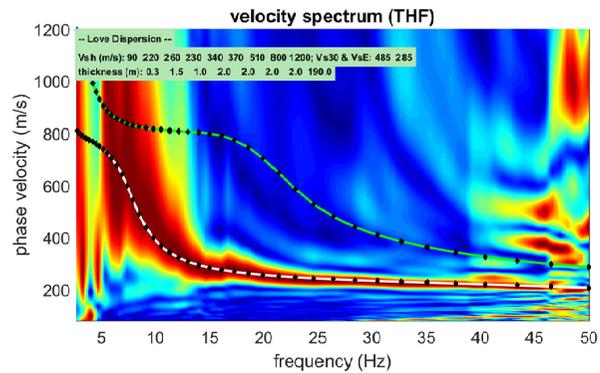
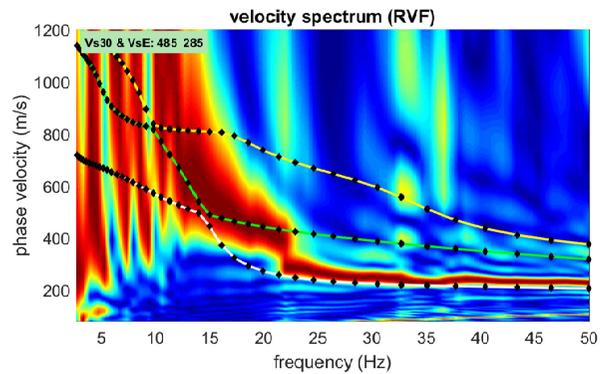


**Componente di Rayleigh** - dati acquisiti (a sinistra), spettro di velocità calcolato (a destra).



**Componente di Love** - dati acquisiti (a sinistra), spettro di velocità calcolato (a destra).

TAVOLA 3



### Risultati dell' inversione della curva di dispersione determinata tramite analisi MASW.

A sinistra: spettri osservati con sovrapposte le curve di dispersione (componente di Rayleigh in alto e di Love in basso).

A destra: in alto profilo verticale Vs identificato dall' inversione; in basso risultati dell' analisi congiunta MASW – HVSr a partire dal modello di Vs utilizzato per la dispersione delle onde di superficie, secondo la formulazione basata sulle onde di superficie (Albarello & Lunedei, 2009). La curva magenta ottenuta dalla modellazione descritta nel testo, si sovrappone approssimativamente a quella misurata empiricamente (curva verde).

Firmato da:

**LUCA GARDONE**

codice fiscale GRDLCU63A12D969V

num.serie: 4906515927291632889

emesso da: ArubaPEC EU Qualified Certificates CA G1

valido dal 17/09/2020 al 17/09/2023