



Regione Toscana



Comune di Empoli



Consorzio di Bonifica 3 Medio Valdarno

Via G. Verdi, 16 - 50122 FIRENZE

tel: 055 240269; fax: 055 241458; e-mail: info@cbmv.it

Titolario 13_1_153

Torrente Orme (Lotto A). Cassa di espansione Orme 4. Ponte sul Torrente Orme e nuovo tracciato Via delle Coltelline.

Codice regionale DODS2019FI0006

PROGETTO DEFINITIVO

Elaborato GE_F01	<i>Relazione geologica, idrogeologica e sismica con caratterizzazione geotecnica</i>	scala -
----------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------	------------



RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Ing. Francesco Piragino

PROGETTISTA

Ing. Jacopo Guerrini



COLLABORATORI

Ing. Andrea Ruggiero

Geom. Massimiliano Lanini

PROGETTISTA STRUTTURALE BRIGLIA-PONTE

Ing. Salvatore Giacomo Morano



GEOLOGI

Dott. Lorenzo Cirri

Dott. Tamara Cantini Casserini



gennaio 2020

PROVINCIA DI FIRENZE

COMUNE DI EMPOLI

**TORRENTE ORME (LOTTO A). CASSA DI ESPANSIONE ORME 4. PONTE
SUL TORRENTE ORME E NUOVO TRACCIATO VIA DELLE COLTELLINE.**

RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA CON CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA
(AI SENSI DEL D.M. 17.02.2018 E CIRCOLARE ESPLICATIVA DEL MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E
TRASPORTI 21/01/2019 N.7)

DR. GEOL. LORENZO CIRRI

DR. GEOL. TAMARA CANTINI CASSERINI



INDICE

1. PREMESSA	3
2. ANALISI DEI VINCOLI	4
2.1 – VINCOLO IDROGEOLOGICO	4
2.2 – VINCOLO PAESAGGISTICO	6
3. ANALISI DELLE CARTOGRAFIE DI RIFERIMENTO	8
3.1 – RISCHIO IDRAULICO (D.C.R. N° 72 DEL 24/07/07).....	8
3.2 – PIANO DI GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI (PGRA).....	8
3.3 - CLASSIFICAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ NELLE INDAGINI GEOLOGICO-TECNICHE DI SUPPORTO ALLO S.U. VIGENTE.....	11
4. STUDIO GEOLOGICO	15
4.1 – INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	15
4.2 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO LOCALE	17
5. INQUADRAMENTO IDROLOGICO E IDROGEOLOGICO	18
5.1 – INQUADRAMENTO IDROGRAFICO	18
5.2 – PERMEABILITÀ DEI TERRENI.....	18
6. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI	19
7. INDAGINE GEOTECNICA DEL TERRENO	19
7.1 – SONDAGGIO GEOGNOSTICO	20
7.2 – STANDARD PENETRATION TEST (S.P.T.).....	23
7.3 - ANALISI E PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO.....	24
7.4 - PROVE PENETROMETRICHE AD INFISSIONE DINAMICA	28
8. MODELLO GEOLOGICO – TECNICO	30
8.1 – PROFILO GEOTECNICO.....	30
8.2 - VALORI CARATTERISTICI DEI PARAMETRI GEOTECNICI.....	35
9. CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI PER RILEVATO	35
10. PROVE LEFRANC	36
10.1 - SCOPO	36
10.2 - CAMPO DI APPLICAZIONE	36
10.3 - NORMA DI RIFERIMENTO	37
10.4 - MODALITÀ ESECUTIVE	37
11. INDAGINE SISMICA (DOWN HOLE E SISMICA A RIFRAZIONE)	40
12. SISMICITÀ DELL'AREA	40
13. LIQUEFAZIONE DEI TERRENI	40
14. AZIONE SISMICA	41
14.1 – AZIONE SISMICA SECONDO IL D.M. 17 FEBBRAIO 2018.....	41
14.2 – VITA NOMINALE E CLASSE D'USO	42
14.3 - CONDIZIONI TOPOGRAFICHE.....	43
14.4 – CATEGORIA DI SUOLO	43
15. CONCLUSIONI	44

Allegati:

- Allegato A1: Documentazione fotografica cassette catalogatrici sondaggio S1
- Allegato A2: Documentazione fotografica cassette catalogatrici sondaggio S2
- Allegato A3: Certificati analisi di laboratorio sondaggio S1 (certificato da n° 0048G/00098 a n° 0051G/00101 del 17/06/2019)
- Allegato A4: Certificati analisi di laboratorio sondaggio S2 (certificato da n° 0096G/00207 a n° 0098G/00209 del 30/09/2019)
- Allegato A5: Certificati prove penetrometriche (da n° 338/2019 a n° 343/2019)
- Allegato A6: Certificati analisi di laboratorio (da n° 0060G/00170 a 0079G/00189 e 0040H/0019 del 11/09/2019)
- Allegato A7: Report Misura down hole – misura rifrazione

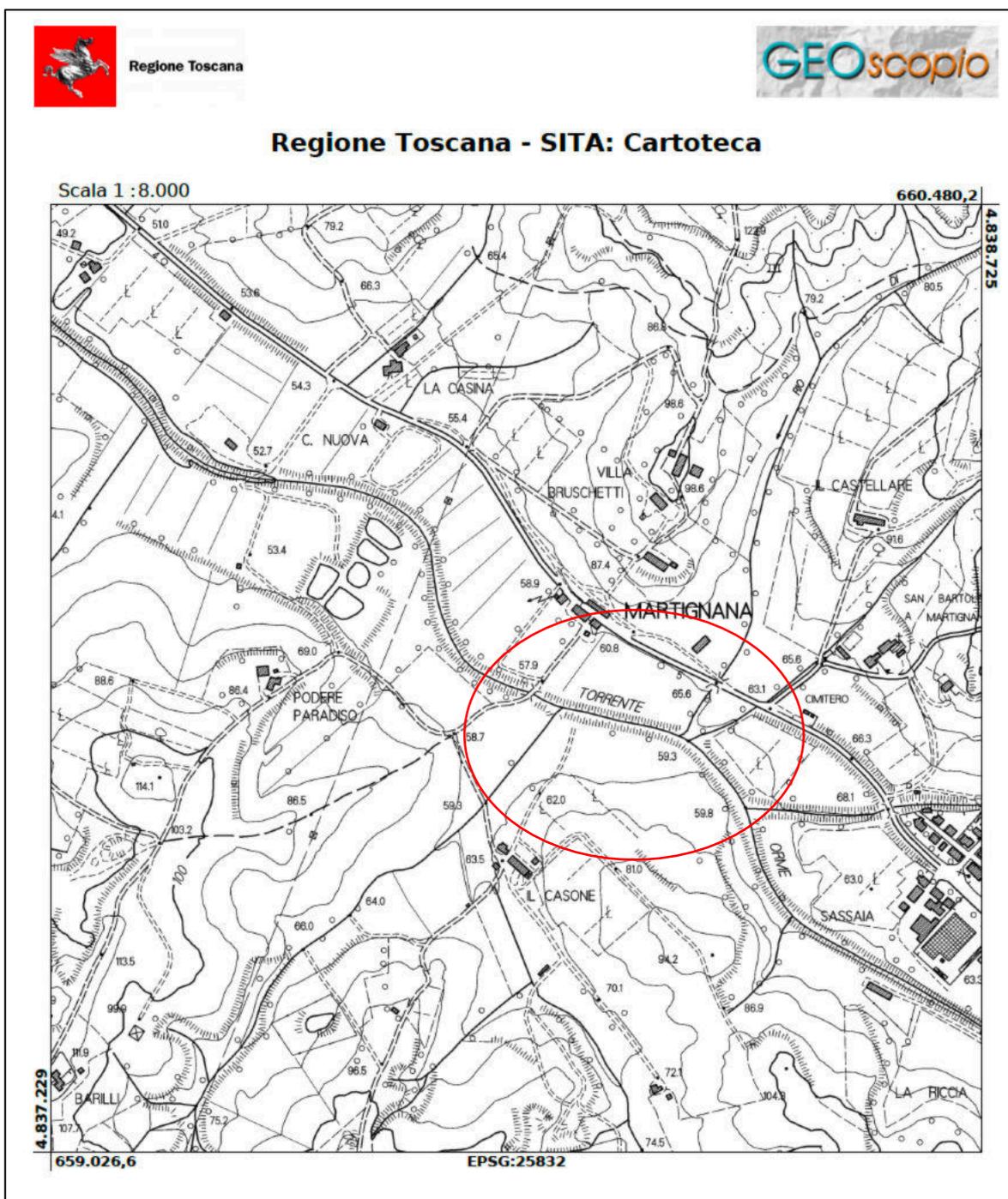
Nome file: 56GT19 – 1E REV.00

1. Premessa

Su incarico del Consorzio di Bonifica 3 Medio Valdarno, è stato redatto uno studio geologico, geotecnico, idrogeologico e sismico dei terreni interessati dagli interventi sul Torrente Orme e dalla realizzazione del nuovo tracciato di via delle Coltelle, tutto nel comune di Empoli (FI).

Nella sottostante figura 1 sui riporta l'ubicazione dei suddetti interventi.

FIG.1 – UBICAZIONE DELL'AREA



3.

Per l'espletamento dell'incarico, è stato eseguito il sopralluogo dell'area d'interesse e di un intorno ritenuto indicativo, allo scopo di determinare le caratteristiche geomorfologiche e idrogeologiche superficiali. Inoltre, è stata consultata la cartografia redatta per il Piano Gestione Rischio Alluvioni, oltre alla cartografia geologica di supporto allo S.U. vigente nel Comune di Empoli.

Lo studio è stato eseguito in ottemperanza a quanto specificato nelle Normative in questo momento vigenti:

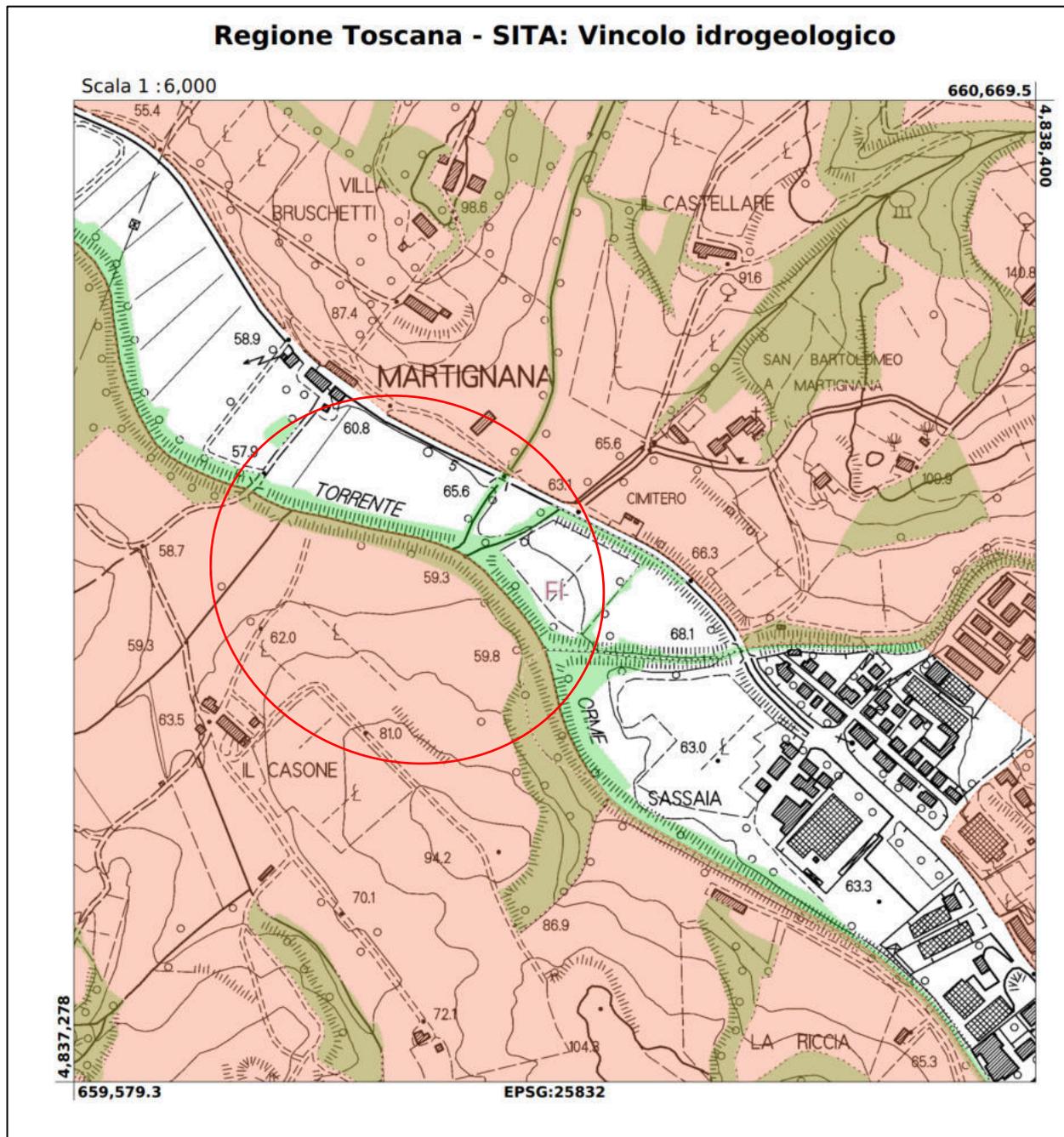
- × **Decreto Ministeriale 17/01/18** – Aggiornamento “Testo unitario – Norme tecniche per le costruzioni”.
- × **Circolare del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 21 gennaio 2019, n. 7** del Consiglio superiore dei Lavori Pubblici recante “Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018”.
- × **D.P.G.R. 9 luglio 2009, n. 36/R** - Regolamento di attuazione dell'articolo 117, commi 1 e 2 della legge regionale 3 gennaio 2005 n. 1 (Norme per il governo del territorio). Disciplina sulle modalità di svolgimento delle attività di vigilanza e verifica delle opere e delle costruzioni in zone soggette a rischio sismico.
- × **D.M. LL. PP. dell'11/03/88** (“Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”) e la relativa **Circ. Min. LL. PP. n°30483 del 24.09.88** (“Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Istruzioni applicative”)
- × **L.R. n°65 dello 10/11/2014** “Norme per il governo del territorio”
- × **OPCM n. 3274 del 20/03/2003** “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica” e **OPCM n. 3519 del 28 /04/2006**.
- × **DELIBERAZIONE 26 maggio 2014, n.421** “aggiornamento dell'allegato 1(elenco dei comuni) e dell'allegato 2 (mappa) della Deliberazione 08 ottobre 2012, n. 878 “Riclassificazione sismica del territorio della Regione Toscana”.

2. Analisi dei vincoli

2.1 – Vincolo idrogeologico

Ai sensi della L. n°3267 del 30.12.33, del R.D. 1126/1926, artt.21-22, e del D.P.G.R. 53/R del 05.05.2015 modifiche al Regolamento Regionale n°48/R del 08.08.03 “Regolamento di attuazione della L.R. n°39 del 21.03.2000 “Legge Forestale della Toscana”, l'area prossima al Torrente Orme ricade all'interno della perimetrazione delle aree soggette a vincolo (fig.2).

FIG.2 – CARTA DEL VINCOLO IDROGEOLOGICO



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

2.2 – Vincolo paesaggistico

A seguito dell'esame della cartografia del PIT con valenza di Piano Paesaggistico, gli interventi proposti, ricadono all'interno della perimetrazione dell'art.142 del D. Lgs. 42/2004 lettera h e lettera g (fig.3):

art.142: Aree tutelate per legge

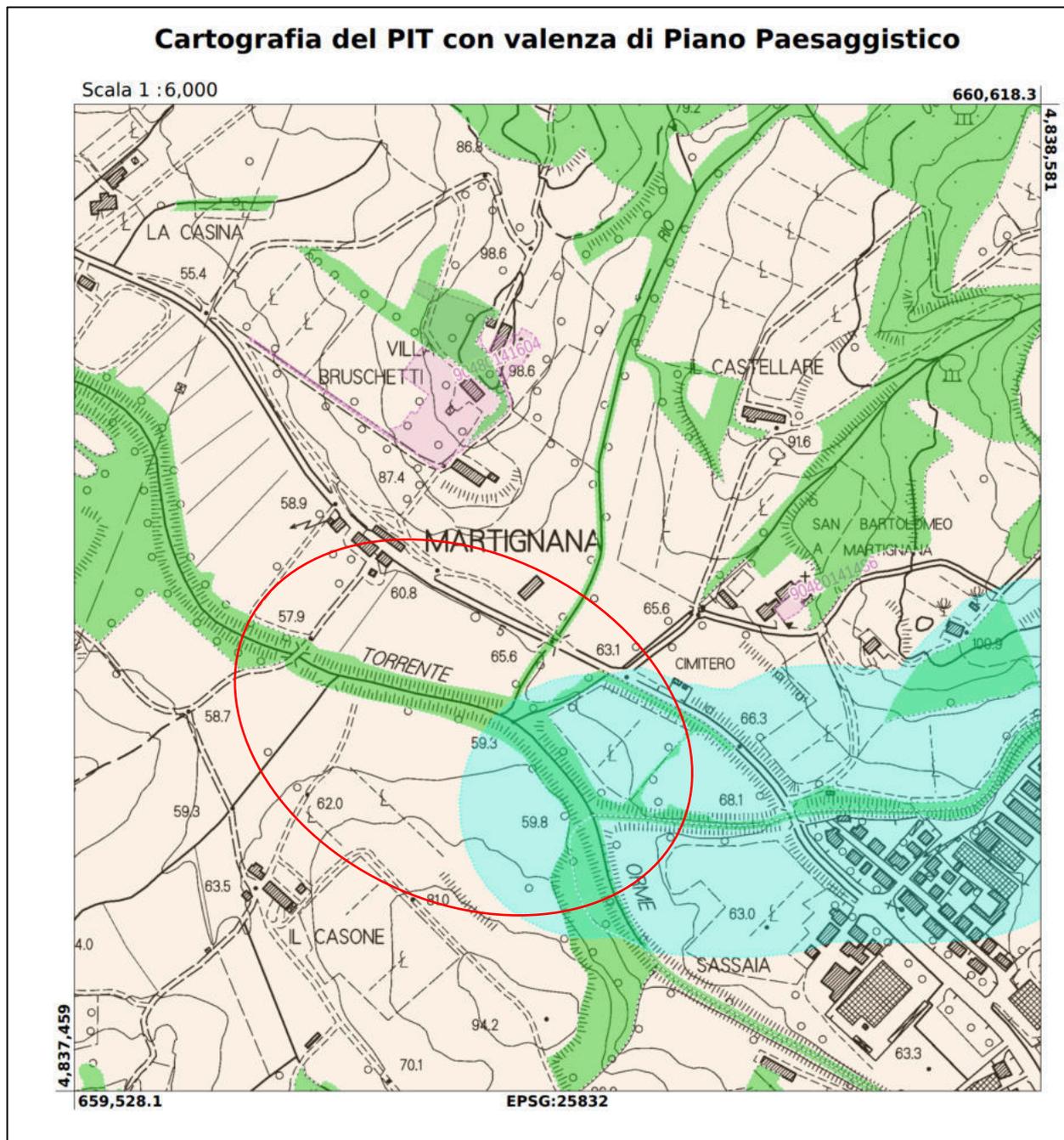
1. Sono soggetti alle disposizioni di questo Titolo per il loro notevole interesse pubblico:

c) i fiumi, i torrenti, i corsi d'acqua iscritti negli elenchi previsti dal testo unico delle disposizioni di legge sulle acque ed impianti elettrici, approvato con regio decreto 11 dicembre 1933, n. 1775, e le relative sponde o piedi degli argini per una fascia di 150 metri ciascuna;

g) i territori coperti da foreste e da boschi, ancorché percorsi o danneggiati dal fuoco, e quelli sottoposti a vincolo di rimboscimento, come definiti dall'articolo 2, commi 2 e 6, del decreto legislativo 18 maggio 2001, n. 227;

h) le aree assegnate alle università agrarie e le zone gravate da usi civici;

FIG.3 – CARTA DEI VINCOLI AMBIENTALI (ESTRATTA DAL PIT DELLA REGIONE TOSCANA CON VALENZA DI PIANO PAESAGGISTICO)



Immobili ed aree di notevole interesse pubblico (aggiornamento DCR 46/2019)

 Immobili ed aree di notevole interesse pubblico

Aree tutelate

 Lett. c)

Comuni

 Comuni con presenza accertata di usi civici

 Comuni con assenza accertata di usi civici

 Comuni con istruttoria di accertamento non eseguita

 Comuni con istruttoria di accertamento interrotta o con iter procedurale non completato

Aree tutelate

 Lett. i)

Beni architettonici tutelati



Siti UNESCO

 Core zone

 Buffer zone

3. Analisi delle cartografie di riferimento

3.1 – Rischio idraulico (D.C.R. n° 72 del 24/07/07)

L'area si trova nelle vicinanze del Torrente Orme, censito nella suddetta normativa con il n. FI2733. Gli atti di governo del territorio a far data dalla pubblicazione sul BURT dell'avviso di adozione del piano, non devono prevedere nuove edificazioni, manufatti di qualsiasi natura o trasformazioni morfologiche negli alvei, nelle golene, sugli argini e nelle aree comprendenti le due fasce della larghezza di m. 10 dal piede esterno dell'argine o, in mancanza, dal ciglio di sponda dei corsi d'acqua principali ai fini del corretto assetto idraulico individuati nel Quadro conoscitivo del piano di Bacino come aggiornato dai piani di bacino vigenti e fermo restando il rispetto delle disposizioni in essi contenute.

Gli interventi andranno in parte ad interessare anche la fascia di rispetto demaniale.

3.2 – Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA)

Con delibere di Comitato Istituzionale n. 231 e 232 del 17 dicembre 2015 è stato adottato il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del bacino del fiume Arno con apposizione delle misure di salvaguardia. Con tali atti di pianificazione si viene a ottemperare a quanto previsto dalla direttiva "alluvioni" 2007/60/CE che stabiliva che entro il 22 dicembre del 2015 ogni Stato dell'Unione Europea si doveva dotare di un piano per la gestione del rischio di alluvioni nei bacini del proprio territorio nazionale.

Le aree interessate dagli interventi previsti interessano tutte le classi di pericolosità rilevate (fig.4) ed aree con rischio R1 e R2 (fig.5).

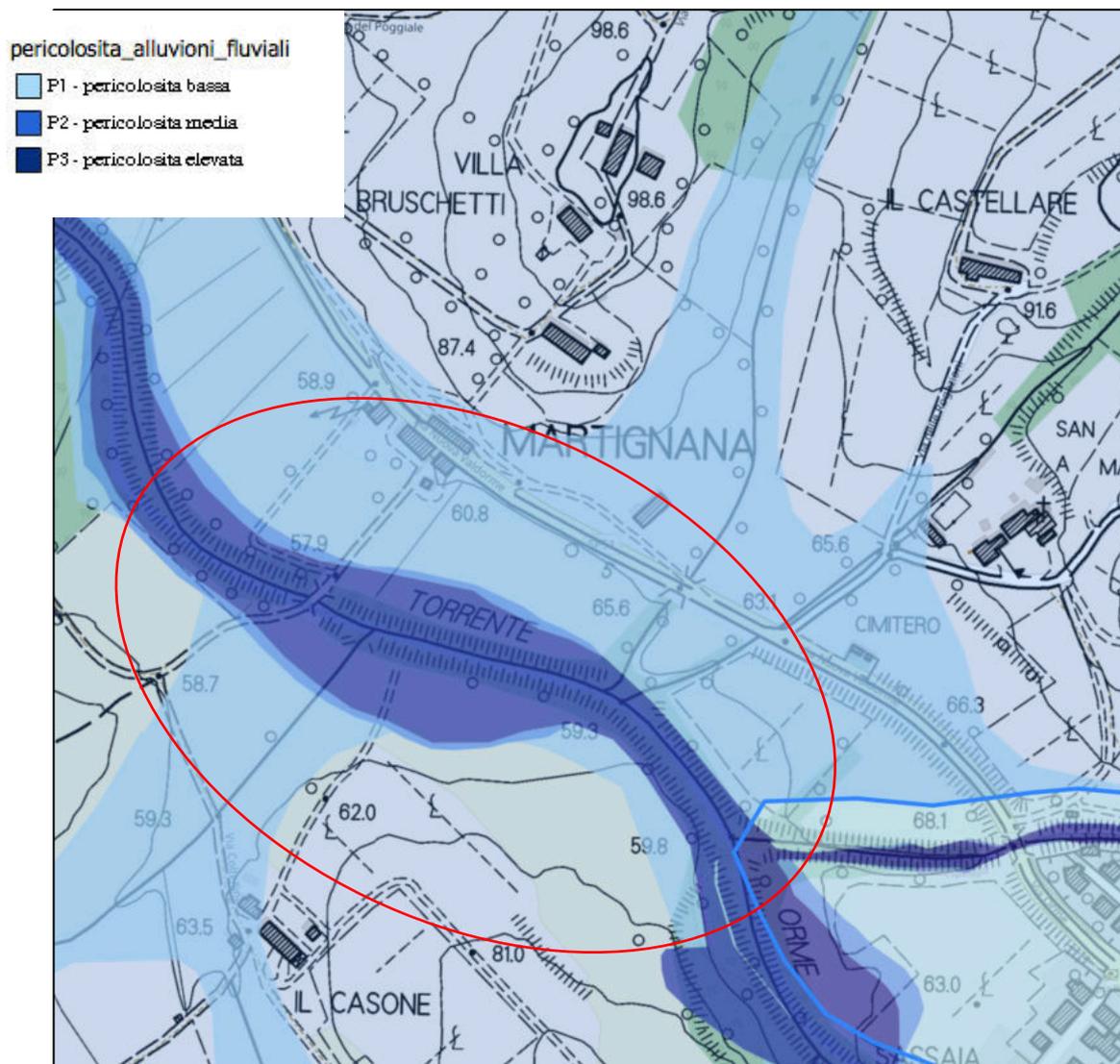
PGRA UOM ARNO

Pericolosità da alluvione fluviale e costiera (art. 6 disciplina di piano del PGRA)

CLASSE DI PERICOLOSITÀ		DESCRIZIONE	NORMA DI RIFERIMENTO disciplina di piano del PGRA
●	P1	pericolosità da alluvione bassa (P1) corrispondenti ad aree inondabili da eventi con tempo di ritorno superiore a 200 anni e comunque corrispondenti al fondovalle alluvionale.	Artt. 11 e 12
●	P2	pericolosità da alluvione media (P2), corrispondenti ad aree inondabili da eventi con tempo di ritorno maggiore di 30 anni e minore/uguale a 200 anni;	Artt. 9 e 10
●	P3	pericolosità da alluvione elevata (P3), corrispondenti ad aree inondabili da eventi con tempo di ritorno minore/uguale a 30 anni	Artt. 7 e 8
CLASSE DI RISCHIO	●	R1	Rischio basso
	●	R2	Rischio medio
		R3	Rischio elevato
		R4	Rischio molto elevato

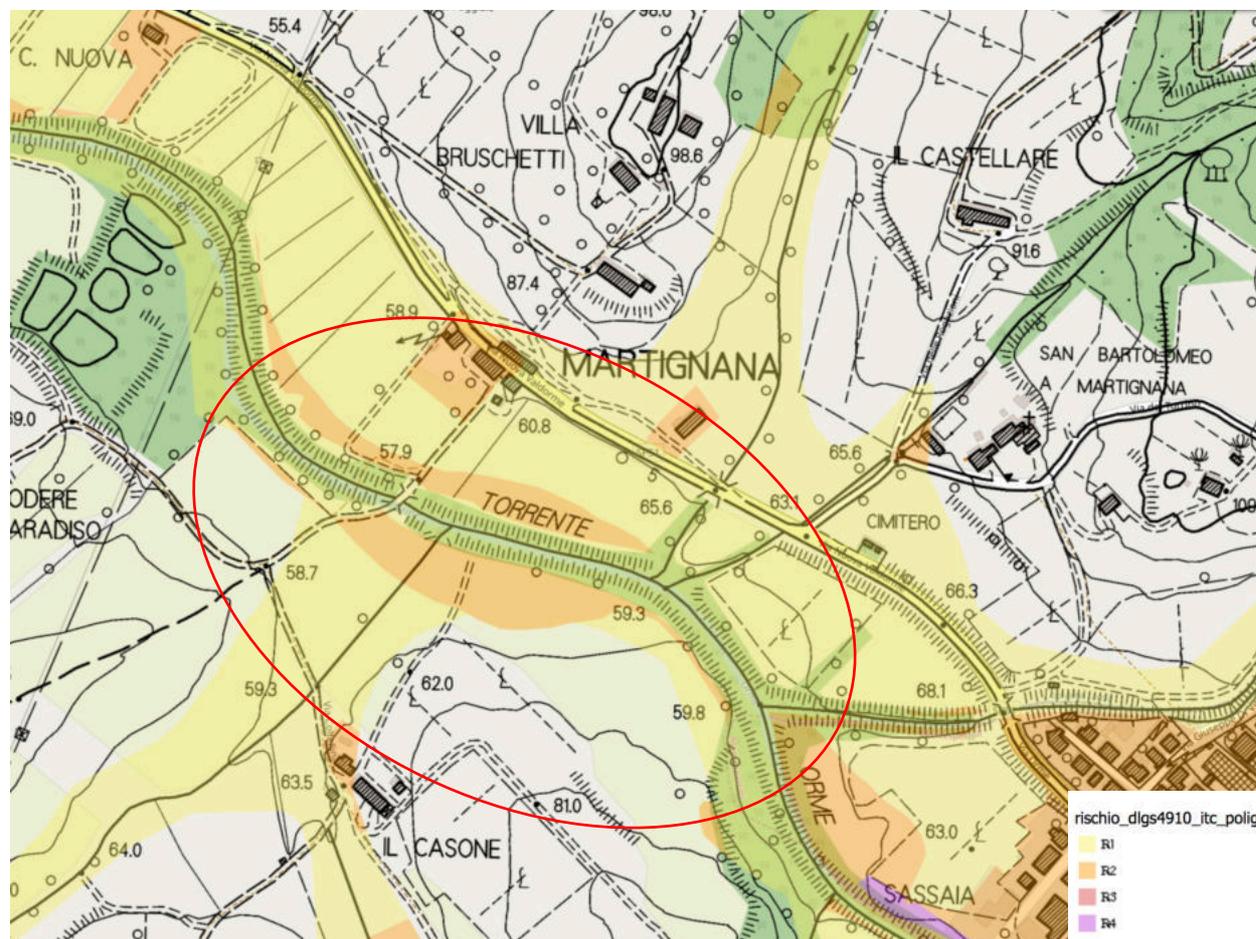
PERICOLOSITA' IDRAULICA

FIG.4 – CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA (ESTRATTO DAL PIANO DI GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI DEL FIUME ARNO)



RISCHIO IDRAULICO

FIG. 5 – CARTA DEL RISCHIO IDRAULICO (ESTRATTO DAL PIANO DI GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI DEL FIUME ARNO)



3.3 - Classificazione della pericolosità nelle indagini geologico-tecniche di supporto allo S.U. vigente

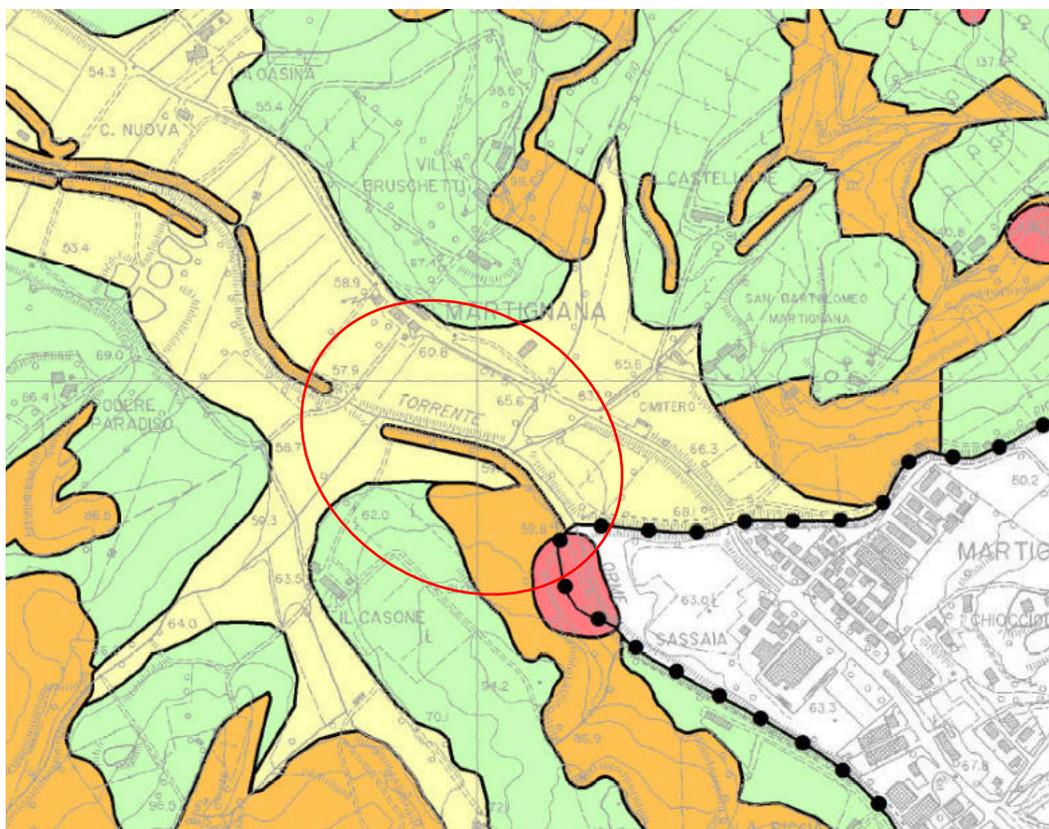
Nella cartografia estratta dalla Variante al PS, adottata con Delibera di C.C. n. 1 del 04.11.2013, e approvata con Delibera C.C. n.72 del 04.11.2013, l'area di studio ricade all'interno delle seguenti perimetrazioni di pericolosità:

Pericolosità geologica (fig.6): gli interventi da realizzare ricadono all'interno della perimetrazione della classe di pericolosità geologica bassa G1.

CLASSE DI PERICOLOSITA' G1 - PERICOLOSITA' BASSA: In questa classe ricadono le aree in cui le caratteristiche litologiche-geotecniche, giacitureali non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di processi morfologici. I criteri orientativi per l'attribuzione a questa classe sono i seguenti:

TIPO DI TERRENO	CARATTERISTICHE GEOTECNICHE
Alluvioni attuali e recenti: ghiaie, sabbie addensate e livelli di argille molto compatte e in genere sovraconsolidate.	Terreni caratterizzati da R_p superiore sempre a 20 kg/cm ² da elevata resistenza a rottura e da compressibilità scarsa. Caratteristiche geotecniche BUONE .

FIG.6 – CARTA DELLA PERICOLOSITA' GEOLOGICA (ESTRATTA DALLA TAV. 1,12 del PSC)



LEGENDA:		
	G1 PERICOLOSITA' GEOLOGICA BASSA	Are in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche, glaciali non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di processi morfoevolutivi.
	G2 PERICOLOSITA' GEOLOGICA MEDIA	Are in cui sono presenti fenomeni franosi inattivi e stabilizzati (naturalmente o artificialmente); aree con elementi geomorfologici, litologici e glaciali dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto; corpi detritici su versanti con pendenze superiori al 25%.
	G3 PERICOLOSITA' GEOLOGICA ELEVATA	Are in cui sono presenti fenomeni quiescenti; aree con indizi di instabilità connessi alla giacitura, all'acclività, alla litologia, alla presenza di acque superficiali e sotterranee, nonché a processi di degrado di carattere antropico; aree interessate da intensi fenomeni erosivi e da subsidenza; aree caratterizzate da terreni con scadenti caratteristiche geotecniche; corpi detritici su versanti con pendenze inferiori al 25%.
	G4 PERICOLOSITA' GEOLOGICA MOLTO ELEVATA	Are in cui sono presenti fenomeni attivi e relative aree di influenza, aree interessate da soiffusi.



COMUNE DI EMPOLI

VARIANTE AL PIANO STRUTTURALE 2013

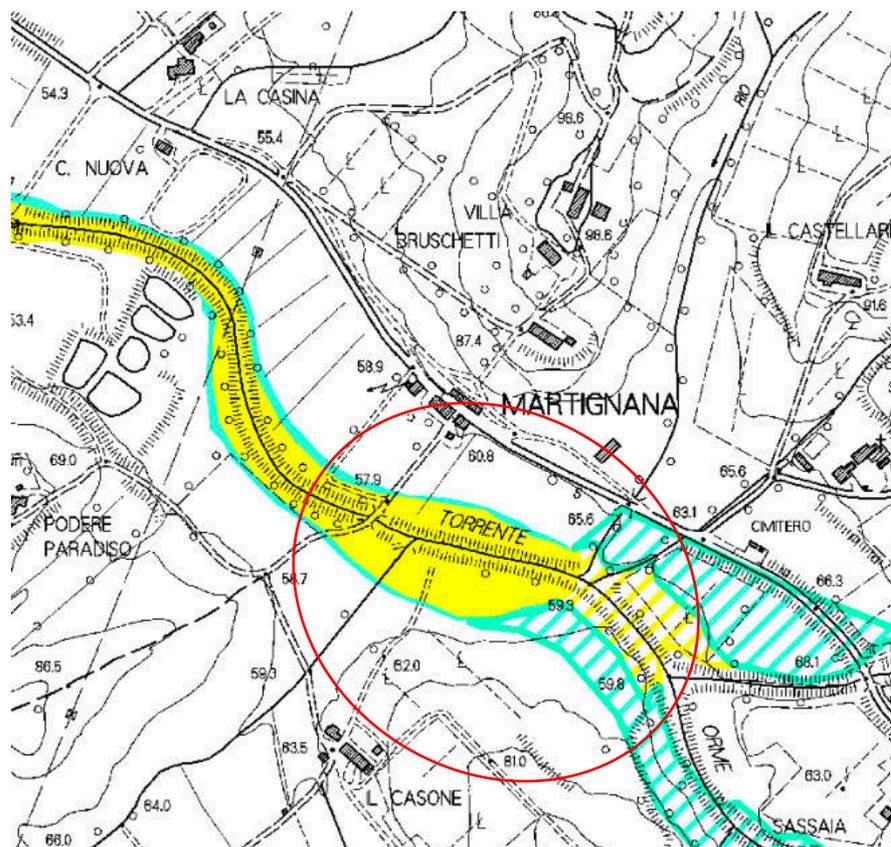
RELAZIONE GEOLOGICA

CARTA DELLA PERICOLOSITA' GEOLOGICA



TAV. 1.12	SCALA 1:10.000	DATA Gennaio 2013
ALLEGATO A: R-G-13-RAP	DISEGNO N. -	ARCHIVIO N. -

Pericolosità idraulica (fig.7): secondo quanto è stato prodotto dallo studio idrologico e idraulico in supporto al nuovo regolamento urbanistico comunale, l'area interessata dagli interventi ricade in parte all'interno della perimetrazione della classe di **pericolosità idraulica molto elevata I4**.



Ufficio Tecnico del Genio Civile
di Area Vasta Firenze-Prato-Pistoia-Arezzo

Comune di Empoli

**STUDIO IDROLOGICO IDRAULICO DI
SUPPORTO AL NUOVO REGOLAMENTO
URBANISTICO DEL COMUNE DI EMPOLI**

L.R. n° 1 03/01/2005 - D.P.G.R. 25/11/2011 n° 53/R
- D.P.C.M. 06/05/2005 e D.Lgs n°49 23/02/2010

**Tavola 6.2 - Pericolosità idraulica ai sensi del
D.P.G.R. n° 53 R/2011**

Dirigente Ufficio Tecnico
del Genio Civile
Ing. G.Fianchisti

Comune di Empoli
Dirigente Gestione del Territorio
Arch. M.Carletti

Gruppo di Lavoro
Ing. F.Baroni
Ing. F.Martelli
Geol.C.Simoncini

Novembre 2012

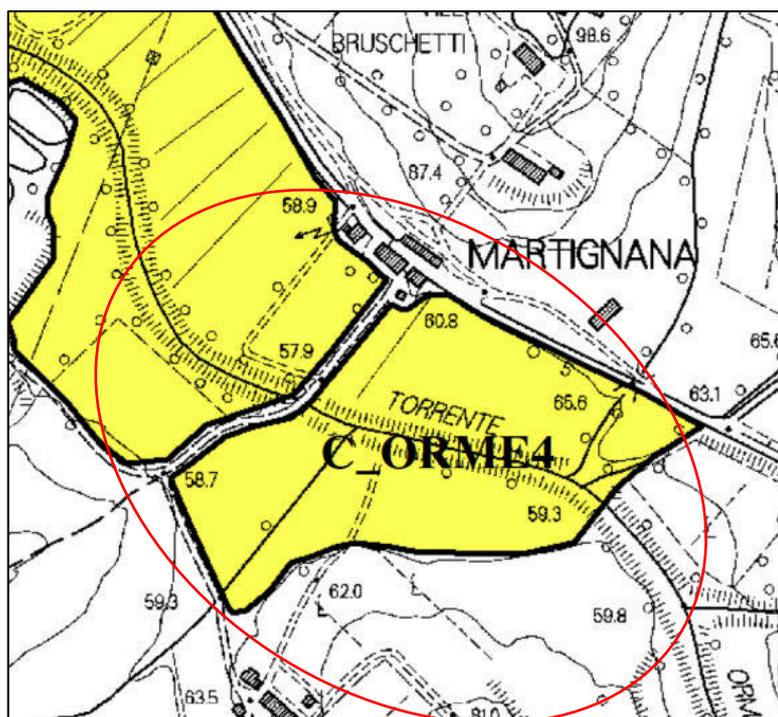
Legenda

Pericolosità definita da studi idraulici	Pericolosità su base geomorfologica e storico-inventariale
 I4 Pericolosità idraulica molto elevata	 I4 Pericolosità idraulica molto elevata
 I3 Pericolosità idraulica elevata	 I3 Pericolosità idraulica molto elevata

Scala 1:10.000

FIG.7 – CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA (ESTRATTA DALLA TAV. 6.2 del PSC)

Sempre dallo studio idraulico eseguito, per la riduzione del rischio idraulico sono stati previsti degli interventi tra cui anche la cassa di espansione, denominata "Orme 4", come si evince dalla cartografia riportata nella sottostante figura 8.



Ufficio Tecnico del Genio Civile
di Area Vasta Firenze-Prato-Pistoia-Arezzo

Comune di Empoli

Legenda

Interventi sul reticolo idrografico

- adeguamento manufatti di attraversamento
- adeguamento arginale e/o sponde
- nuovi inalveamenti
- risagomatura sezioni d'alveo

Interventi casse di laminazione

- ▨ cassa di espansione prevista dal Piano Bacino
- cassa di espansione esistente
- cassa di espansione di progetto

STUDIO IDROLOGICO IDRAULICO DI SUPPORTO AL NUOVO REGOLAMENTO URBANISTICO DEL COMUNE DI EMPOLI

L.R. n° 1 03/01/2005 - D.P.G.R. 25/11/2011 n° 53/R
- D.P.C.M. 06/05/2005 e D.Lgs n°49 23/02/2010

Tavola 7 - Interventi per la riduzione del rischio idraulico

Dirigente Ufficio Tecnico
del Genio Civile
Ing. G.Fianchisti

Comune di Empoli
Dirigente Gestione del Territorio
Arch. M.Carletti

Gruppo di Lavoro
Ing. F.Baroni
Ing. F.Martelli
Geol. C. Simoncini

Novembre 2012

FIG.8 – CARTA DEGLI INTERVENTI PER LA RIDUZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO (ESTRATTA DALLA TAV. 7 del PSC)

Pericolosità sismica: per l'area di studio non è stata prodotta cartografia in merito.

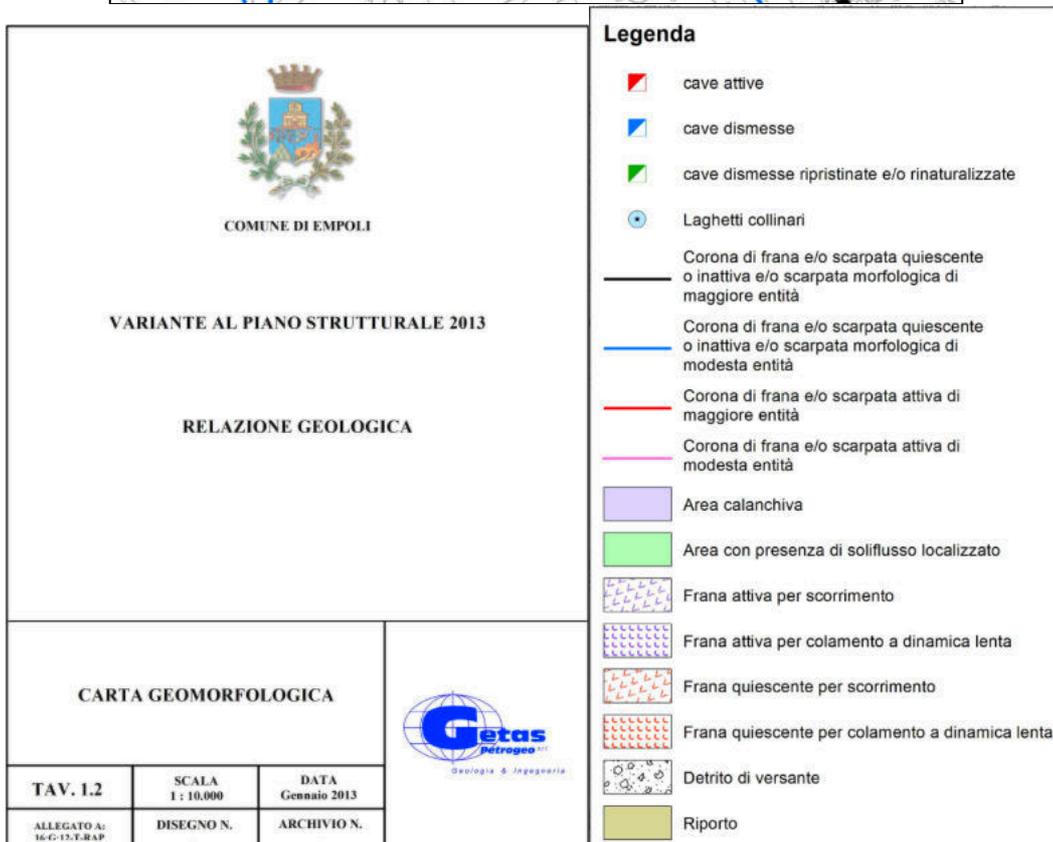
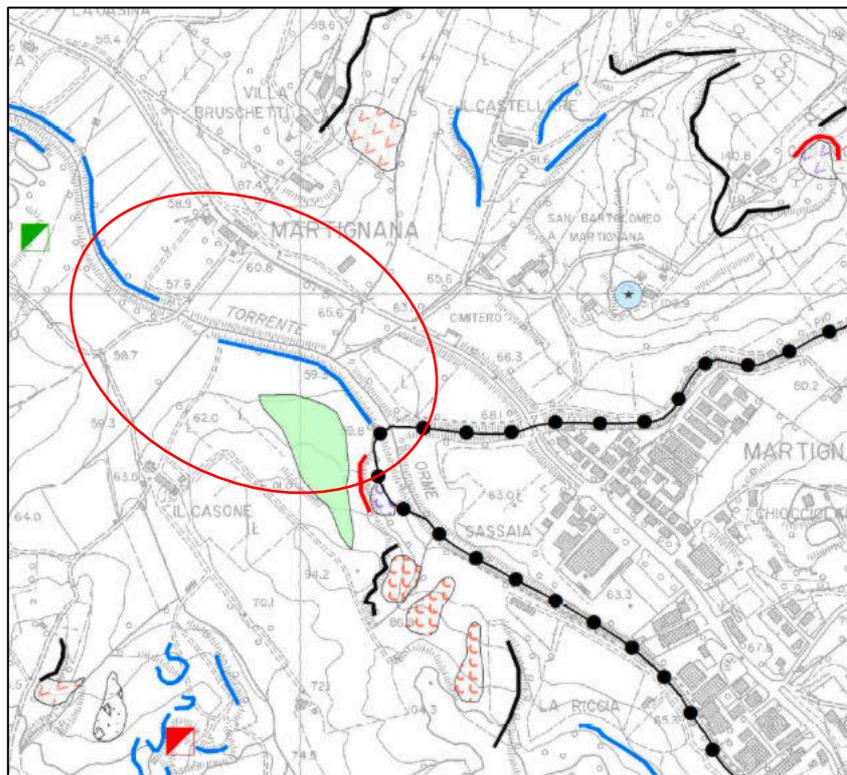
4. Studio geologico

4.1 – Inquadramento geomorfologico

L'area si trova nella zona valliva del Torrente Orme.

La stessa area è caratterizzata da quote comprese tra circa 57 e 60 metri s.l.m., in un'area pianeggiante in cui le uniche forme di dissesto, come dimostrato anche dalla cartografia dello SUC, sono legate ad eventuali fenomeni erosivi delle sponde fluviali dello stesso Torrente Orme (fig.9).

FIG.9- CARTA GEOMORFOLOGICA (ESTRATTA DALLA TAV. 1.2 DEL P.S.C)

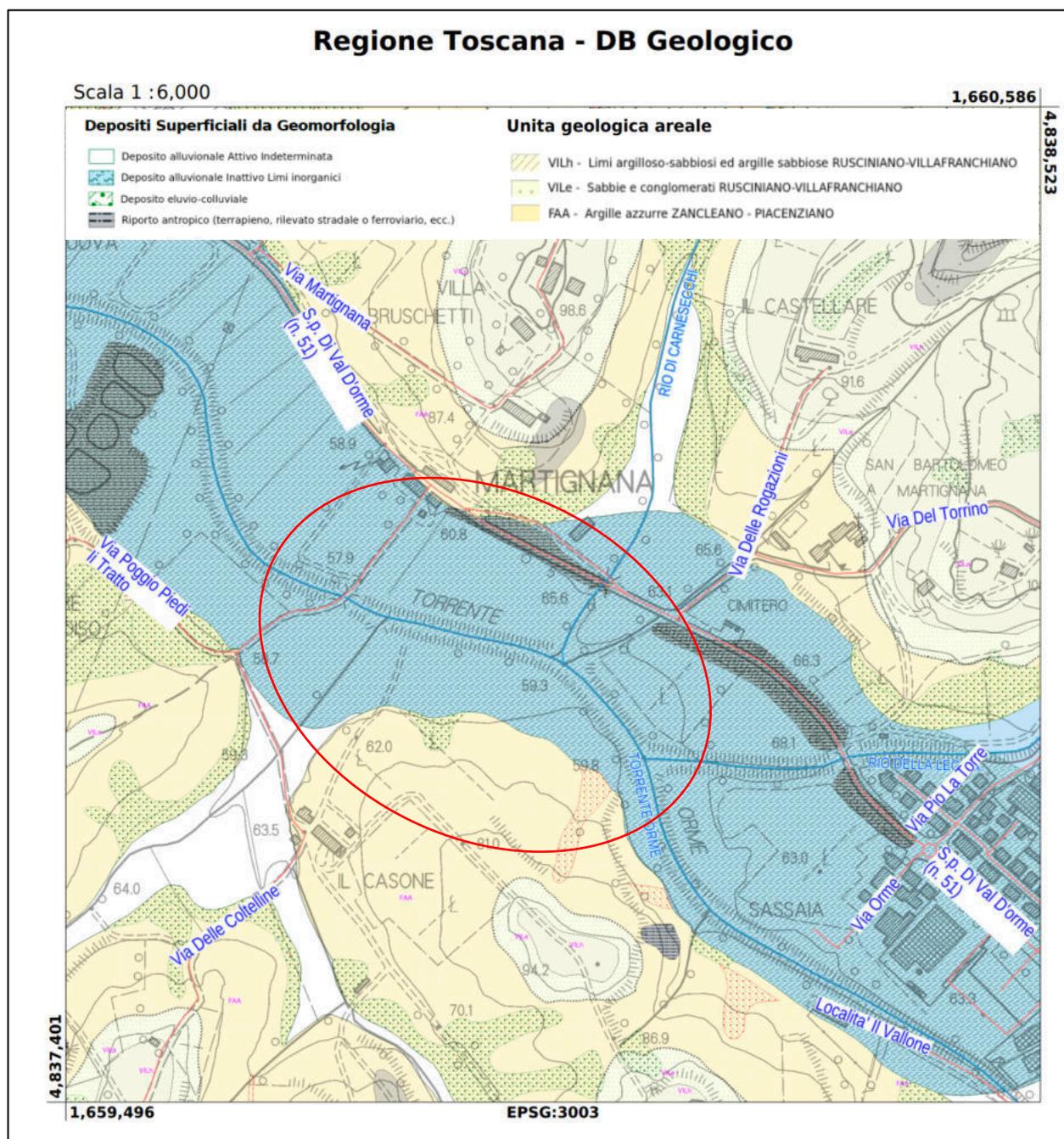


4.2 - Inquadramento geologico locale

Il territorio comunale è caratterizzato da depositi alluvionali di età quaternaria, che costituiscono le zone di pianura, e da depositi più antichi, di età pliocenica, che formano l'ossatura dei rilievi collinari.

L'area di studio si trova nella valle prossima al Torrente Orme, che, secondo quanto emerso dalla DB della Regione Toscana (fig.10) è caratterizzata dalla presenza di depositi alluvionali caratterizzati prevalentemente dai depositi alluvionali grossolani (ghiaie e sabbie) trasportati dai torrenti.

FIG.10 – CARTA GEOLOGICA (ESTRATTA DAL DB DELLA REGIONE TOSCANA)



5. Inquadramento idrologico e idrogeologico

5.1 – Inquadramento idrografico

L'area oggetto d'interesse si colloca nella valle del Torrente Orme che risulta essere l'asta di primaria importanza e nel quale confluiscono vari rii derivanti dalle zone collinari più prossime.

5.2 – Permeabilità dei terreni

Dagli studi eseguiti nel tempo è noto che il sistema alluvionale della piana di Empoli è formato da due acquiferi principali.

-Acquifero A1 (superiore)

È essenzialmente un livello sabbioso, localmente ciottoloso, lenticolare e di spessore variabile entro 15 metri dal piano campagna. E' generalmente freatico, ma localmente può assumere caratteristiche di confinamento. L'alimentazione è determinata oltre che dall'infiltrazione diretta della pioggia anche dalla ricarica da parte dei corsi d'acqua (Arno, Elsa, Orme e rii minori) e dagli apporti degli acquiferi di collina. E' bene sviluppato nei tratti dell'antico corso dei fiumi, dove prevalgono i depositi più grossolani.

-Acquifero A2 (inferiore)

È l'acquifero principale dell'area studiata, sia per continuità che per spessore. E' legato ad un livello ciottoloso-ghiaioso presente alla base del ciclo sedimentario alluvionale. Il tetto della falda si trova tra i 10 e i 20 metri dal p.c.; lo spessore è estremamente variabile fino ad un massimo di 10 metri. E' separato dall'acquifero A1 da un setto argilloso continuo che ne determina il confinamento. Localmente i due acquiferi vengono a contatto per vie laterali.

L'alimentazione è assicurata dalla rete idrografica, dall'infiltrazione diretta di pioggia, dai livelli permeabili dei fianchi delle colline plioceniche quando sono in contatto con il materasso alluvionale.

A questo acquifero attingono la maggior parte dei pozzi delle centrali acquedottistiche.

La valutazione idrogeologica di una roccia, si basa su un parametro, la permeabilità, che rappresenta la maggiore o minore conduttività dell'ammasso roccioso nei confronti di un fluido; essa è definita "primaria" se è dovuta alla presenza di vuoti e interstizi tra i granuli di un terreno sciolto, "secondaria" se è dovuta alla presenza di fratture nelle rocce lapidee.

La vulnerabilità di un acquifero è definita come la propensione di un corpo idrico sotterraneo a subire una contaminazione.

Com'è già stato detto in precedenza, l'area oggetto d'intervento, è caratterizzata dalla presenza di terreni alluvionali, caratterizzati da una permeabilità primaria per porosità. L'immagazzinamento e il movimento dell'acqua avvengono attraverso la porosità efficace inter-granulare. Quest'ultima varia in dipendenza della granulometria e del grado di cementazione e/o addensamento della massa sedimentaria, aumentando direttamente con la granulometria e inversamente con la consistenza e/o grado di addensamento.

I livelli francamente argilloso limosi sono dotati di permeabilità bassa o molto bassa, mentre i livelli di sabbie e ghiaie hanno permeabilità da media ad elevata e costituiscono sede preferenziale per i maggiori acquiferi.

Tutta l'area è comunque caratterizzata dalla presenza di un sistema acquifero multifalda, costituito da orizzonti permeabili in ghiaia, sabbia e ghiaia sabbiosa separati da orizzonti impermeabili semimpermeabili di argilla, argilla limosa e limo.

Si tratta nel complesso di terreni caratterizzati da una permeabilità elevata.

6. Descrizione degli interventi

Gli obiettivi del presente lotto sono i seguenti:

- la riduzione del pericolo idraulico per esondazione del Torrente Orme mediante la realizzazione della prima cassa di espansione di monte, denominata “Orme 4”;
- il superamento delle criticità dell’attuale tracciato stradale di Via delle Coltelline legate all’attraversamento del torrente mediante la realizzazione di un ponte ed un nuovo tracciato.

Il progetto prevede le seguenti opere: la cassa di espansione in linea Orme 4 ubicata in località Martignana, il nuovo tracciato stradale di Via delle Coltelline e il ponte sul T. Orme. La cassa sarà costituita da una briglia a bocca tarata, cioè uno sbarramento trasversale dotato di sezione ristretta e sfioratore di troppo pieno, e da un’area di invaso posta a monte, formata dalle piane naturali di fondovalle opportunamente approfondite.

Lo sbarramento sarà formato da un rilevato con funzione di argine-strada, dotato di ampia sommità e scarpate dolci, con altezza media sui piani campagna di circa 3.5 metri e sviluppo complessivo dell’opera 450 m.

In corrispondenza dell’alveo del Torrente Orme, nel rilevato sarà inglobato la briglia-ponte, una struttura in cemento armato con pianta ad U. Questa opera prevede uno sfioratore con sviluppo rettangolare con convessità rivolta verso l’interno della cassa di espansione e dotato di luce di fondo (bocca tarata); i muri costituiranno anche le spalle del ponte e il contenimento dei terrapieni, ed avranno fondazioni profonde con pali.

7. Indagine geotecnica del terreno

Per la caratterizzazione litostratigrafica dell’area sono state eseguite le indagini di seguito elencate, la cui ubicazione è riportata nella sottostante figura 11:

- n. 2 (due) sondaggi a carotaggio continuo denominati S1 e S2, spinti fino alla profondità ciascuno di 33 metri da p.c. Durante l’esecuzione dei sondaggi, sono stato prelevati campioni indisturbati mediante campionatore a pareti sottili (Shelby). Dove non è stato possibile prelevare campioni, sono state eseguite delle prove SPT in avanzamento, per verificare la consistenza dei materiali. Entrambi i sondaggi sono stati attrezzati per la prova down hole.
- N.3 (tre) prove SPT in foro.
- Analisi e prove geotecniche di laboratorio sui campioni prelevati con campionatore Shelby (campioni indisturbati).
- N.6 (sei) prove penetrometriche ad infissione dinamica che hanno raggiunto profondità variabili a seconda del rifiuto nell’avanzamento.
- N.20 (venti) saggi con escavatore eseguiti per verificare l’idoneità dei terreni scavati alla realizzazione del rilevato da costruire;
- N.2 (due) prove LEFRANC

Nella sottostante figura 11 si riporta l’ubicazione delle indagini eseguite.

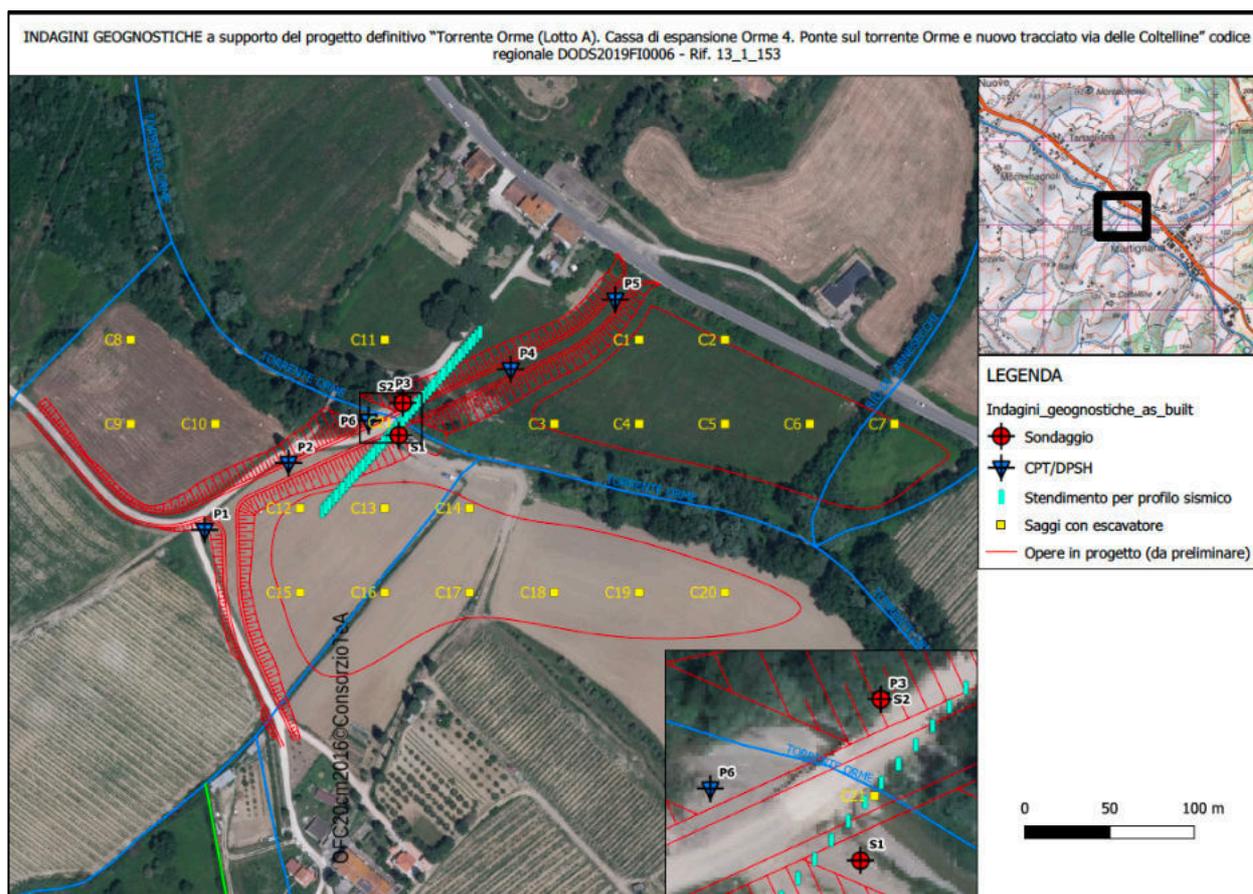


FIG.11 – UBICAZIONE INDAGINI

7.1 – Sondaggio geognostico

I sondaggi geognostici S1 e S2, sono stati realizzati a carotaggio continuo, con carotiere semplice di diametro 101 millimetri, ed hanno raggiunto, ciascuno, la profondità di 33 metri dal piano campagna. Durante l'esecuzione dei sondaggi, sono stati prelevati sia dei campioni indisturbati mediante campionatore a pareti sottili (Shelby), sia delle prove SPT in avanzamento, per verificare la consistenza dei materiali. I risultati ottenuti sono analizzati nel paragrafo 7.3 - *Analisi di laboratorio*.

Nella sottostante tabella 1 sono riportate le caratteristiche principali dei sondaggi eseguiti:

Sondaggio	Data	Lunghezza	Campioni	SPT	Falda
S1	28-30/05/2019	33 metri	S1C1 8,8–9,3 mt	SPT1 3,20 mt SPT 6,0 mt	2,0 metri
			S1C2 15–15.5 mt		
			S1C3 22-22.5 mt		
			S1C4 27-27.5 mt		
S2	02-04/09/2019	33 metri	S2C1 11-11,5 mt	SPT1 2,50 mt	15 metri
			S2C2 18–18.5 mt		
			S2C3 32-32.5 mt		

TABELLA 1 – RIEPILOGO CARATTERISTICHE SONDAGGI

7.2 – Standard Penetration Test (S.P.T.)

Durante le perforazioni sono state eseguite delle prove SPT in avanzamento, per verificare il grado di consistenza del litotipo attraversato, rispettando le norme definite dai documenti “ASTM designation D1586/67 e 84”.

La prova consiste nell'infiggere un campionatore standard per percussione di un dispositivo di 63.5 kg lasciato cadere da una altezza di 76 cm. Nel corso della prova viene registrato il numero di colpi necessario per l'affondamento del campionatore per tratti consecutivi di 15 cm ciascuno. Il valore NSPT che se ne ricava è dato dal numero di colpi necessari all'infissione degli ultimi 30 cm.

Nella tabella sottostante (2) si sintetizzano i risultati delle prove eseguite:

Sondaggio	Profondità (m)	Numero colpi	N _{spt}	litologia
S1	3,20 -	6-7-3	10	Limi sabbiosi
S1	6,00	40 - rif	rif	Sabbie addensate
S2	2,50	19-27-18	45	Sabbie e ghiaie

TABELLA 2 – RIEPILOGO VALORI SPT

Si riporta di seguito una tabella nella quale sono riportati i risultati del controllo dei valori ottenuti nelle prove penetrometriche dinamiche standard (SPT) mediante il “Criterio di Affidabilità di Schmertmann (1979)” dove:

$$\begin{cases} X_1 = N_1/N_3 \\ X_2 = N_2/N_3 \end{cases}$$

e la prova è considerata valida se:

$$0 \leq X_1 \leq X_2 \leq 1$$

Come si può vedere dalla tabella 3 sottostante, alcune delle prove effettuate non superano il criterio di affidabilità. Ai fini della presente è stato attribuito un valore pari a 50 colpi alle prove che hanno dato rifiuto al solo scopo di permettere la caratterizzazione geotecnica del litotipo interessato.

Criterio di Affidabilità dei risultati Schmertmann (1979)							
SPT	Z (mt da p.c.)	N1	N2	N3	X1	X2	Verificato
SPT – S1-1	3,20	6	7	3	2	2,3	NO
SPT – S1-2	6,00	40	50	50	0,8	1	SI
SPT – S2-1	4,65	19	27	18	1,05	1,5	NO

TABELLA 3 – RIEPILOGO DATI SPT

Nel seguito le prove che non rispettano il suddetto criterio di accettazione non saranno prese in considerazione per la parametrizzazione dei terreni indagati.

In presenza di sabbie e, comunque, di terreni non coesivi questi si classificano in base ai valori NSPT tramite la tabella, riportata di seguito, secondo Terzaghi e Peck (1967) e Gibbs e Holtz (1957).

N _{SPT}	(N ₁) ₆₀	Stato di addensamento	Densità relativa D _R [%]
0 - 4	0 - 3	Molto sciolto	D _R < 15
4 - 10	3 - 8	Sciolto	15 < D _R < 35
10 - 30	8 - 25	Medio	35 < D _R < 65
30 - 50	25 - 42	Denso	65 < D _R < 85
> 50	> 42	Molto denso	85 < D _R < 100

TABELLA 4 – DESCRIZIONE DELLO STATO DI ADDENSAMENTO IN FUNZIONE DELLA DR

Le prove SPT oggetto della presente hanno interessato, terreni incoerenti caratterizzati da una D_R compresa tra 85 e 100 che definisce uno stato di addensamento “molto denso”.

Per la porzione matriciale a grana fine degli stessi terreni analizzati, si valuta la consistenza in base ai valori N_{SPT} tramite la tabella, riportata di seguito, di Terzaghi e Peck (1967).

N_{SPT}	CONSISTENZA	Resistenza al taglio non drenata C_u [kPa]	Indice di consistenza $I_c = (W_L - W_N) / PI$	Manipolazione in situ
0 - 2	Molle	0 - 25	<0.5	si sprema fra le dita chiudendo il pugno
2 - 4	Tenero	25 - 50	0.5 - 0.75	si modella facilmente con le dita
4 - 8	Medio	50 - 100		si modella con forte pressione della dita
8 - 15	Consistente	100 - 150	0.75 - 1.0	si incava (“dent”) con forte pressione della dita
15 - 30	Molto	150 - 200	1.0 - 1.5	si incava (“dent”) solo leggermente con forte pressione della dita
> 30	Duro	> 200	>1.5	si intacca (“dent”) solo leggermente con la punta della matita

TABELLA 5 – CONSISTENZA DEI TERRENI COESIVI DA SPT (TERZAGHI E PECK, 1967)

Anche la matrice dei terreni indagati definisce gli stessi “estremamente consistenti” (Valori di N_{SPT} abbondantemente superiori a 30).

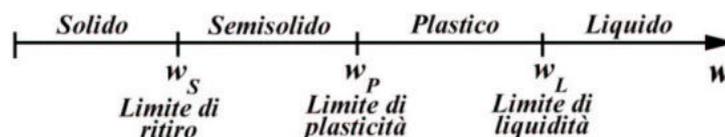
7.3 - Analisi e prove geotecniche di laboratorio

Durante la fase di perforazione dei sondaggi a carotaggio continuo (modalità di avanzamento a circolazione d’acqua), sono stati prelevati dei campioni indisturbati mediante campionatore Schelby. Sui campioni prelevati, sigillati con paraffina e inviati al laboratorio certificato sono state eseguite prove di classificazione, limiti di Atterberg, granulometrie, prova edometrica, prova di taglio consolidato e prova triassiale non consolidata non drenata, dalle quali sono stati dedotti i parametri sintetizzati nelle sottostanti tabelle 6 e 7. I certificati completi delle suddette analisi sono riportati rispettivamente in allegato A3 i certificati dei campioni estratti dal sondaggio S1 (certificato da n° 0048G/00098 a n° 0051G/00101 del 17/06/2019) e in allegato A4 i certificati dei campioni estratti dal sondaggio S2 (certificato da n° 0096G/00207 a n° 0098G/00209 del 30/09/2019)

Le **caratteristiche fisiche** dei terreni che comprendono quei parametri quali umidità naturale, peso specifico (naturale, secco e immerso), porosità, indice dei vuoti e grado di saturazione propri di un determinato campione e utili alla determinazione dei caratteri geotecnici propri di un livello geolitologico.

L'**analisi granulometrica** è la prova che permette di individuare la classe litologica di appartenenza dei terreni campionati. Essa è realizzata prima attraverso setacciatura poi, nel caso si tratti di materiale a prevalenza fine, per sedimentazione secondo norma ASTM D 422 (AGI 1994). Alla fine della prova per mezzo di corrette tabelle comparative normate (ad esempio normativa CNR-UNI 10006) si classifica il terreno prelevato in limi, argille o sabbie

I **Limiti di Atterberg** indicano il valore limite del contenuto di acqua per il quale si registra una transizione dello stato fisico del terreno. Secondo il diverso contenuto d’acqua si definiscono dei limiti e fra questi definiamo degli indici ai quali corrispondono diversi comportamenti:

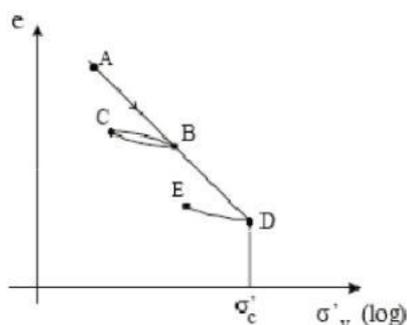


La **prova di taglio diretta** è un'analisi eseguita per la determinazione di una delle più importanti proprietà geotecniche delle terre ovvero la resistenza al taglio cioè l'abilità delle stesse di resistere allo scivolamento lungo superfici interne alla massa. Questa resistenza influenza la capacità portante delle fondazioni. Il campione di terreno (di dimensioni 60 x 30 mm) posto in condizioni drenate, è inserito in una scatola, secondo normativa ASTM D 3080, nella quale è misurato lo sforzo necessario a tagliare il campione lungo un piano orizzontale sotto un carico normale. La prova è ripetuta per incremento delle pressioni normali.

La **prova edometrica** è una prova di compressione verticale con espansione laterale impedita. Riproduce in laboratorio le condizioni di consolidazione monodimensionale. Consiste nell'applicare una sequenza di carichi a un provino cilindrico saturo contenuto lateralmente in modo che le deformazioni e il flusso di acqua avvengano solo in direzione verticale. È la prova più utilizzata per determinare i parametri di compressibilità e per quantificare la storia di un deposito in termini di grado di sovraconsolidazione (OCR). La massima pressione verticale efficace sopportata dal provino è detta pressione di consolidazione (o preconsolidazione) ed è data:

$$OCR = \frac{\sigma'_c}{\sigma'_{vo}}$$

In cui σ'_c è la pressione di consolidazione e σ'_{vo} è la pressione verticale efficace agente. Nella figura seguente si mostrano le diverse fasi di carico (AB, CB, BD) e di scarico (BC, DE) di una prova edometrica.



Prova triassiale non consolidata non drenata: la macchina triassiale ordinaria è uno strumento che permette il controllo di due componenti indipendenti del tensore delle deformazioni o degli sforzi. Essa è costituita da una cella riempita di fluido, che trasmette una pressione isotropa a un campione cilindrico di terreno, posto in una guaina impermeabile che separa l'acqua contenuta nei pori del provino dal fluido esterno. La cella è costituita in genere da un cilindro in perspex, di modo che si possa osservare il comportamento del campione durante la prova. Le basi collegate alla superficie superiore ed inferiore del provino sono porose, in modo che sia consentito il drenaggio. Il passaggio dell'acqua all'interno del campione viene regolato attraverso un rubinetto. In questo tipo di prova non si ha consolidazione prima dell'applicazione del carico. Tutti i tubi di drenaggio sono chiusi, quindi, sia durante l'applicazione della pressione di cella, sia durante il percorso di carico a rottura, non avviene variazione volumetrica nel provino.

Nella sottostante tabella 6 si riporta il riepilogo delle analisi e prove geotecniche eseguite sui campioni estratti dal sondaggio S1.

			S1C1	S1C2	S1C3	S1C4
Profondità di prelievo (m da p.c)			8,8-9,1	15 – 15,5	22 – 22,5	27 – 27,5
PARAMETRI FISICI						
Contenuto di acqua	w	%	16	14	15	15
Peso di volume naturale	γ	kN/mc	20,69	21,59	20,92	21,04
Peso di volume specifico	γ_s	kN/mc	26,47	26,00	26,04	26,32
LIMITI DI ATTERBERG						
Limite di liquidità	LL	-	29	27	30	30
Limite di plasticità	LP	-	24	21	22	22
Indice di plasticità	IP	-	5	6	8	8
ANALISI GRANULOMETRICA						
Ghiaia	G	%	2	1	1	0
Sabbia	S	%	5	35	9	9
Limo	L	%	71	41	62	59
Argilla	A	%	22	23	28	32
PROVA TRIASSIALE NON CONSOLIDATA NON DRENATA						
Angolo di attrito interno	ϕ_u	kPa	*	0	0	0
Coesione non drenata	C_u	kPa	*	210	242	74
PROVA DI TAGLIO CONSOLIDATA DREANATA						
Angolo di attrito interno	ϕ	°	28	29	28	29
Coesione drenata	C'	kPa	48	51	53	20
PROVA EDOMETRICA						
Indice di ricomprensione	C_R	*	0,03	0,05	0,04	0,04
Indice di compressione	C_c	*	0,08	0,10	0,09	0,11
Indice di rigonfiamento	C_s	*	0,03	0,04	0,04	0,04

TABELLA 6 – RIEPILOGO DEI RISULTATI DELLE PROVE DI LABORATORIO CAMPIONI SONDAGGIO S1

Nella sottostante tabella 7 si riporta il riepilogo delle analisi e prove geotecniche eseguite sui campioni estratti dal sondaggio S2.

			S2C1	S2C2	S2C3
Profondità di prelievo (m da p.c)			11 – 11,5	18 – 18,5	32 – 32,5
PARAMETRI FISICI					
Contenuto di acqua	w	%	17	16	16
Peso di volume naturale	γ	kN/mc	20,31	20,5	20,25
Peso di volume specifico	γ_s	kN/mc	26,10	26,02	25,94
LIMITI DI ATTERBERG					
Limite di liquidità	LL	-	29	35	26
Limite di plasticità	LP	-	21	22	20
Indice di plasticità	IP	-	8	13	6
ANALISI GRANULOMETRICA					
Ghiaia	G	%	2	1	0
Sabbia	S	%	18	3	21
Limo	L	%	54	65	57
Argilla	A	%	26	31	22
PROVA TRIASSIALE NON CONSOLIDATA NON DRENATA					
Angolo di attrito interno	ϕ_u	kPa	0	0	0
Coesione non drenata	C_u	kPa	280	265	158
PROVA DI TAGLIO CONSOLIDATA DRENATA					
Angolo di attrito interno	ϕ	°	29	28	28
Coesione drenata	C'	kPa	23	22	27
PROVA EDMETRICA					
Indice di ricompressione	C_R	*	0,03	0,07	0,03
Indice di compressione	C_C	*	0,10	0,11	0,10
Indice di rigonfiamento	C_s	*	0,04	0,05	0,4

TABELLA 7 – RIEPILOGO DEI RISULTATI DELLE PROVE DI LABORATORIO CAMPIONI SONDAGGIO S2

I terreni indagati, in base ai limiti di Atterberg si possono classificare come limi inorganici di bassa compressibilità (ML-OL) mentre appartengono a argille inorganiche di media plasticità (CL) i terreni riscontrati tra la profondità di 18 e 18,5 metri nel sondaggio S2 (fig.12).

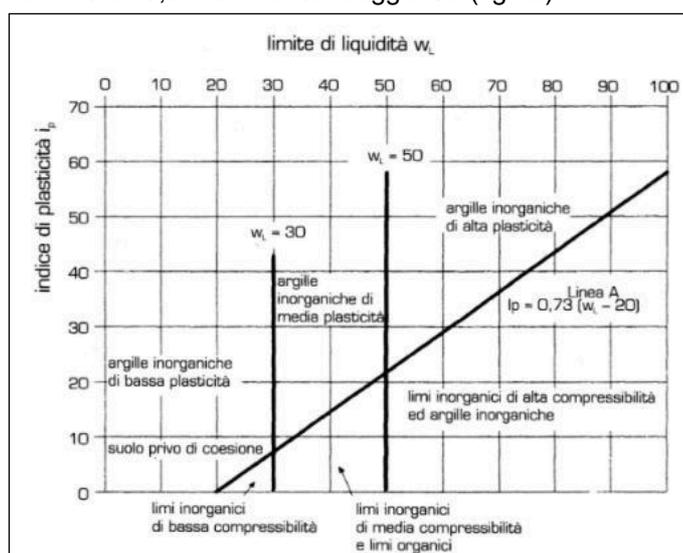


FIG.12 - CARTA DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE

Sempre dai limiti di Atterberg, possiamo definire l'indice di consistenza di un terreno in funzione dell'umidità naturale w che lo caratterizza.

$$I_c = \text{indice di consistenza} \quad \frac{W_L - W}{W_L - W_p} = \frac{W_L - W}{I_p}$$

Il valore dell'indice di consistenza per i terreni indagati varia da 1,46 a 2,6 definendo così terreni di consistenza solida.

All'aumentare dell'indice di consistenza aumenta la resistenza del terreno alle azioni di taglio e diminuisce la compressibilità degli stessi.

7.4 - Prove penetrometriche ad infissione dinamica

Nel programma di indagini geognostiche sono state comprese anche n.6 prove penetrometriche ad infissione dinamica per difficoltà di ancoraggio.

Le stesse ubicate come riportato in fig.11, hanno raggiunto profondità variabili a seconda del raggiungimento del rifiuto nell'avanzamento della punta.

Le prove penetrometriche dinamiche DSPH sono state eseguite mediante penetrometro superpesante (tipo Emilia) in accordo con la procedura di riferimento dell'Associazione Geotecnica Internazionale (ISSMFE). La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi) misurando il numero di colpi N necessari.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente $M = 63,5$ kg
- altezza libera caduta $H = 0,75$ m
- punta conica: diametro base cono D (60°), area base cono A (20 cm²)
- avanzamento (penetrazione δ)= 20-30 cm
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

VALUTAZIONI STATISTICHE - CORRELAZIONI N / N_{spt}

Il sottosuolo indagato è suddiviso in strati.

Previa definizione della profondità di ciascuno strato, il programma esegue (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 $(M+m)/2$, media-scarto 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 sopracitati 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_{spt} della prova SPT.

VALUTAZIONE RESISTENZA DINAMICA E COEFFICIENTE DI ENERGIA

La resistenza alla punta dinamica R_{pd} è comunemente valutata in base alla formula Olandese:

$$R_{pd} = (M^2 H) / [A e (M + P)]$$

ove :

$N = n$. colpi per avanzamento

δ R_{pd} = resist. dinam. punta [area A]

M = massa battente [altezza caduta H]

e = avanzamento per colpo δ / N

P = peso tot. sistema battuta e aste,

ovvero in base alla formula semplificata:

$$Rpd'=(MH)/(Ae)=(MH)N/(A \delta)=QN,$$

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

Di seguito l'elaborazione delle prove eseguite, i cui certificati completi sono riportati in allegato A5.

Nella sottostante tabella 8 si riportano i valori medi dei parametri ricavati dall'elaborazione della **DIN 1**:

N° strato	Profondità	N° Colpi N _{SPT}	Peso di volume	Angolo di attrito	Contenuto d'acqua	Coesione non drenata	Modulo edometrico	Densità relativa
			γ (t/m ³)	ϕ (°)	W (%)	Cu (kg/cm ²)	Mo (kg/cm ²)	Dr (%)
1	0 – 3,2	8	1,87	29	34,98	0,50	41	28
2	3,2 – 4,0	25	2,08	35	21,25	1,56	79	58
3	4,0 - 4,8	60	2,10	43	20,20	3,75	150	89

TABELLA 8 – VALORI MEDI DIN 1

Nella sottostante tabella 9 si riportano i valori medi dei parametri ricavati dall'elaborazione della **DIN 2**:

N° strato	Profondità	N° Colpi N _{SPT}	Peso di volume	Angolo di attrito	Contenuto d'acqua	Coesione non drenata	Modulo edometrico	Densità relativa
			γ (t/m ³)	ϕ (°)	W (%)	Cu (kg/cm ²)	Mo (kg/cm ²)	Dr (%)
1	0,0 – 2,2	7	1,86	29	36	0,44	39	25
2	2,2 – 4,4	3	1,78	27	44,21	0,19	28	11
3	4,4 – 5,8	11	1,91	30	32,11	0,69	50	37
4	5,8 – 6,4	28	2,10	35	20,20	1,75	85	62
5	6,4 – 8,4	14	1,95	31	29,45	0,88	57	41
6	8,4- 9,4	24	2,07	34	21,91	1,50	77	56
7	9,4- 10,0	49	2,10	41	20,20	3,06	128	84

TABELLA 9 – VALORI MEDI DIN 2

Nella sottostante tabella 10 si riportano i valori medi dei parametri ricavati dall'elaborazione della **DIN 3**:

N° strato	Profondità	N° Colpi N _{SPT}	Peso di volume	Angolo di attrito	Contenuto d'acqua	Coesione non drenata	Modulo edometrico	Densità relativa
			γ (t/m ³)	ϕ (°)	W (%)	Cu (kg/cm ²)	Mo (kg/cm ²)	Dr (%)
1	0,0 – 0,6	7	1,86	29	36	0,44	39	25
2	0,6 – 2,2	29	2,10	36	20,20	1,81	88	64
3	2,2 – 4,4	5	1,83	28	39,28	0,31	33	18
4	4,4 – 9,0	16	1,97	32	27,79	1,0	61	44
5	9,0 – 10,8	31	2,10	36	20,20	1,94	92	66
6	10,8 – 12	60	2,10	43	20,20	3,75	150	89

TABELLA 10 – VALORI MEDI DIN 3

Nella sottostante tabella 11 si riportano i valori medi dei parametri ricavati dall'elaborazione della **DIN 4**:

N° strato	Profondità	N° Colpi N _{SPT}	Peso di volume	Angolo di attrito	Contenuto d'acqua	Coesione non drenata	Modulo edometrico	Densità relativa
			γ (t/m ³)	ϕ (°)	W (%)	Cu (kg/cm ²)	Mo (kg/cm ²)	Dr (%)
1	0,0 – 1,4	4	1,80	28	41,67	0,25	30	15
2	1,4 – 3,6	29	2,10	36	20,20	1,81	88	64
3	3,6 – 4,6	9	1,89	30	34,0	0,56	44	32
4	4,6 – 9,2	16	1,97	32	27,79	1,0	61	44
5	9,2 – 10,0	43	2,10	39	20,20	2,69	116	78

TABELLA 11 – VALORI MEDI DIN 4

Nella sottostante tabella 12 si riportano i valori medi dei parametri ricavati dall'elaborazione della **DIN 5**:

N° strato	Profondità	N° Colpi N _{SPT}	Peso di volume	Angolo di attrito	Contenuto d'acqua	Coesione non drenata	Modulo edometrico	Densità relativa
			γ (t/m ³)	ϕ (°)	W (%)	Cu (kg/cm ²)	Mo (kg/cm ²)	Dr (%)
1	0,0 -3,4	4	1,80	28	41,67	0,25	30	15
2	3,4 – 5,4	7	1,86	29	36,0	0,44	39	25
3	5,4 -6,6	17	1,98	32	26,99	1,06	63	46
4	6,6 – 10,0	30	2,10	36	20,20	1,88	90	65

TABELLA 12 – VALORI MEDI DIN 5

Nella sottostante tabella 13 si riportano i valori medi dei parametri ricavati dall'elaborazione della **DIN 6**:

N° strato	Profondità	N° Colpi N _{SPT}	Peso di volume	Angolo di attrito	Contenuto d'acqua	Coesione non drenata	Modulo edometrico	Densità relativa
			γ (t/m ³)	ϕ (°)	W (%)	Cu (kg/cm ²)	Mo (kg/cm ²)	Dr (%)
1	0,0 – 1,2	7	1,86	29	36	0,44	39	25
2	1,2 – 1,8	2	1,75	27	46,91	0,13	25	8
3	1,8 – 3,2	5	1,83	28	39,28	0,31	33	18
4	3,2 – 5,6	15	1,96	32	28,61	0,94	59	43
5	5,6 – 7,4	27	2,10	35	20,20	1,69	83	61
6	7,4 – 8,8	37	2,10	38	20,20	2,31	104	72
7	8,8 – 10,2	55	2,10	42	20,20	3,44	140	87

TABELLA 13 – VALORI MEDI DIN 6

8. Modello geologico – tecnico

8.1 – Profilo geotecnico

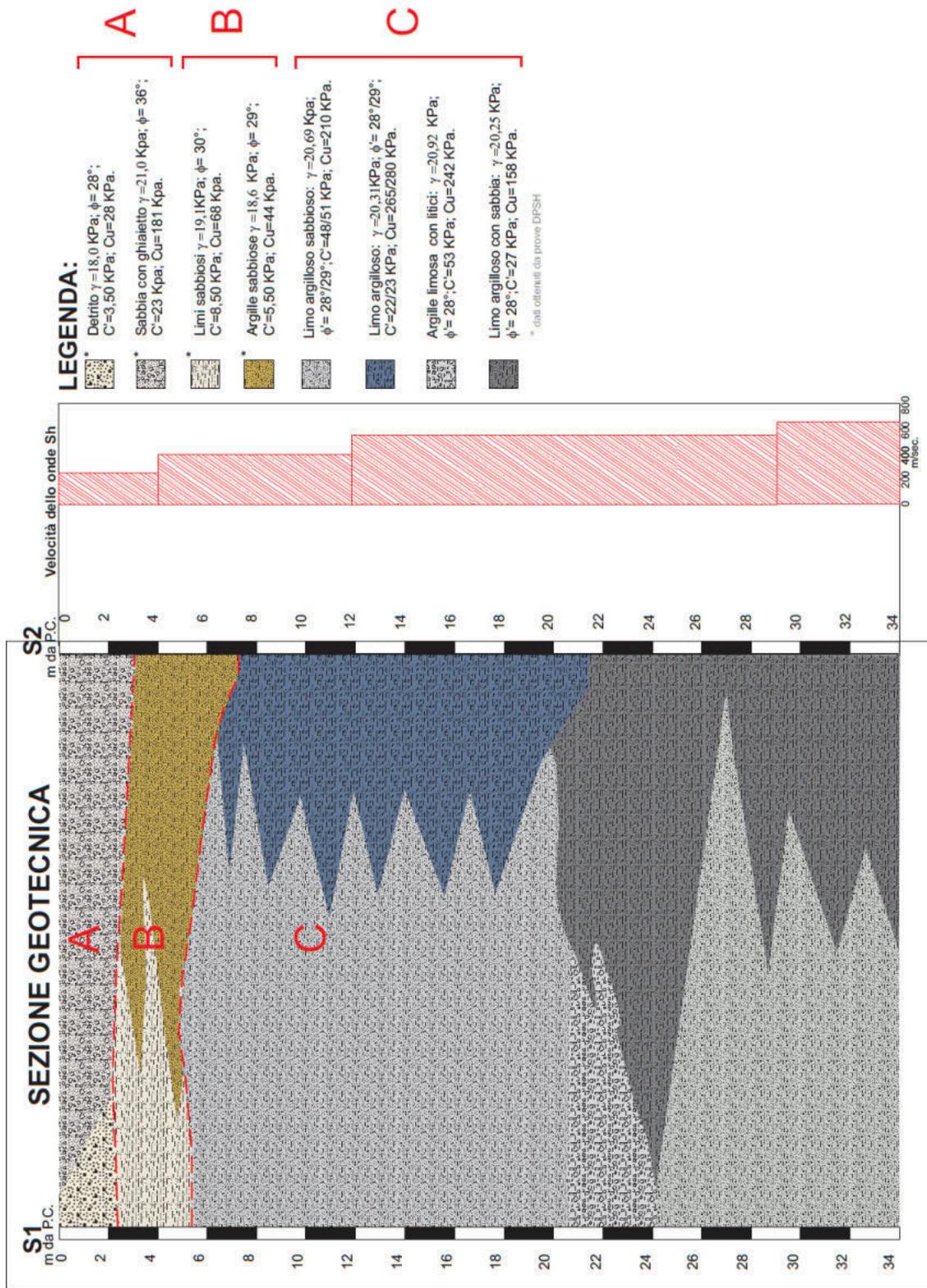
Le indagini geognostiche e geotecniche eseguite risultano coerenti tra loro e permettono di definire il modello geologico-tecnico del sottosuolo.

Sono evidenti tre unità litotecniche:

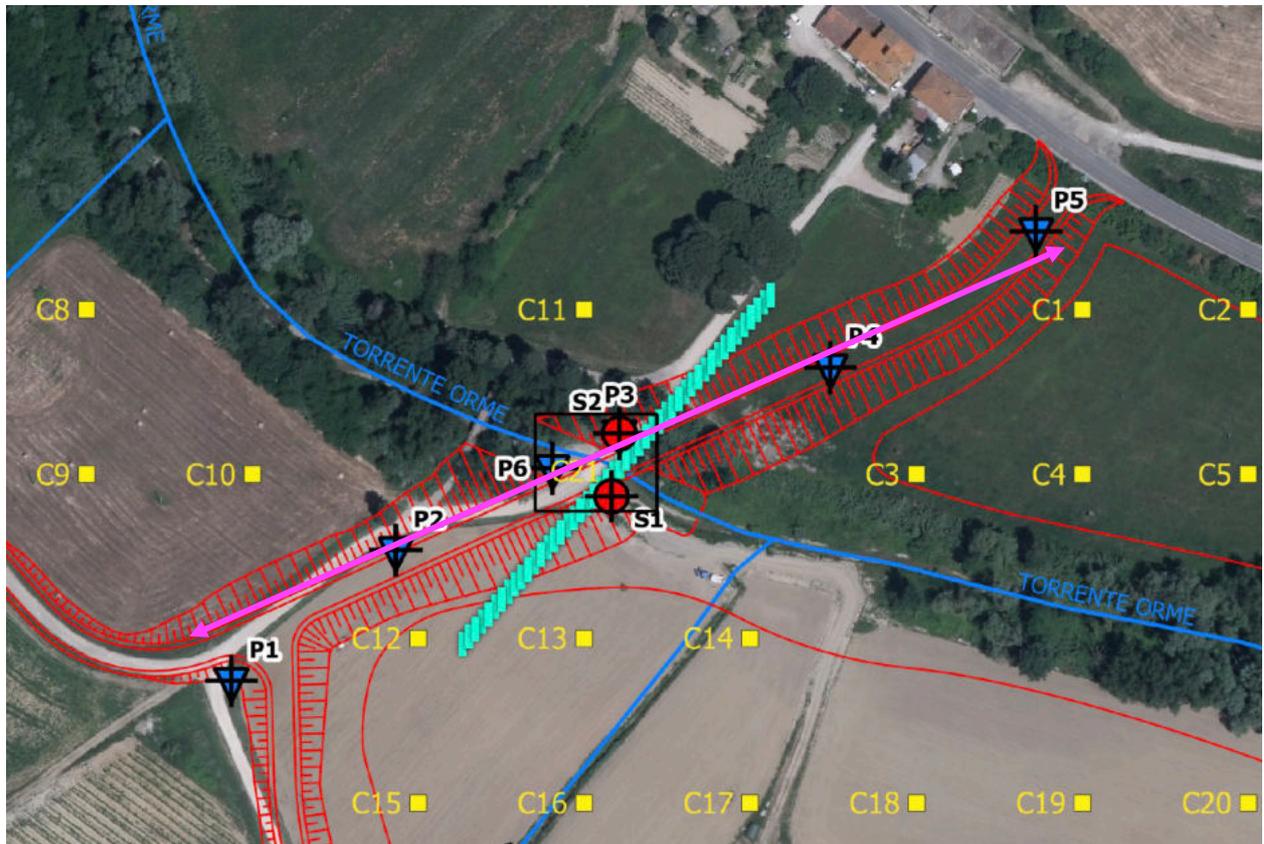
- **Terreno di riporto eterogeneo**, fino a profondità quasi costante di circa 2 - 3 metri di natura sabbiosa con ghiaietto;
- **Limi sabbiosi**, finì alla profondità massima di 7 metri, caratterizzati da valori di coesione non drenata compresa tra 44 ÷ 68 kPa;
- **Argilla limosa e limo argilloso** con profondità variabile fra un minimo di 4 metri nel sondaggio S2 ad un massimo di 15 nel sondaggio S1. Le proprietà geotecniche sono: $\gamma' = 20,25 \div 20,92 \text{ kN/m}^3$
 $c' = 22 \div 51 \text{ kPa}$ $\phi = 28^\circ$;

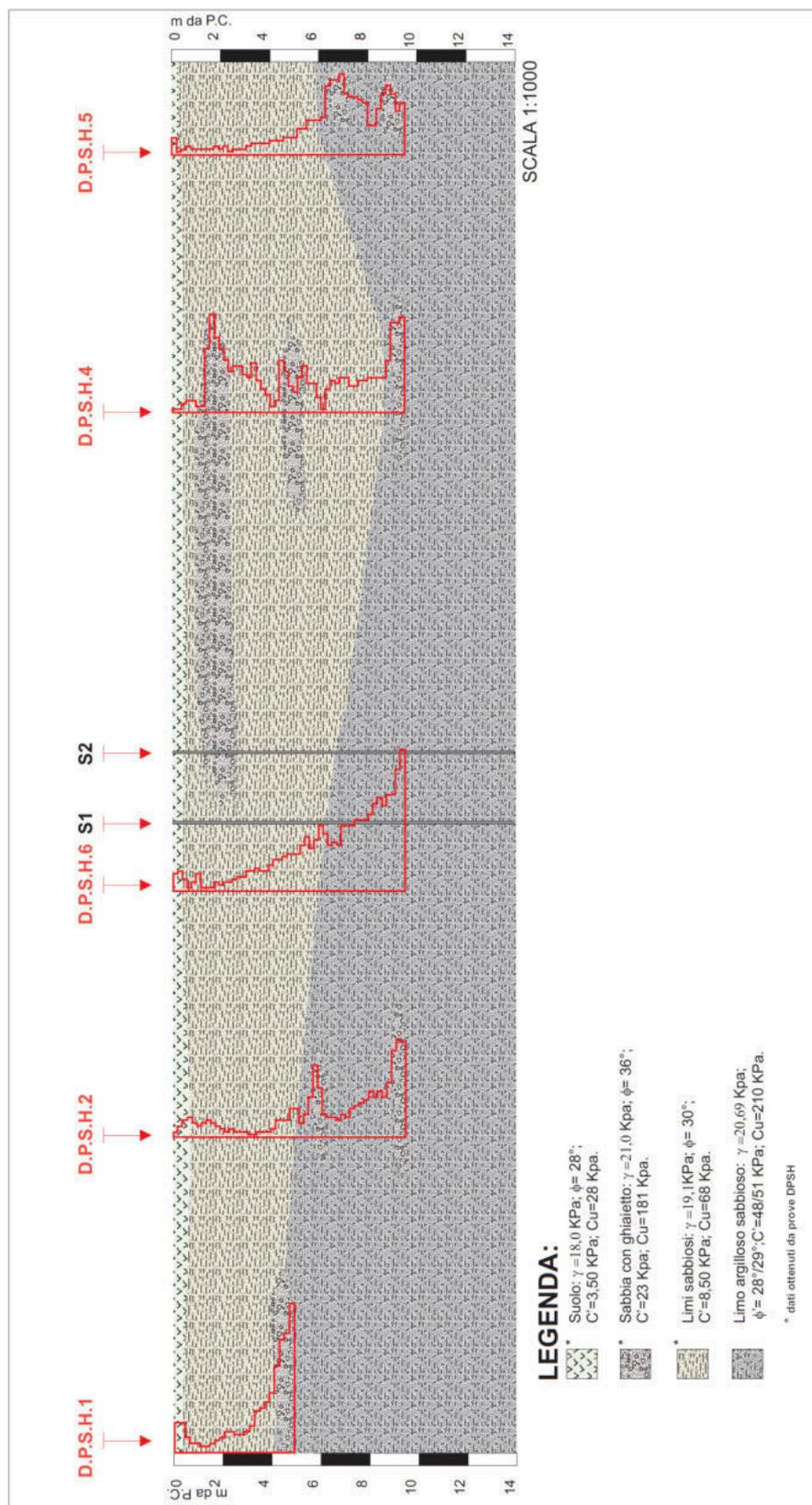
Di seguito la sezione geotecnica rilevata nel dettaglio per la zona ponte.





Di seguito la sezione geotecnica per la viabilità in progetto.





8.2 - Valori caratteristici dei parametri geotecnici

I valori caratteristici dei parametri geotecnici da attribuire ai terreni sono stati ottenuti mediante prove di laboratorio e attraverso l'interpretazione dei risultati di prove e misure in sito.

Per valore caratteristico di un parametro geotecnico si intende ai sensi della sez. 6.2.2 delle NTC (2018) una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro nello stato limite considerato.

I valori caratteristici dei parametri utili per le verifiche geotecniche, relativi alle tre unità litotecniche individuate, sono riportati nella seguente tabella 14:

Unità litologica	Peso di volume	Angolo di attrito	Coesione drenata	Coesione non drenata
	γ (kPa)	ϕ (°)	C' (KPa)	Cu (KPa)
A	18 ÷ 21	28 ÷ 36	3,5 ÷ 23	28 ÷ 181
B	18,6 ÷ 19,1	29 ÷ 30	5,5 ÷ 8,5	44 ÷ 68
C	20,25 ÷ 20,92	28 ÷ 29	22 ÷ 53	158 ÷ 280

TABELLA 14 – RIEPILOGO PARAMETRI GEOTECNICI

9. Caratterizzazione dei materiali per rilevato

Per la caratterizzazione dei materiali da utilizzare per la realizzazione del rilevato, sono stati eseguiti venti saggi con escavatore durante i quali sono stati prelevati dei campioni sottoposti ad analisi granulometrica e analisi di consistenza per l'idoneità all'utilizzo per rilevati stradali. L'ubicazione dei campionamenti è riportata in figura 11 mentre nella sottostante tabella 15 si riportano i risultati delle analisi e prove geotecniche di laboratorio, prove di costipamento, indice di portanza CBR.

Sugli stessi campioni sono stati eseguiti anche delle analisi chimiche per valutare la percentuale di sostanza organica presente all'interno degli stessi terreni.

I materiali analizzati sono rispondenti all'utilizzo per rilevati.

Campione	Profondità m	Proctor Modificato		γ_s kN/m ³	W %	ANALISI GRANULOMETRICA				LIMITI DI ATTERBERG			CLASS. 10000	Sostanze Organiche %	CBR %
		γ_{dmax} kN/m ³	W_{opt} %			G %	S %	L %	A %	LL %	LP %	IP %			
C1	0-2	19,06	9,9	25,47	18	1	19	60	20	27	23	4	A4(3)	1,5	17
C2	0-1	19,18	10,1	26,16	19	2	34	47	17	25	21	4	A4(6)	1,6	19
C3	0-1	20,29	8,0	26,17	15	18	34	33	15	28	23	5	A4(3)	1,8	11
C4	0-1	20,18	8,9	26,11	14	11	41	34	14	22	19	3	A4(3)	1,1	15
C5	0-2	19,23	11,0	25,60	18	1	27	54	18	26	22	4	A4(8)	1,7	25
C6	0-2	19,74	10,0	26,87	19	8	32	45	15	25	22	3	A4(6)	1,8	21
C7	0-1	20,40	10,5	26,68	11	7	44	37	12	24	20	4	A4(4)	1,9	23
C8	0-1	18,85	11,0	25,67	19	0	22	55	23	29	24	5	A4(8)	2,4	11
C9	0-1	19,12	9,8	26,23	18	5	17	57	21	29	22	7	A4(8)	2,2	8
C10	0-1	19,40	10,3	25,12	18	1	30	49	20	26	21	5	A4(7)	2	10
C11	0-1	19,14	9,9	26,03	19	3	30	51	16	27	24	3	A4(7)	1,9	23
C12	0-1	18,95	9,4	25,90	9	0	27	54	19	28	24	4	A4(8)	2,5	15
C13	0-1	18,92	11,5	25,85	9	10	32	41	17	29	24	5	A4(5)	2,4	13
C14	0-1	18,86	9,7	25,80	8	10	35	38	17	30	23	7	A4(5)	2,4	10
C15	0-2	19,04	10,9	25,23	7	4	28	50	18	25	21	4	A4(7)	2,9	21
C16	0-2	18,71	10,8	25,56	10	3	25	52	20	30	23	7	A4(8)	2,2	21
C17	0-1	19,77	8,5	26,57	7	17	38	31	14	24	20	4	A4(2)	1,3	16
C18	0-1	18,84	9,6	25,55	14	11	11	46	32	36	25	11	A6(8)	0,3	6
C19	0-1	19,13	8,9	25,13	12	8	21	43	28	34	24	10	A4(7)	2,4	5
C20	0-1	19,37	9,7	25,70	16	5	44	38	13	25	22	3	A4(4)	1,4	9

TABELLA 15 – RIEPILOGO ANALISI CAMPIONI DA SAGGI

I certificati completi delle analisi eseguite sono riportati in allegato A6.

10. Prove Lefranc

10.1 - Scopo

Lo scopo della presente istruzione operativa è quello di descrivere e definire le modalità di installazione ed esecuzione della prova di permeabilità in sito tipo Lefranc.

Le suddette prove, che permettono di determinare la permeabilità di terreni, sono state eseguite al di sopra del livello di falda.

10.2 - Campo di applicazione

La prova è destinata a misurare la conducibilità idrica del terreno; a seconda della geometria realizzata in corrispondenza del tratto di foro prescelto e quindi della direzione del flusso che si instaura durante la prova, la permeabilità misurata sarà quella orizzontale (K_h), quella verticale (K_v) o una media tra le due ($K_h \cdot K_v$).

Si esegue misurando gli assorbimenti di acqua, facendo filtrare quest'ultima attraverso un tratto di foro predeterminato.

È una prova di permeabilità da eseguirsi in fase di avanzamento della perforazione in terreni non rocciosi, sotto falda o fuori falda, in quest'ultimo caso dopo avere saturato con acqua il terreno.

Nel caso di terreni a conducibilità non elevata si esegue a carico idraulico variabile.

Per l'esecuzione della prova è necessario che le pareti del foro siano rivestite con tubo di rivestimento per tutto il tratto non interessato alla prova.

10.3 - Norma di riferimento

A.G.I. - Associazione Geotecnica Italiana (1977): Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche

10.4 - Modalità esecutive

Metodo a carico idraulico variabile

Il metodo a carico idraulico variabile sarà eseguito mediante:

- riempimento con acqua fino alla estremità del rivestimento;
- misura del livello dell'acqua all'interno del tubo (senza ulteriori immissioni) a distanza di 15", 30", 1', 2', 3', 4', 5', 10', 15', 25', 30' dall'inizio dell'abbassamento, fino all'esaurimento del medesimo o al raggiungimento del livello di falda.

Nella prova a carico variabile è misurata la velocità di riequilibrio del livello idrico dopo averlo alterato mediante immissione (generalmente fino a piano campagna) di acqua in foro. La prova consiste nell'eseguire alcune letture di livello dell'acqua in foro (h) a frequenti intervalli di tempo (t) annotando sia il livello dell'acqua sia il tempo di ciascuna lettura.

Di seguito si riporta una tabella riepilogativa della profondità a cui è stata eseguita la prova e del valore di permeabilità riscontrato:

Identificativo piezometro	Profondità prova Lefranc (metri da p.c.)	Valore di permeabilità Kh (m/sec)
S2 - 1	3,0 – 4,0	1,11E-06
S2 - 2	5,0 – 6,0	2,83 E-05

TECNA Srl

CQOP SOA
CONTRATTORI QUALIFICATI OPERE PUBBLICHE
OS 21 : I OS 20 - B : I
Attestazione: 47737/10/00

CSI CERT
ISO 9001

PROVA DI PERMEABILITÀ LEFRANC - PROVA PER IMMISSIONE A CARICO VARIABILE

COMMESSA n°: 120 del 21/05/19 CERTIFICATO n°: 450 del 23/09/19

COMMITTENTE: **Consorzio di Bonifica 3 Medio Valdarno**

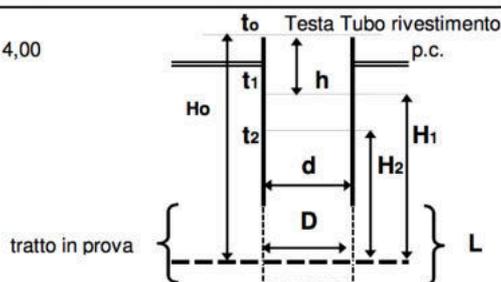
CANTIERE: **Torrente Orme - Empoli - FI**

SONDAGGIO n°: **S2**

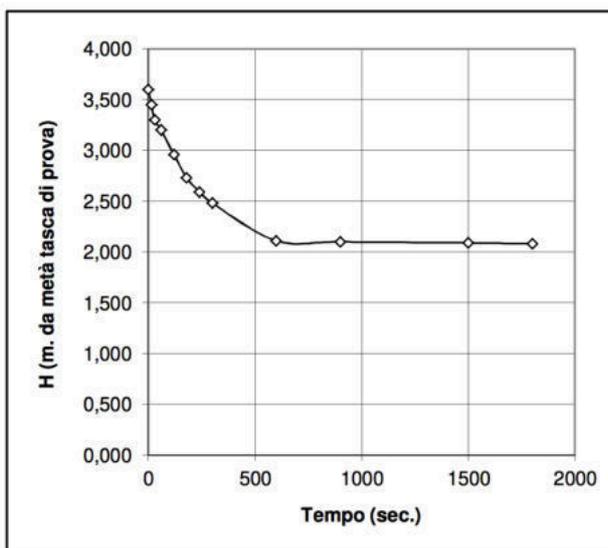
PROVA n°: **1**

DATA: **02/09/19**

TRATTO IN PROVA m da p.c. da 3,00 a 4,00
 TEMPO DI PROVA minuti 30,00
 PROFONDITÀ FONDO FORO m da p.c. -4,00
 PROFONDITÀ RIVESTIMENTO m da p.c. -3,00
 ALTEZZA T.T. RIVESTIMENTO m da p.c. 0,10
 LIVELLO DELLA FALDA m da p.c. Assente
 LUNGHEZZA TASCA L m 1,00
 DIAMETRO TASCA D m 0,101
 DIAMETRO RIVESTIMENTO d m 0,107



t (sec)	Livello da T.T. (m)	h m da p.c.	H m	K m/sec
0	0,000	0,100	3,600	
15	-0,150	-0,050	3,450	1,21E-05
30	-0,300	-0,200	3,300	1,27E-05
60	-0,400	-0,300	3,200	4,39E-06
120	-0,640	-0,540	2,960	5,56E-06
180	-0,870	-0,770	2,730	5,77E-06
240	-1,010	-0,910	2,590	3,75E-06
300	-1,120	-1,020	2,480	3,09E-06
600	-1,490	-1,390	2,110	2,30E-06
900	-1,500	-1,400	2,100	6,77E-08
1500	-1,510	-1,410	2,090	3,40E-08
1800	-1,520	-1,420	2,080	6,84E-08



K = 4,53E-06 m/sec
media sull'intero intervallo

K = 1,11E-06 m/sec
media sul tratto ad abbassamento uniforme

LITOLOGIA TRATTO IN PROVA: **Sabbie Argillose**

Lefranc S2 CC Medio Valdarno sett 2019 Torrente Orme.xls

TECNA

Srl

CQOP SOA
CONTRATTI QUALIFICATI OPERE PUBBLICHE
OS 21 : I OS 20-B : I
Attestazione: 47737/10/00



PROVA DI PERMEABILITÀ LEFRANC - PROVA PER IMMISSIONE A CARICO COSTANTE

COMMESSA n: 120 del 21/5/19 CERTIFICATO n: 451 del 23-set

COMMITTENTE: **Consorzio di Bonifica 3 Medio Valdarno**

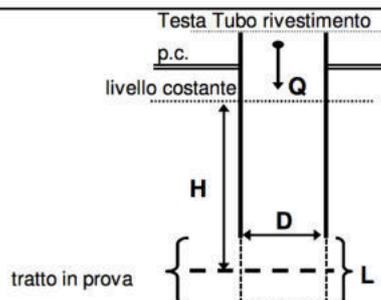
CANTIERE: **Torrente Orme - Empoli - FI**

SONDAGGIO n°: **S2**

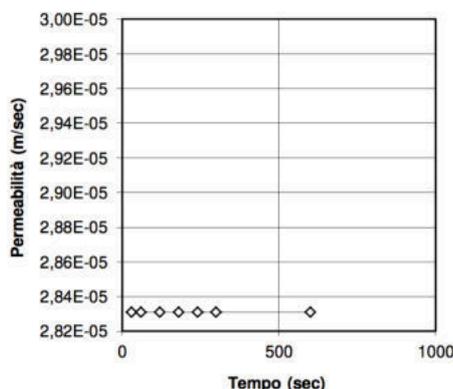
PROVA n°: **2**

DATA: **02/09/19**

TRATTO IN PROVA	m da p.c. da	5,00	a	6,00
TEMPO DI PROVA	minuti	30,00		
PROFONDITÀ FONDO FORO	m da p.c.	-6,00		
PROFONDITÀ RIVESTIMENTO	m da p.c.	-5,00		
ALTEZZA T.T. RIVESTIMENTO	m da p.c.	0,10		
LIVELLO DELLA FALDA	m da p.c.	assente		
LUNGHEZZA TASCA	L m	1,00		
DIAMETRO FORO	D m	0,101		
LIVELLO COSTANTE	H m da liv. falda	5,60		



t	Litri immessi	Litri immessi nell'intervallo di tempo	Intervallo di lettura ΔT	Q	K
sec	l	l	sec	m ³ /sec	m/sec
0	0,0				
30	10,0	10,000	30	0,00033	2,83E-05
60	20,0	10,000	30	0,00033	2,83E-05
120	40,0	20,000	60	0,00033	2,83E-05
180	60,0	20,000	60	0,00033	2,83E-05
240	80,0	20,000	60	0,00033	2,83E-05
300	100,0	20,000	60	0,00033	2,83E-05
600	200,0	100,000	300	0,00033	2,83E-05



Km = 2,83E-05 m/sec
Permeabilità media

LITOLOGIA TRATTO IN PROVA: **Sabbie argillose**

11. Indagine sismica (down hole e sismica a rifrazione)

Secondo quanto emerso dall'indagine sismica in foro eseguita nel sondaggio S1 e dalla sismica di superficie, redatta dalla Ditta GeoMa di Marco Marzupini, la cui relazione completa è riportata in allegato A7, emerge che la categoria di suolo attribuita ai terreni indagati rispetto alle norme tecniche per le costruzioni (N.T.C. 2018) il sito in esame rientra quindi nella **categoria 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.*).

12. Sismicità dell'area

Il fondamento giuridico della zona 3S, introdotta con la delibera di Giunta n. 431/2006 (con la funzione amministrativa di determinazione del campione da assoggettare a verifica), era rappresentato dal comma 3bis dell'art. 96 della l.r. n. 1/2005, che è stato abrogato dalla l.r. 4 del 31 gennaio 2012.

Con la Delibera n°878 del 10 ottobre 2012 si è cercato di superare la zona 3s e di verificare per quali comuni è possibile ipotizzare l'inserimento in zona sismica 2 e per quali la conferma in zona sismica 3.

I metodi utilizzati per l'aggiornamento della classificazione sismica regionale, sono stati distinti in base a tre step di approfondimento:

- **STEP 1:** selezione dei comuni di zona 3 e 3s con presenza di aree ad accelerazione $a_g > 0,15 g$;
- **STEP 2:** calcolo per ognuno dei suddetti comuni della percentuale di area ad accelerazione $a_g > 0,15g$;
- **STEP 3:** calcolo per ognuno dei comuni della percentuale di popolazione residente e di abitazioni presenti in area ad accelerazione $a_g > 0,15 g$.

Secondo la Deliberazione del 26 maggio 2014, n.421, il comune di Empoli è perimetrato in zona 3.

13. Liquefazione dei terreni

Ai fini del D.M. 17/02/2018, il termine liquefazione denota una diminuzione di resistenza al taglio e/o di rigidità causata dall'aumento di pressione interstiziale in un terreno saturo non coesivo durante lo scuotimento sismico, tale da generare deformazioni permanenti espressive o persino l'annullamento degli sforzi efficaci del terreno (il terreno raggiunge condizioni di fluidità pari a quella di una massa viscosa).

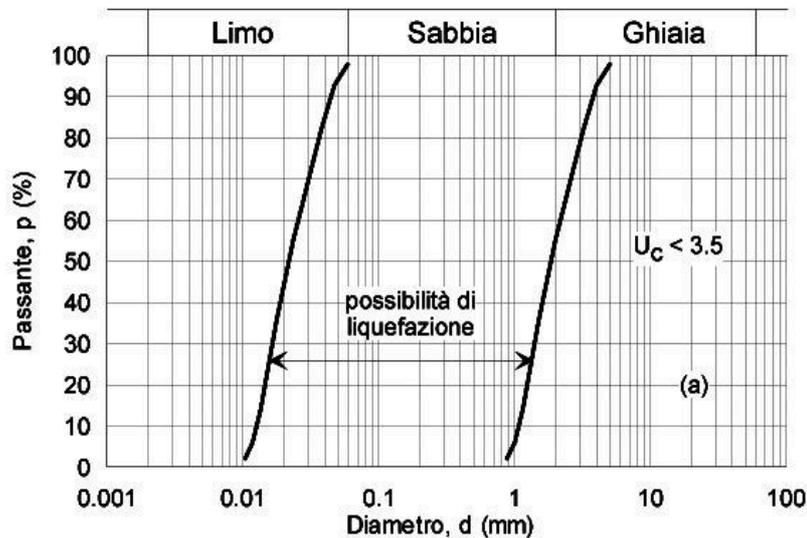
Il verificarsi di fenomeni di liquefazione non necessariamente produce una perdita di funzionalità o un collasso delle strutture interagenti con il terreno.

In base a quanto riportato nella normativa, il sito presso il quale deve essere ubicato un manufatto deve essere stabile nei confronti della liquefazione.

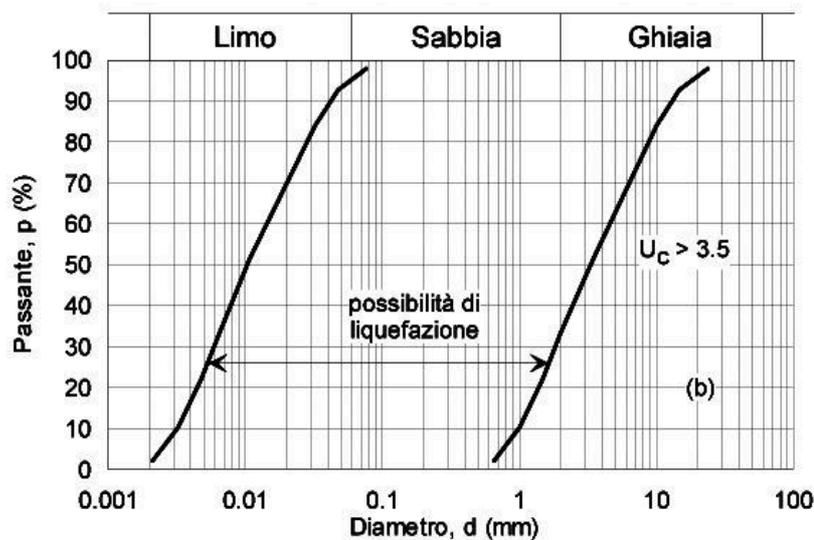
Come riportato nella NTC del D.M. 17/02/2018 (§ 7.11.3.4.2), *la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:*

1. *accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;*
2. *profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;*
3. *depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)60 > 30$ oppure $qc1N > 180$ dove $(N1)60$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e $qc1N$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;*
4. *distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 13(a) nel caso di terreni con*

coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in Fig. 13(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.



a)



b)

FIG. 13 – FUSI GRANULOMETRICI DI TERRENI SUSCETTIBILI DI LIQUEFAZIONE

Per i terreni indagati, si ritiene legittima l'esclusione della verifica a liquefazione per l'insussistenza delle circostanze 3) e 4) verificata con indagini geotecniche dirette.

14. Azione sismica

14.1 – Azione sismica secondo il D.M. 17 febbraio 2018

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione e sono funzione delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche che determinano la risposta sismica locale.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di

campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A come definita al § 3.2.2), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR come definite nel § 3.2.1, nel periodo di riferimento V_R , come definito nel § 2.4. In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica locale dell'area della costruzione.

Ai fini della normativa le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento PVR nel periodo di riferimento V_R , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T'_c valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per i valori di a_g , F_0 e T'_c , necessari per la determinazione delle azioni sismiche, si fa riferimento agli Allegati A e B al Decreto del Ministro delle Infrastrutture 14 gennaio 2008, pubblicato nel S.O. alla Gazzetta Ufficiale del 4 febbraio 2008, n.29, ed eventuali successivi aggiornamenti.

14.2 – Vita nominale e classe d'uso

La **vita nominale** di progetto V_N di un'opera è convenzionalmente definita come il numero di anni nel quale è previsto che l'opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali (Tab. 2.4.1 delle NTC).

La **Classe d'uso** (C_u) è un parametro definito in base all'utilizzo dell'opera oggetto di progettazione (suddivisione in 4 classi, di importanza crescente (§ 2.4.2 delle NTC).

Il **periodo di riferimento** V_R di una costruzione, valutato moltiplicando la vita nominale V_N (espressa in anni) per il coefficiente d'uso della costruzione C_u , riveste notevole importanza in quanto, assumendo che la legge di ricorrenza dell'azione sismica sia un processo Poissoniano, è utilizzato per valutare, fissata la probabilità di superamento P_{VR} corrispondente allo stato limite considerato (Tabella 3.2.1 della NTC), il periodo di ritorno T_R dell'azione sismica cui fare riferimento per la verifica.

Di seguito si riportano i valori calcolati secondo quanto previsto sopra per l'area in esame, riferiti ai T_R previsti.

$$V_R = V_N \times C_u$$

Il valore del coefficiente d'uso C_u è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato in Tab. 2.4.II.

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_u	0,7	1,0	1,5	2,0

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella Tab. 3.2.I.

Tab. 3.2.I – Probabilità di superamento P_{VR} in funzione dello stato limite considerato

Stati Limite	P_{VR} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Per ciascuno stato limite e relativa probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R si ricava il periodo di ritorno T_R del sisma utilizzando la relazione:

$$T_R = -V_R / \ln(1 - P_{VR}) = -C_U V_N / \ln(1 - P_{VR})$$

14.3 - Condizioni topografiche

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:

Categoria	Caratteristica della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Per l'area d'intervento si assume una categoria topografia T1.

14.4 – Categoria di suolo

Il criterio di classificazione riportato dal D.M. 17/02/2018, mi dice che qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_s . I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità V_s per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2. Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II.

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

Categoria	Descrizione
A	<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	<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.
C	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente 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 180 m/s e 360 m/s.
D	<i>Depositati 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.
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Dalle indagini eseguite si attribuisce al terreno di fondazione una categoria B.

15. Conclusioni

Su incarico del Consorzio di Bonifica 3 Medio Valdarno, è stato redatto uno studio geologico, geotecnico, idrogeologico e sismico dei terreni interessati dagli interventi sul Torrente Orme e dalla realizzazione del nuovo tracciato di via delle Coltelline, tutto nel comune di Empoli (FI).

In conformità a quanto emerso nel corso del presente studio, si pone l'accento su quanto segue:

- L'area si trova nella zona valliva del Torrente Orme.
- La stessa area è caratterizzata da quote comprese tra circa 57 e 60 metri s.l.m., in un'area pianeggiante in cui le uniche forme di dissesto, come dimostrato anche dalla cartografia dello SUC, sono legate ad eventuali fenomeni erosivi delle sponde fluviali dello stesso Torrente Orme.
- L'area di studio si trova nella valle prossima al Torrente Orme, che, secondo quanto emerso dalla DB della Regione Toscana è caratterizzata dalla presenza di depositi alluvionali distinti prevalentemente dai depositi alluvionali grossolani (ghiaie e sabbie) trasportati dai torrenti.
- La categoria di sottosuolo, per i terreni indagati è la B.
- Durante l'esecuzione dei sondaggi geognostici spinti fino alla profondità di 33 metri da locale p.c., è stato rilevato un livello freatico a quota di -2,0 metri nel sondaggio S1 e -15 metri nel sondaggio S2.

Dott. Geol. Lorenzo Cirri

Dott. Geol. Tamara Cantini Casserini

