

**COMUNE DI EMPOLI**  
**PROVINCIA DI FIRENZE**

**LAVORI DI RISTRUTTURAZIONE DELL' ASILO NIDO  
STACCIABURATTA MEDIANTE PARZIALE DEMOLIZIONE E NUOVA  
COSTRUZIONE, NUOVA VIABILITA' E NUOVO VERDE PUBBLICO**

***Relazione Geologica***  
***(D.M. 17/01/2018)***



Studio Geodelta di Dott. Geol. Benedetta Chiodini  
Via Italo Scotoni n° 14 - 52044 Cortona (AR)  
Tel +39 0575 630198 Cell +39 3311705446  
geodelta@technet.it

Geol. Benedetta Chiodini



Marzo 2022

## INDICE

PREMESSA	pag. 1
NORMATIVA DI RIFERIMENTO	pag. 1
SINTESI DELLE CONOSCENZE	pag. 2
ASPETTI IDRAULICI L.R. 41/2018	pag. 5
METODOLOGIA OPERATIVA	pag. 6
CONSIDERAZIONI GEOMORFOLOGICHE E LITOSTRATIGRAFICHE	pag. 7
INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	pag. 9
ANALISI DEI DATI DI BASE	pag. 10
INDAGINI GEOGNOSTICHE	pag. 13
VALUTAZIONI SUL FENOMENO DELLA LIQUEFAZIONE	pag. 17
CARATTERIZZAZIONE FISICO-MECCANICA DEL SOTTOSUOLO	pag. 17
STABILITÀ DEL SITO	pag. 19
TERRE E ROCCE DI SCAVO	pag. 19
VITA NOMINALE CLASSE D'USO PERIODO DI RIFERIMENTO	pag. 20
CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO	pag. 21
CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	pag. 23

## PREMESSA

A seguito di procedura di affidamento a RTP del Comune di Empoli è stata redatta la presente relazione geologica a supporto del progetto relativo a “Lavori di ristrutturazione dell’Asilo Nido Stacciaburatta mediante parziale demolizione e nuova costruzione, nuova viabilità e nuovo verde pubblico”

La struttura di nuova realizzazione si sviluppa su un unico piano fuori terra con una conformazione ovale che si adatta alla forma del lotto; la superficie edificata prevista è pari a circa 1000 mq per un’altezza di circa 4,5 m.

Ai sensi del D.P.G.R. n. 36/r del 2009, art. 7 comma 3, la classe di indagine relativa all’intervento per volumetria risulta 3 considerando la tipologia di intervento rilevante “Strutture per l’istruzione sia pubblica che privata” la classe di indagine è stata considerata 4, riferita ad opere di volume lordo superiore a seimila metri cubi o, in ogni caso, se l’altezza in gronda è superiore a venti metri. Con riferimento a tale classe d’indagine, la categoria di suolo di fondazione e le geometrie sepolte si determinano mediante prove sismiche in foro. La definizione dei parametri geotecnici è basata su sondaggi geognostici”.

Lo studio condotto ai sensi della norma vigente e dello stato dell’arte, è stato finalizzato, alla ricostruzione del modello geologico, che è condizione necessaria per la definizione del successivo modello geotecnico che fa parte della relazione d’opera geotecnica.

Sono stati quindi ricostruiti i caratteri litologici, stratigrafici, idrogeologici, geomorfologici e complessivamente di pericolosità geologica del territorio che – sono alla base della **modellazione** geologica.

Sono stati inoltre visionati i dati di base (indagini geognostiche del territorio) che fanno parte integrante del Piano Operativo.

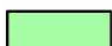
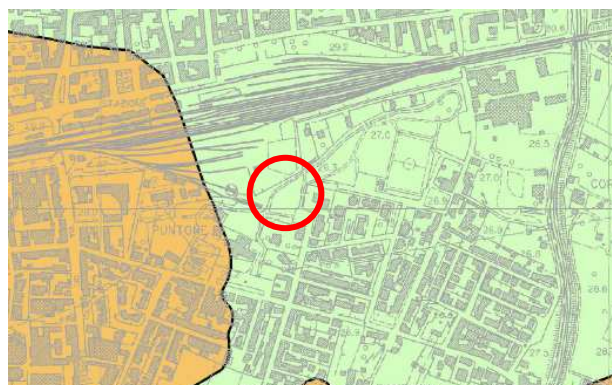
## NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- Variante al Piano Strutturale del Comune di Empoli, Relazione Geologica, gennaio 2013;
- Regolamento Urbanistico Comune di Empoli – approvato con D.D.C. 04/11/2013
- 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 – Ufficio Tecnico Genio Civile di Area Vasta Firenze-Prato-Pistoia-Arezzo - Comune di Empoli, giugno 2013;
- Legge Regionale n.41, 24 luglio 2018
- Piano di Gestione del Rischio Alluvioni Distretto Appennino Settentrionale (PGRA);
- Deliberazione GRT n. 421 del 26/05/2014: “Aggiornamento della classificazione sismica regionale in attuazione dell’O.P.C.M. 3519 /2006 ed ai sensi del D.M. 14.01.2008 – Revoca della DGRT 431/2006”.
- D.M. 17 gennaio 2018 “Norme Tecniche per le Costruzioni e Circolare esplicativa NTC 2018 21/01/2019

## SINTESI DELLE CONOSCENZE

La zona di intervento è stata oggetto di studi geologico-tecnici a livello territoriale che hanno interessato il Comune di Empoli in occasione della stesura del Piano Strutturale e della redazione del Regolamento Urbanistico.

### **Variante al Piano Strutturale 2013** **Carta della pericolosità geologica – TAV.1.12**

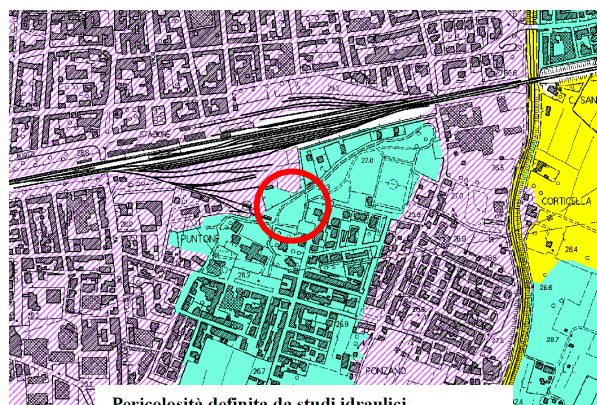


**G2 PERICOLOSITA' GEOLOGICA MEDIA**

Aree in cui sono presenti fenomeni franosi inattivi e stabilizzati (naturalmente o artificialmente); aree con elementi geomorfologici, litologici e giaciturali dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto; corpi detritici su versanti con pendenze inferiori al 20%.

*La struttura oggetto di intervento si colloca in un territorio urbanizzato, morfologicamente pianeggiante inserito ricadente in zona a pericolosità geologica media G2 con bassa propensione al dissesto. L'approfondimento di indagine non ha evidenziato problematiche particolari e/o incongruenze rispetto a quanto definito prima analisi dei dati di base esistenti non ha evidenziato particolari rischi legati alle condizioni di pericolosità di base.*

### **Carta della pericolosità idraulica ai sensi del D.P.G.R. n° 53 R/2011-Tavola 6.1**



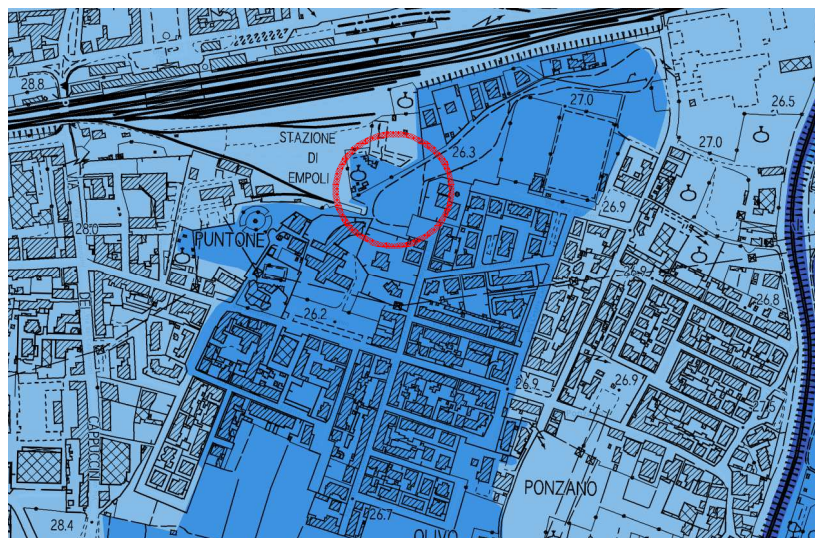
Pericolosità definita da studi idraulici



**I3 Pericolosità idraulica elevata**

*Per il lotto oggetto di intervento la pericolosità idraulica deriva è stata definita sulla base di studi idraulici ed è risultata elevata I3 che corrisponde a  $30 < Tr < 200$*

**Piano di Gestione del Rischio Alluvioni  
Distretto Appennino Settentrionale (PGRA)**



**PGRA Pericolosità**

Pericolosità Dominio Costiero

- P2
- P3

Pericolosità Dominio Fluviale

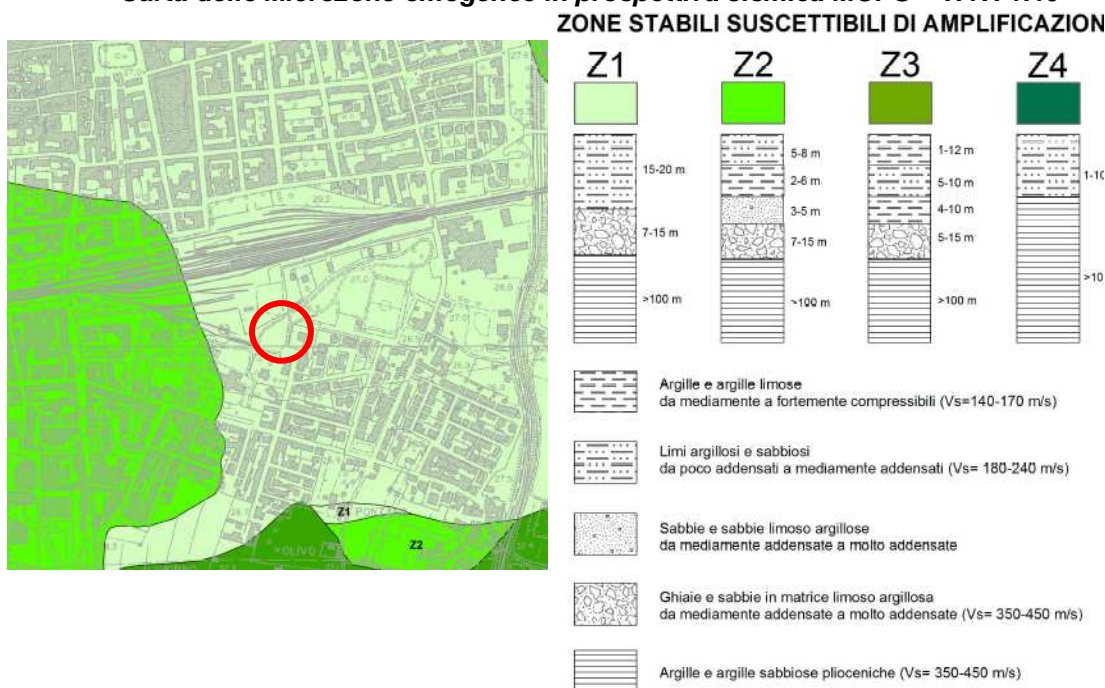
- P1
- P2
- P3

CTR 10k Liguria, area Levante



*L'intervento in oggetto rientra in area a pericolosità idraulica P2 media ai sensi del PGRA Piano di Gestione del Rischio Alluvioni Distretto Appennino Settentrionale, corrispondente ad aree soggette a pericolosità da alluvione per eventi con tempo di ritorno maggiore di 30 anni e minore o uguale a 200 anni.*



**Carta della pericolosità sismica – TAV.1.13****Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica MOPS – TAV. 1.10**

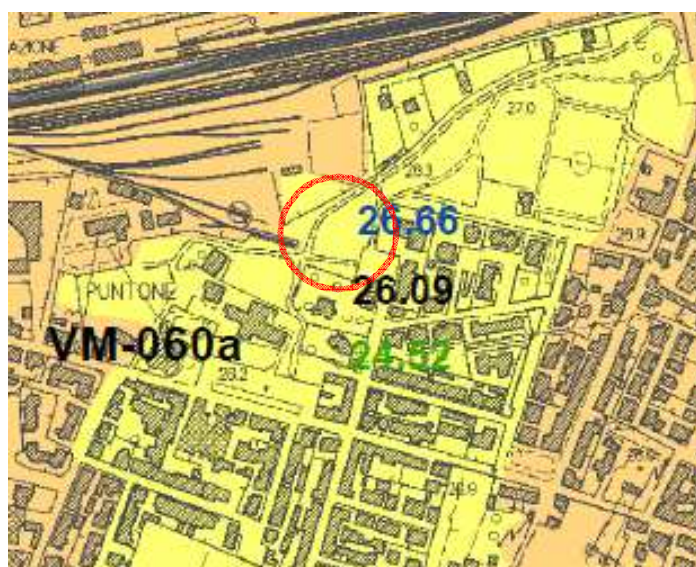
La valutazione puntuale del sito dove sorge la struttura e l'approfondimento delle indagini ha permesso di confermare la pericolosità sismica definita e l'assenza nello spessore investigato la  $V_s$  aumenta gradualmente e non sono stati evidenziati contatti di impedenza sismica. Si possono attribuire al sito di imposta della struttura le caratteristiche litostratigrafiche individuate per la zona omogenea **Z1** definita nella cartografia MOPS con approfondimento relativo a possibili instabilità legate a fenomeni di liquefazione.


## ASPETTI IDRAULICI L.R. 41/2018

La superficie oggetto di intervento rientra in classe di **pericolosità idraulica elevata I.3** ai sensi del DPGR 53/2011 come definita negli studi idraulici a supporto del Nuovo Regolamento Urbanistico del Comune di Empoli; si tratta di aree soggette a esondazioni per eventi con tempo di ritorno maggiore di 30 anni e minore uguale a 200 anni; nello studio sono stati definiti i livelli idrometrici corrispondenti ai tempi di ritorno (30 100 e 200 anni).

La carta della pericolosità idraulica del PGRA inserisce l'area d'intervento in pericolosità idraulica P2 media, soggetta pertanto ad esondazioni per eventi con tempo di ritorno maggiore di 30 anni e minore uguale a 200 anni. La zona è quindi da considerarsi in sicurezza per eventi trentennali ma soggetta a rischio per eventi duecentennali.

**Carta dei livelli – Empoli Ovest -Tavola.8.1**



<b>H200</b>	Livello idrometrico [m s.l.m.] per eventi con tempi di ritorno Tr200
<b>H100</b>	Livello idrometrico [m s.l.m.] per eventi con tempi di ritorno Tr100
<b>H30</b>	Livello idrometrico [m s.l.m.] per eventi con tempi di ritorno Tr30
<b>VD39a</b>	Area di potenziale esondazione
	Limiti aree a pericolosità idraulica I3

Le aree ricadenti nei limiti della pericolosità idraulica I3 con quote del terreno superiori ai livelli idrici riportati nella presente Tavola sono soggette al transito delle esondazioni e convenzionalmente si assume un battente idrico di +0.3 m sul piano campagna

Come definito nella cartografia sopra riportata per le aree ricadenti nei limiti della pericolosità idraulica **I.3** con quote del terreno superiori ai livelli idrici indicati sono soggette al transito delle esondazioni e si assume convenzionalmente un battente di 30 cm sul piano campagna che consente di definire la magnitudo idraulica come moderata ai sensi della L.R. 41/2018.

La superficie di imposta del nuovo intervento si colloca in un'area dove le quote sono variabili, secondo il DB topografico della Regione Toscana da 27 a 28 m s.l.m. superiori al battente al battente statico indicato negli studi a supporto del RU comunale sopra riportato.

Secondo la terminologia delle L.R. 41/2018 l'area risulta quindi classificabile come soggetta ad alluvioni poco frequenti e magnitudo idraulica moderata  
L'intervento previsto rientra nel comma 2 dell'art.12 (LR 41/2018) per cui è necessario realizzare una delle opere di cui all'art.8 comma1 lettere a), b) o c.

*Art. 8*

*Opere per la gestione del rischio di alluvioni*

1. La gestione del rischio di alluvioni è assicurata mediante la realizzazione delle seguenti opere finalizzate al raggiungimento almeno di un livello di rischio medio R2:

- a) opere idrauliche che assicurano l'assenza di allagamenti rispetto ad eventi poco frequenti;
- b) opere idrauliche che riducono gli allagamenti per eventi poco frequenti, conseguendo almeno una classe di magnitudo idraulica moderata, unitamente ad opere di sopraelevazione, senza aggravio delle condizioni di rischio in altre aree;
- c) opere di sopraelevazione, senza aggravio delle condizioni di rischio in altre aree;
- d) interventi di difesa locale.

Pertanto, al fine di rendere fattibile l'intervento in progetto, dovranno essere approfonditi gli aspetti di interconnessione con la LR 41/2018 da valutare sulla base delle quote di progetto in rapporto alla quota di battente più il franco di sicurezza.

## METODOLOGIA OPERATIVA

Per la ricostruzione del modello geologico di base e per la definizione dei parametri necessari alla valutazione della vulnerabilità delle strutture sono stati ricostruiti i caratteri litologici, stratigrafici, idrogeologici, geomorfologici e di risposta sismica.

Lo studio geologico è stato così condotto:

- – esame di dati bibliografici ed informazioni contenute in studi e pubblicazioni riguardanti il territorio investigato;
- – n° 2 prove DMT che hanno raggiunto la profondità rispettivamente di 17,6 e 17,0 metri dal p.c. attuale;
- – n° 2 sondaggio a carotaggio continuo che hanno raggiunto la profondità rispettivamente di 18 e 20 metri dal p.c. attuale;
- – Prelievo di campioni n° 2 sondaggio a carotaggio continuo che hanno raggiunto la profondità rispettivamente di 18 e 20 metri dal p.c. attuale;
- – n° 1 indagine sismica in foro Down Hole;
- – esame dei dati di base sia contenuti nel Piano Strutturale che forniti dall'amministrazione Comunale:
  - PS 303 prova CPT
  - Indagini per realizzazione di edificio scolastico nelle vicinanze del sito di intervento
  - Anno 1999 n° 4 CPT
  - Anno 2021 n° 1 CPT, sondaggio stratigrafico, prove di laboratorio su campione
  - n° 1 MASW; 1 HVSR,



## CONSIDERAZIONI GEOMORFOLOGICHE E LITOSTRATIGRAFICHE



**TR DB Topografico Regione Toscana**

La morfologia dell'area è circa pianeggiante collocata immediatamente a sud della linea ferroviaria, in sinistra idrografica del Torrente Orme che dista circa 800 m. e scorre in direzione nord-sud ad Est del sito di intervento.

Le quote attuali, nella superficie di intervento (DB topografico della Regione Toscana), sono variabili di circa 27,00 a 28,00 m. s.l.m.

La superficie di nuova edificazione, infatti, esterna al resede attuale dell'asilo esistente che sarà in gran parte demolito, è attualmente occupata da giardini pubblici con avvallamenti e modeste variazioni di quota tra i vari punti.

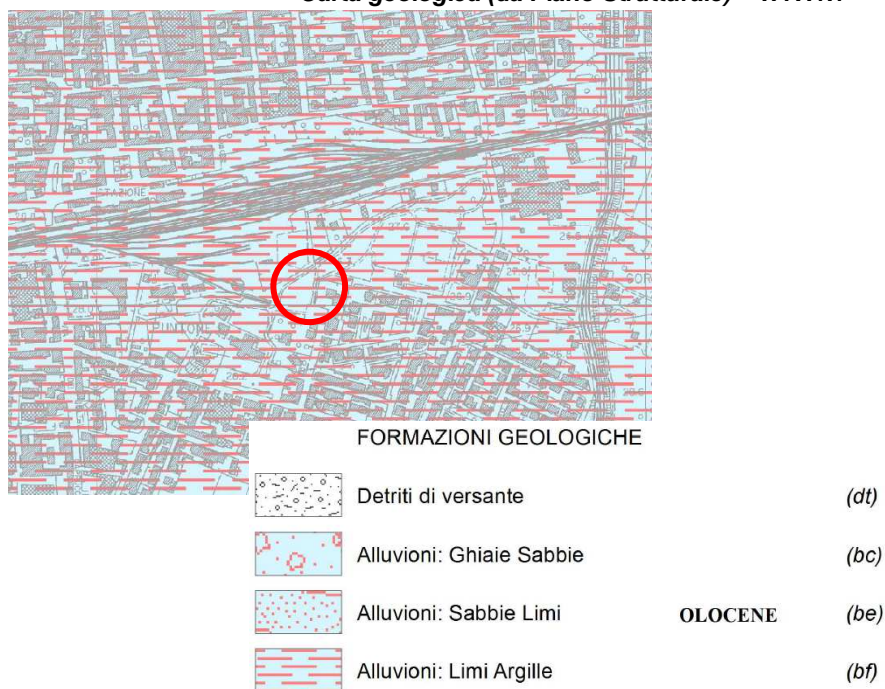
I lineamenti morfologici dalla zona risultano fortemente influenzati dall'attività antropica riferibile a tempi diversi con fasi edificatorie che si sono sovrapposte ai naturali processi morfogenetici.

I terreni naturali affioranti sono coperti da riporti di origine antropica il cui spessore può variare puntualmente.

Per quanto riguarda la pericolosità geologica/geomorfológica non sono evidenziati rischi particolari e la zona ricade in pericolosità media G2 e la situazione puntuale è stata approfondita con indagini geognostiche di dettaglio.

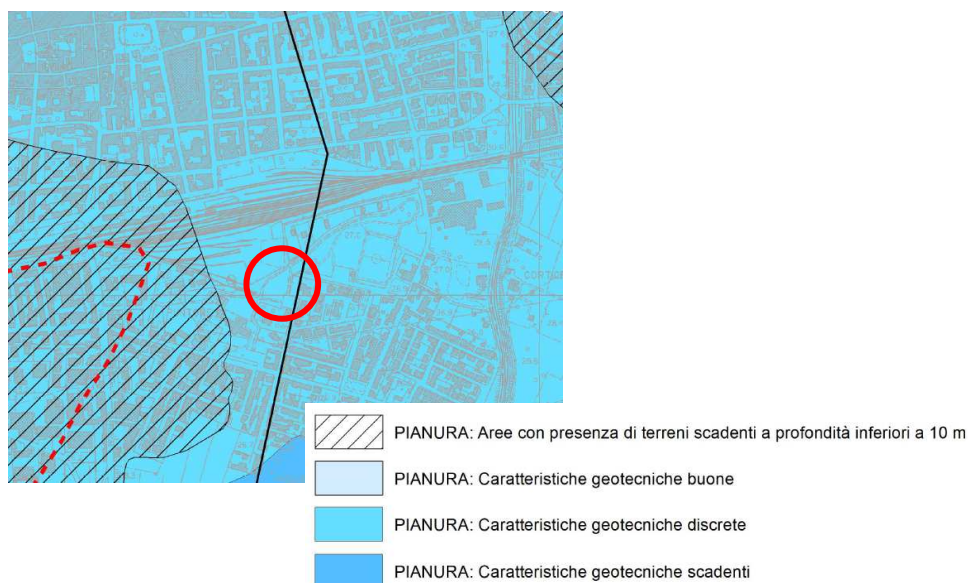
Il rilevamento di superficie e le indagini svolte hanno evidenziato che i terreni affioranti nell'area, appartengono ai depositi alluvionali di ambiente continentale, del Quaternario recente, costituiti in prevalenza da limi, limi argillosi e sabbie. Nella letteratura geologica tali depositi sono indicati come "depositi alluvionali recenti" (bf) e identificati con alluvionali del Torrente Orme che scorre ad Est.

**Carta geologica (da Piano Strutturale) – TAV.1.1**



Nell'indagine geologica a supporto dello S.U. vigente relativa alla caratterizzazione Geolitotecnica la zona rientra in "PIANURA – caratteristiche geotecniche discrete".

**Carta geolitotecnica– TAV.1.5**



L'approfondimento di studio con l'esecuzione di 4 verticali di indagine ha permesso di confermare tale situazione litotecnica e stratigrafica che nella superficie di imposta della nuova struttura si rileva senza variazioni laterali e verticali significative.

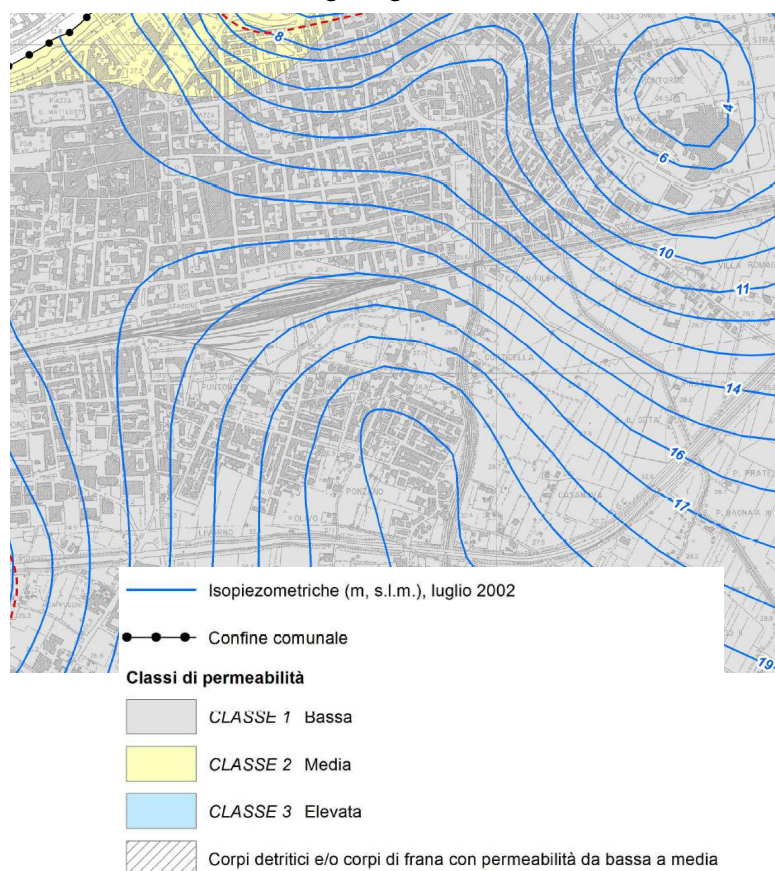
La ricostruzione del modello geologico rappresentativo dei terreni di fondazione (Tavola n°1) ricostruito in base alle indagini puntuali e all'elaborazione dei dati di base esistenti ha evidenziato, al di sotto dello strato con influenze antropiche, la presenza di terreni prevalentemente argillosi e limo argillosi con intervalli limo sabbiosi con argilla.

## INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

L'area è caratterizzata dalla presenza di una linea di drenaggio preferenziale, il Torrente Orme che scorre a circa m. 800 ad Est; per la scarsa permeabilità dei terreni affioranti lo scorrimento delle acque è favorito con un reticolo idrografico ben sviluppato.

Dal punto di vista idrogeologico i terreni affioranti sono caratterizzati da circolazione idrica sotterranea che è legata sostanzialmente alla permeabilità per porosità primaria e quindi strettamente dipendente dalla granulometria e dal grado di addensamento. I bassi valori di permeabilità escludono nei primi metri di sottosuolo una circolazione idrica significativa; piccole falde sospese sono ospitate negli strati limosi e/o limo sabbiosi.

**Carta idrogeologica – TAV.1.4**



Per verificare il livello freatico nel volume significativo individuato per il tipo di intervento il foro di sondaggio S2 che ha raggiunto la profondità di 20 metri dal p.c. è stato strumentato è stato strumentato con piezometro a tubo aperto. Nel corso delle indagini sono state rilevate le seguenti misure.

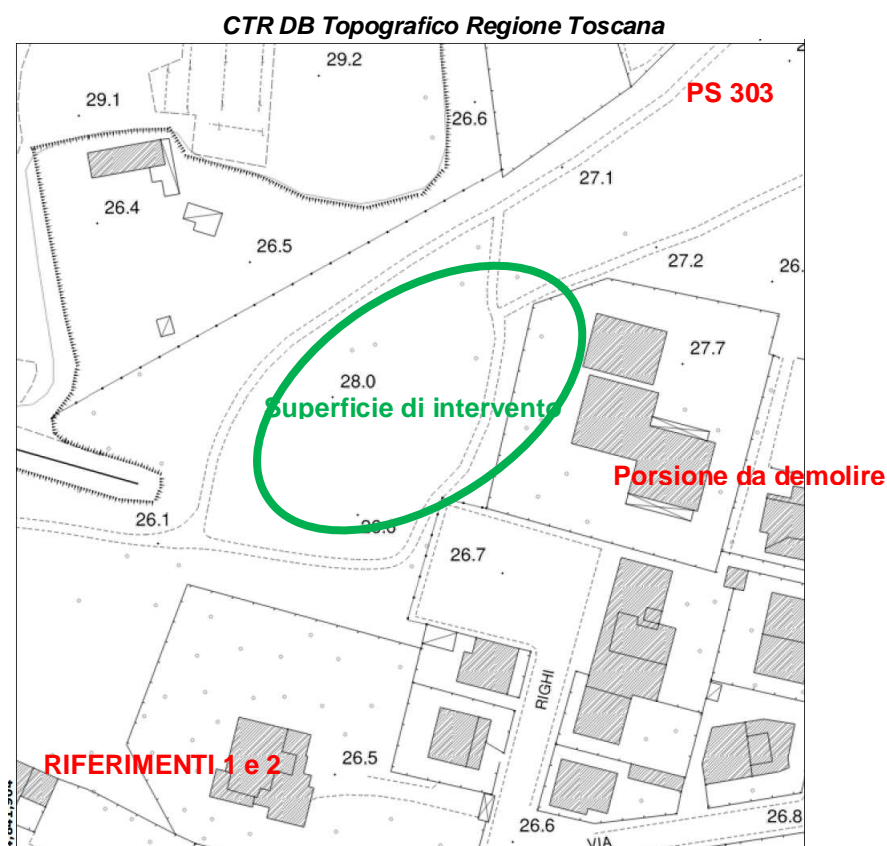
Data	S2 (m da p.c.)
14-02-2022	-5,50
21-03-2022	-5,20

In base a quanto indicato negli strumenti di governo del territorio relativamente alle condizioni idrogeologiche e in base agli approfondimenti di studio si esclude la presenza di un livello freatico che possa interferire con la quota di imposta del nuovo fabbricato nel caso in cui sia predisposto un sistema di fondazione di tipo superficiale.

In ogni caso il piezometro è stato completato con pozzetto per consentire la continuità delle misure per tutte le fasi di cantiere.

## ANALISI DEI DATI DI BASE

Per la ricostruzione del modello geologico di riferimento e quindi per la programmazione della campagna di indagini da realizzare sono stati analizzati approfonditamente i dati contenuti nel Piano Strutturale e quanto contenuto in studi realizzati nelle immediate vicinanze per altre opere pubbliche e forniti dall'Amministrazione Comunale.





*-Progetto di demolizione e ricostruzione ex serra scuola materna di Ponzano, via Ponzano, 43 – Comune di Empoli (FI)-Caratterizzazione, modellazione geologica e modellazione geotecnica preliminare del sito (LUGLIO 2021)*

*Relazione geologico-Tecnica sul terreno di fondazione di un edificio scolastico ad uso Asilo d'infanzia, che sarà realizzato in aderenza all'esistente fabbricato della Scuola Elementare, posta in Via Ponsano n° 41 Empoli (FI) (NOVEMBRE 1995)*

*Dato di piano strutturale contenente una prova CPT*

Prova penetrometrica statica CPT (CPT1/2021) che ha raggiunto la profondità di 10 metri dal p.c.,  
carotaggio Stratigrafico e prelievo di un campione indisturbato, MASW

Profondità dal p.d.c. (m)	Stratigrafia	Stato medio di consistenza
0,00 - 1,40	terreno rimaneggiato e/o di riporto	-
1,40 - 10,00	limo-argilloso con orizzonti argilloso-sabbiosi	medio

CARATTERISTICHE FISICHE			ANALISI GRANULOMETRICA			COMPRESSIONE	
Umidità naturale	22,8	%	Ghiaia	1,0	%	$\sigma_c$	kPa
Peso di volume	19,3	kN/m³	Sabbia	6,7	%	c <sub>u</sub>	kPa
Peso di volume secco	15,7	kN/m³	Limo	49,3	%	$\sigma_{rim}$	kPa
Peso di volume saturo	19,7	kN/m³	Argilla	43,0	%	c <sub>u rim</sub>	kPa
Peso specifico	26,5	kN/m³					
Indice dei vuoti	0,688		D 10	0,000214	mm	TAGLIO DIRETTO	
Porosità	40,8	%	D 50	0,003137	mm		
Grado di saturazione	89,5	%	D 60	0,004660	mm		
Limite di liquidità	47,1	%	D 90	0,045885	mm		
Limite di plasticità	24,8	%					
Indice di plasticità	22,3	%	Passante set. 10	99,0	%	Prova consolidata-lenta	
Indice di consistenza	1,09		Passante set. 42	97,8	%		
Passante al set. n° 42	SI		Passante set. 200	94,3	%	$\phi'$	18,7 kPa
Limite di ritiro		%				$\phi''$	26,4 °
CNR-UNI 10006/00	A7-6	I.G. = 14	PERMEABILITA'			$C'_{Res}$	kPa
			Coefficiente k			$\phi'_{Res}$	°
			cm/sec				

COMPRESSIONE TRIASSIALE					
C.D.	C <sub>d</sub>	kPa	φ <sub>d</sub>	°	
C.U.	C'cu	kPa	φ'cu	°	
	C <sub>cu</sub>	kPa	φ <sub>cu</sub>	°	
U.U.	C <sub>u</sub>	142 kPa	φ <sub>u</sub>	0.0	°

$\sigma$ kPa	E kPa	$C_v$ cm <sup>2</sup> /sec	k cm/sec

## FOTOGRAFIA



OSSERVAZIONI

Tipo di campione: Cilindrico	Qualità del campione: Q 5

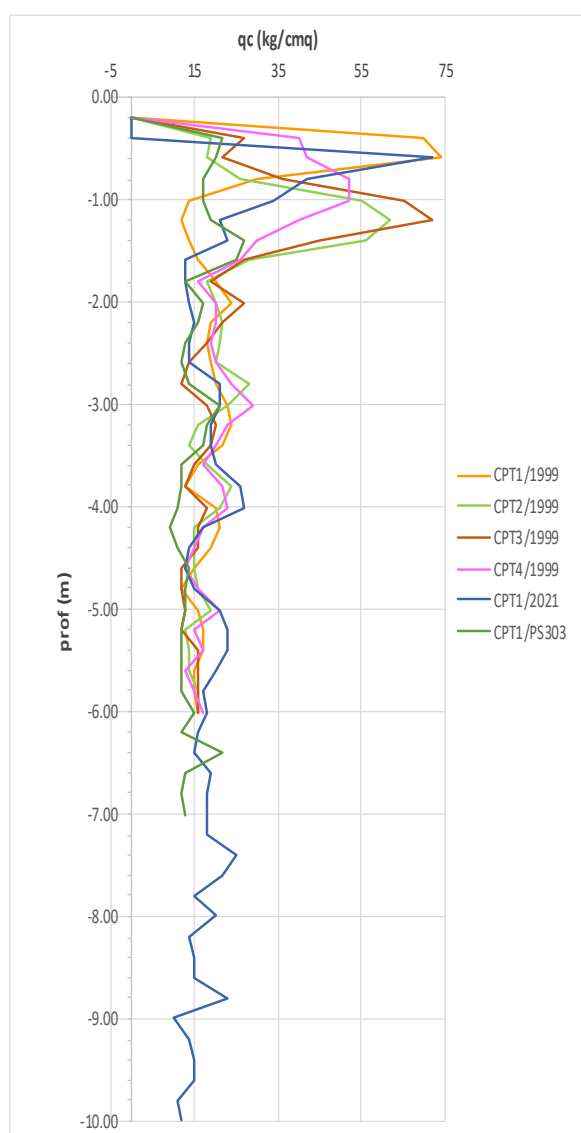
Posizione delle prove					cm	Rp kPa	VT kPa	cm	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
CF	GR	TX	TD		0				Riporto
					10				
					20			20	Limo con argilla debolmente sabbioso MUNSELL SOIL COLOR: 7.5YR 4/3 Brown
					30	350		38	Classificazione del terreno in base alla resistenza al pocket penetrometer e vane test < 24.5 kPa molto molle 24.5 - 49.1 kPa molle 49.1 - 98.1 kPa plastico 98.1 - 196.2 kPa consistente 196.2 - 392.4 kPa molto consistente >392.4 kPa duro



## RIFERIMENTO 2

N° 4 Prova penetrometrica statica CPT (CPT/1999) che hanno raggiunto la profondità di 6 metri dal p.c.

Le prove CPT a disposizione (n° 4 CPT/1999 n° 1 CPT/2021 e n° 1 CPT PS 303) sono state analizzate in unico diagramma per il valore della  $q_c$  in Kg/cm<sup>2</sup> con lo scopo di verificare la continuità laterale delle caratteristiche di resistenza. Data la superficie pressoché pianeggiante e la non conoscenza del rapporto di quota tra le singole prove non si è potuto tenere conto di possibili dislivelli.

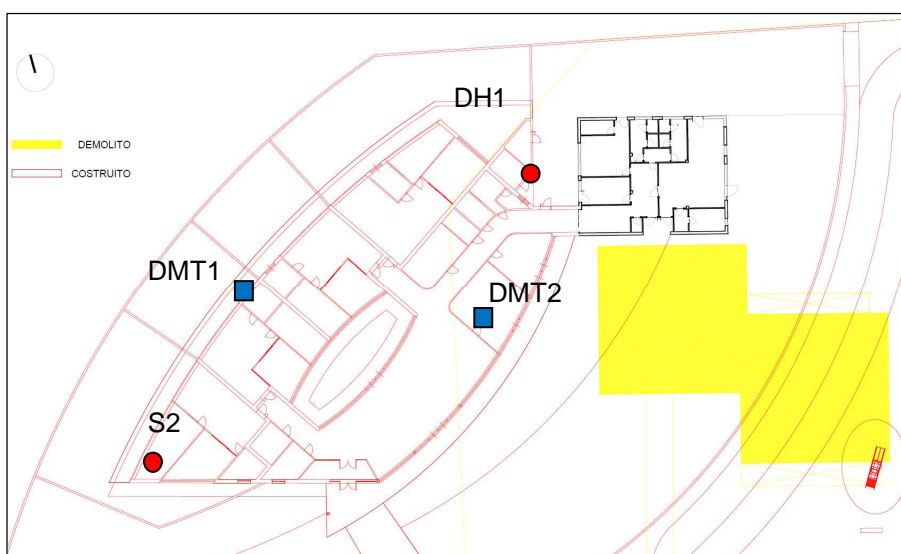


L'analisi comparata delle  $q_c$  ha permesso di mettere in evidenza l'uniformità areale dei terreni per lo spessore di interesse per la tipologia di intervento in progetto.

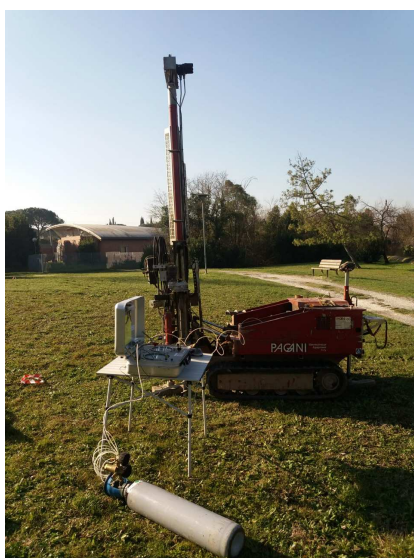
## INDAGINI GEOGNOSTICHE

L'approfondimento di indagine è stato definito tenendo conto dei litotipi affioranti, del D.P.G.R. 9 luglio 2009 n°36/R art. 7 *Classi di indagine geologiche geofisiche e geotecniche* e della tipologia dell'intervento.

Sono state quindi eseguite, nella superficie di intervento, 4 verticali di indagine ( 2 DMT e 2 sondaggi a carotaggio continuo) che sono state considerate ampiamente sufficienti alla definizione del modello geologico e dei parametri geotecnici; la categoria di sottosuolo è stata determinata con prove sismiche in foro (Down Hole). Le indagini sono state realizzate dalla ditta Tecna s.r.l. che ha sede in Arezzo e fanno parte integrante del presente elaborato.



### Prove DMT



**Prova DMT1**



**Prova DMT2**

Le prove dilatometriche (Dilatometro Piatto Marchetti) hanno fornito informazioni importanti per quanto riguarda la litologia (continuità laterale alla base del sistema di fondazione), l'andamento del Modulo confinato (M) e della resistenza al taglio non drenata (Cu).

Dal punto di vista litologico nelle due verticali sono prevalenti soprattutto a profondità superiore a 1.50 m dal p.c. attuale, di argille e limi argillosi con rari livelli limo sabbiosi.

Entrambe le prove sono state interrotte a rifiuto alla profondità di circa 17 metri in corrispondenza dello strato ghiaioso e sabbioso che nella zona si presenta da mediamente a molto addensato.

### **Sondaggi a carotaggio continuo**

I sondaggi a carotaggio continuo hanno raggiunto la profondità rispettivamente di 18 e 20 metri dal p.c. Il sondaggio n°1 denominato DH1 dalla profondità di 18 metri è stato proseguito a distruzione di nucleo fino a 32 metri e rivestito per consentire la realizzazione dell'indagine in foro Down Hole.

Il sondaggio n°2 S2 ha raggiunto la profondità di 20 metri ed è stato strumentato con piezometro del tipo a tubo aperto che ha permesso di verificare durante la fase di indagine il livello freatico.

Nel corso dei sondaggi sono stati prelevati n° 4 campioni indisturbati (Q5) e uno disturbato (Q2) da sottoporre a prove di laboratorio. Il campione disturbato è stato prelevato esclusivamente per la realizzazione della prova granulometrica in quanto rappresentativo dell'unico orizzonte con maggiore presenza di sabbia.

La tabella che segue è riassuntiva dei campioni prelevati e delle prove realizzate.

Sondaggio	Profondità(m)	Campioni	profondità (m)	Litologia	Prove
DH1	18	C1	2,50 – 3,00		MAS+LA+TDI CD
		C2	6,80 – 7,30		MAS+LA+EDO
S2	20	C1	2,50 – 3,00		MAS+LA+TDI CD
		C2	5,00 – 5,50		MAS+LA+TDI CD+EDO
		C3	8,00 – 8,20		GRA

Argile limose

Limo con sabbia argilloso

Dove:

MAS – Determinazione di massa volumica apparente e reale.

LA – Limiti di Atterberg.

GRA – Analisi Granulometrica.

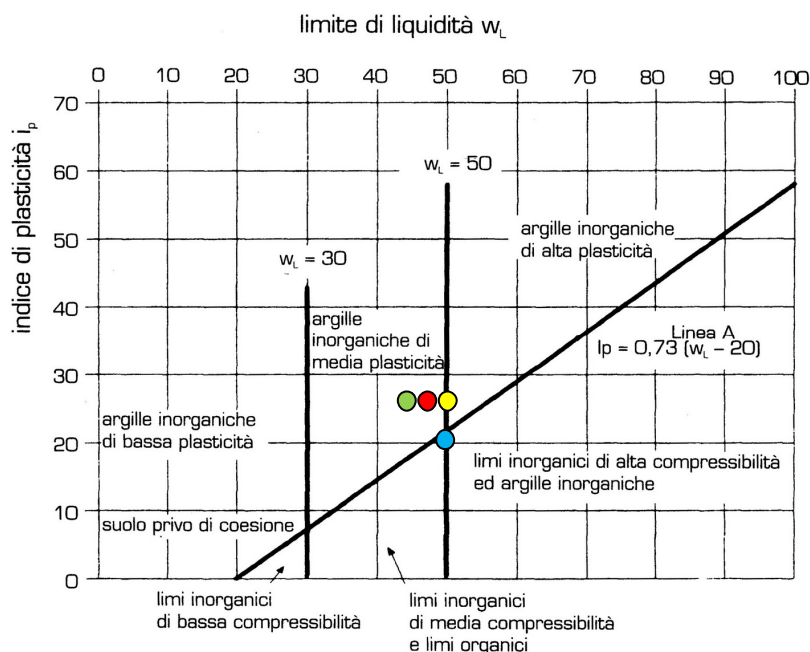
TDI – Prova di Taglio Diretto (C.D. Consolidata drenata, C.D.R. Resistenza residua in successione alla C.D., U.U. Non consolidata e non drenata, C.U. Consolidata non drenata).

EDO - Prova Edometrica con tracciamento del diagramma di compressibilità, la determinazione dei moduli edometrici, della curva cedimenti-tempo, del coefficiente di consolidazione Cv e di permeabilità Kv.

La determinazione dei Limiti di Atterberg ha portato alla seguente caratterizzazione:

Camp.	LL%	LP%	IP%	Ic
DH1 C1	48,7	22,6	26,1	1,11
DH1 C2	50,0	24,2	25,8	0,86
S2 C1	46,0	20,2	25,8	0,88
S2 C2	50,1	29,6	20,5	1,03

- DH1C1 ● Argilla inorganica di media plasticità  
 DH1C2 ● Argilla inorganica di alta plasticità  
 S2C1 ● Argilla inorganica di media plasticità  
 S2C2 ● Limi inorganici Argille e limi organici di alta plasticità



I campioni pur presentando alcune differenze si posizionano in una medesima zona del diagramma.

Le prove di taglio CD hanno dato i seguenti risultati

Camp.	$\phi'$	$c'$ kPa
DH1 C1	23,6°	19,5
S2 C1	21,9°	25
S2 C2	21,2	20,9

I risultati delle prove di consolidazione edometrica sono riassunti nelle tabelle che seguono

**Campione DH1\_C2**

$\sigma$ kPa	E kPa	Cv cm <sup>2</sup> /sec	k cm/sec
24,6 ÷ 49,2	3796	0,000529	1,37E-08
49,2 ÷ 98,4	3838	0,000652	1,67E-08
98,4 ÷ 196,8	4503	0,000769	1,68E-08
196,8 ÷ 393,6	7718	0,000438	5,56E-09
393,6 ÷ 787,2	9877	0,000208	2,07E-09
787,2 ÷ 1574,4	11492	0,000227	1,94E-09

**Campione S2\_C2**

$\sigma$ kPa	E kPa	Cv cm <sup>2</sup> /sec	k cm/sec
24,6 ÷ 49,2	1628	0,000359	2,16E-08
49,2 ÷ 98,4	1745	0,000392	2,21E-08
98,4 ÷ 196,8	2520	0,000396	1,54E-08
196,8 ÷ 393,6	4598	0,000385	8,21E-09
393,6 ÷ 787,2	13230	0,000367	2,72E-09
787,2 ÷ 1574,4	22524	0,000352	1,53E-09

Per ulteriori dettagli relativi alle prove di laboratorio si rimanda ai relativi certificati; le prove sono state realizzate per conto Tecna s.r.l. da Laboter S.r.l. che ha sede a Pistoia (Laboratorio ALGI n°89).

**Indagine Down Hole - Categoria di sottosuolo**

L'indagine realizzata dalla ditta GEO MA per conto Tecna s.r.l. e integralmente allegata ha consentito di ottenere un valore delle Vs 30/equivalenti pari a 244 m/s in quanto nello spessore di 30 metri non è stato rilevato sub-strato sismico caratterizzato da Vs > di 800 m/s.

Strato	Vs (m/s)	Vp (m/s)	Spessore (m)
1	201	775	1,9
2	196	1598	16
3	339	1993	14,1

La velocità delle onde di taglio aumenta con valori di Vs sono pari a circa 200 m/s nei primi 18 m e sono pari a 339 m/s fino a 32 metri dal p.c. attuale.

I risultati ottenuti collocano i terreni investigati nella Categoria di Sottosuolo **C**.

***Depositi 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.***

L'indagine ha confermato quanto rilevato con MASW nel RIFERIMENTO 1 (dati forniti dall'Amministrazione Comunale)

Prospezione sismica	$V_{Seq.} = V_{S30 (0-30,0)} (m/s)$	Categoria Suoli di Fondazione (D.M. 17/01/2018)
MASW M1	247	C



## VALUTAZIONI SUL FENOMENO DELLA LIQUEFAZIONE

Nell'area investigata i terreni sono risultati a prevalente composizione argillosa e limo argillosa con rari e non continui intervalli contenenti la componente sabbiosa e quindi con scarsa suscettibilità alla liquefazione. Secondo la normativa (7.11.3.4.2 Esclusione della verifica a liquefazione) 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. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$

Sulla base delle indagini svolte è stata evidenziata l'assenza di strati sabbiosi saturi tali da rientrare nella distribuzione granulometrica indicata nel punto 4. Nelle verticali investigate inoltre non sono stati rilevati intervalli francamente sabbiosi saturi di spessore significativo

Sulla base dell'assetto litologico-stratigrafico dell'area d'intervento si ritiene quindi che la probabilità di liquefazione dei terreni di fondazione sia trascurabile e di poter escludere la verifica a liquefazione.

## CARATTERIZZAZIONE FISICO-MECCANICA DEL SOTTOSUOLO

L'insieme delle indagini in sito e le elaborazioni effettuate anche sui dati forniti dall'Amministrazione Comunale hanno consentito di definire, nel volume significativo di fondazione, l'andamento litostratigrafico sufficientemente attendibili per definire le caratteristiche geologico tecniche che interagiscono con la realizzazione delle opere in progetto.

I risultati delle 4 verticali di indagine (2 DMT e 2 sondaggi a carotaggio continuo) hanno evidenziato una notevole uniformità dei terreni, al di sotto di un primo spessore di terreno rimaneggiato e/o di riporto; lo spessore dei terreni rimaneggiati che nella superficie di intervento può essere variabile, è anche sede dei sottoservizi

La successione stratigrafica del terreno nel volume significativo di fondazione è stata così schematizzata:

***Da 0,00 a 1.50 m (profondità max nella superficie di intervento considerando i dislivelli presenti nel sedime dell'opera)***

*Terreno vegetale e rimaneggiato, copertura antropica con possibile presenza di manufatti (sottoservizi in genere)*

*Strato non idoneo come terreno di fondazione*

**Da 1.50 m a 13,00 m**

*Argille e limi argillosi prevalenti con intervalli argillo sabbiosi e limo sabbiosi.*

*Valori di resistenza medio bassi (fascia a) che si riducono a profondità dalla profondità di circa 6,80 metri (fascia b)*

Oltre i 13 metri, comunque fuori dallo spessore di influenza del fabbricato i valori di resistenza aumentano sensibilmente. Nel caso dell'intervento in oggetto, con fondazioni superficiali il volume di sottosuolo significativo, cioè quel volume maggiormente interessato dalla diffusione dei carichi applicati in fondazione, si estende fino ad un massimo di 3 m al di sotto del piano di imposta quindi nella fascia a del livello 1.

I parametri geotecnici attribuibili ai litotipi individuati, i valori medi ed i valori caratteristici, sono riportati nella tabella sottostante:

**Fascia a**

<b>Parametri</b>	<b>Simbolo</b>	<b>Unità'</b>	<b>Valore medio</b>	<b>Valore caratt.</b>
Angolo di attrito interno	$\phi'$	gradi	22	21
Coesione effettiva	$C'$	kPa	21	19
Coesione totale	$C_u$	kPa	60	55
Peso di volume	$\gamma$	KN/m <sup>3</sup>	19	19
Modulo Edometrico	M	MPa	5	4.5

**Fascia b**

<b>Parametri</b>	<b>Simbolo</b>	<b>Unità'</b>	<b>Valore medio</b>	<b>Valore caratt.</b>
Coesione totale	$C_u$	kPa	40	35
Peso di volume	$\gamma$	KN/m <sup>3</sup>	19	19
Modulo Edometrico	M	MPa	3	2.5

Secondo l'Eurocodice 7 e le NTC, i valori caratteristici  $X_k$  consistono in una stima cautelativa del valore che influenza l'insorgere dello stato limite. Secondo le "Istruzioni del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (CSLP) sulle NCT" i valori caratteristici possono essere assunti circa uguali ai valori medi.

Per pervenire ad una scelta corretta dei valori caratteristici, appare infatti giustificato, secondo il CSLP, il riferimento a valori prossimi ai valori medi quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume.

Visto l'andamento litostratigrafico rilevato e le scarse variazioni litostratigrafiche rinvenuti nel volume di terreno significativo per il tipo di intervento, in caso di piano di imposta uniforme del sistema di fondazione si escludono differenze di comportamento del terreno all'applicazione dei carichi. In ogni caso vista anche la presenza di spessori diversi di riporto antropico, in fase esecutiva dovrà essere verificata l'uniformità del piano di fondazione per evitare cedimenti di tipo differenziale legati a diverse caratteristiche di resistenza del terreno in quanto l'indagine svolta è di tipo puntuale.

## STABILITÀ DEL SITO

Gli interventi previsti riguardano una superficie attualmente non edificata e non sono previste modificazioni morfologiche dello stato dei luoghi e/o interventi di scavo che potrebbero variare le condizioni geostatiche esistenti. Gli scavi saranno limitati alla realizzazione del sistema di fondazione.

Vista la morfologia del luogo e l'approfondimento di studio effettuato con indagini puntuali il sito, allo stato attuale, è da ritenere stabile nei confronti di dissesti gravitativi in genere.

*Nei confronti della liquefazione, il sito è da ritenere non a rischio in quanto la successione stratigrafica non comprende strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda.*

## TERRE E ROCCE DI SCAVO

Gli interventi di scavo saranno necessari per la formazione del piano di fondazione del fabbricato e per la sistemazione del resede esterno. L'esatto quantitativo del materiale terrigeno proveniente dagli scavi sarà valutato sulla base delle quote di progetto. Escludendo il materiale che andrà smaltito come rifiuto (cordoli tubazioni coperture in cemento ecc), le terre di scavo, compreso il suolo, potranno essere riutilizzate nello stesso sito di produzione per eventuali livellamenti del terreno funzionali al progetto dell'opera.

Ai sensi dell'art. 185 comma 1 lett. c bis del D. Lgs. 152/2006 *"il suolo non contaminato o altro materiale allo stato naturale scavato nel corso dell'attività di costruzione ove sia certo che il materiale sarà utilizzato a fini di costruzione allo stato naturale nello stesso sito in cui è stato scavato"* non rientra nel campo di applicazione della disciplina vigente in materia di rifiuti. Secondo quanto previsto dal DPR 120/2017 art. 24 comma 1 dovrà essere determinata la non contaminazione delle terre ai sensi dell'allegato 4 della medesima normativa.

Per quanto riguarda le terre di scavo in esubero, qualora si intenda utilizzare i materiali di risulta dello scavo in aree esterne al sito di produzione, sarà onere del produttore inviare almeno 15 gg prima dell'inizio degli scavi la dichiarazione di cui all'Allegato 6 del DPR 120/2017.

Nel caso non sia possibile attuare le condizioni descritte al precedente paragrafo i materiali di scavo rientrano nell'ambito di applicazione delle terre e rocce da scavo qualificate come rifiuti (Cod CER 170504) e quindi dovranno essere gestiti in conformità alla disciplina prevista dalla parte quarta del D.Lgs. 152/2006.

## VITA NOMINALE CLASSE D'USO PERIODO DI RIFERIMENTO

La vita nominale di progetto VN 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.

I valori minimi di VN da adottare per i diversi tipi di costruzione sono riportati nella seguente (Tab. 2.4.I.) Tali valori possono essere anche impiegati per definire le azioni dipendenti dal tempo.

Tab. 2.4.I – Valori minimi della Vita nominale  $V_N$  di progetto per i diversi tipi di costruzioni

TIPI DI COSTRUZIONI	Valori minimi di $V_N$ (anni)
1 Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2 Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3 Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Per il manufatto in oggetto si pensa lecito considerare un valore di Vn relativo al tipo “Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari” quindi 50 anni:

Vista la tipologia dell'intervento la classe d'uso è la *Classe III*

*Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.*

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento “VR”.

Il periodo di riferimento si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale “VN” per il coefficiente d'uso “CU” delle classi di uso in presenza di azioni sismiche Tab 2.4.II:

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso  $C_U$

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

Per il manufatto in oggetto, in quanto sotteso a normali affollamenti, il periodo di riferimento per l'azione sismica assume il valore minimo di:

$$VR = VN \times CU = 50 \times 1,5 = 75 \text{ (anni)}$$

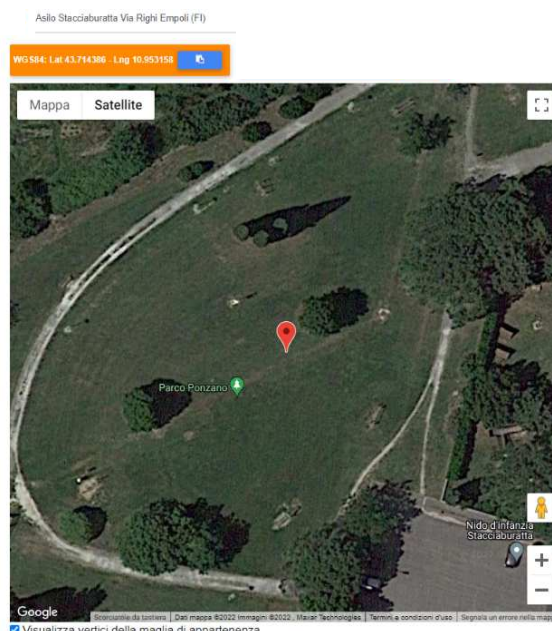
## CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO

Il territorio italiano è stato suddiviso in 4 zone sismiche individuate mediante valori di accelerazione massima al suolo  $a_g$ , definiti sulla base di studi macrosismici e sismotettonici a carattere nazionale, con probabilità di superamento del 10% in 50 anni riferiti a suoli rigidi caratterizzati da  $V_{s30} > 800$  m/s.

Zona	accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni	accelerazione orizzontale massima convenzionale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico ( $a_g/g$ )
1	$> 0,25 g$	$0,35 g$
2	$0,15 g - 0,25 g$	$0,25 g$
<b>3</b>	<b><math>0,15 g - 0,05 g</math></b>	<b><math>0,15 g</math></b>
4	$< 0,05 g$	$0,05 g$

Il territorio comunale di Empoli (FI) è classificato ai sensi del Del. GRT n° 421 del 26/05/2014 che aggiorna la precedente Del. GRT n° 878 dell' 8/10/2012 che ha recepito l'Ord. PCM n° 3519 del 28/04/2006, in **in zona sismica 3**.

L'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire da una pericolosità sismica di base del sito che è descritta dalla probabilità che in un fissato lasso di tempo, in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato. Ai fini della determinazione delle azioni sismiche la pericolosità sismica è definita convenzionalmente facendo riferimento ad un sito rigido con superficie topografica orizzontale in condizioni di campo libero, cioè in assenza di manufatti. Le caratteristiche del moto sismico atteso si ritengono individuate quando se ne conosca l'accelerazione.





**Sito in esame**

latitudine: 43,715347 [°]

longitudine: 10,954147 [°]

Classe d'uso: III. Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Vita nominale: 50 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

**Siti di riferimento**

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	20276	43,706930	10,931130	2073,3
Sito 2	20277	43,708420	11,000230	3783,1
Sito 3	20055	43,758400	10,998250	5955,9
Sito 4	20054	43,756910	10,929020	5043,3

Le coordinate geografiche sono in ED50

**Parametri sismici**

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1(zona pianeggiante)

Periodo di riferimento: 75 anni

Coefficiente cu: 1,5

	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	45	0,051	2,577	0,255
Danno (SLD)	63	75	0,061	2,610	0,269
Salvaguardia della vita (SLV)	10	712	0,141	2,434	0,293
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	1462	0,179	2,404	0,300

**Coefficienti Sismici**

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s <sup>2</sup> ]	Beta [-]
SLO	1,500	1,650	1,000	0,015	0,008	0,750	0,200
SLD	1,500	1,620	1,000	0,018	0,009	0,892	0,200
SLV	1,490	1,570	1,000	0,050	0,025	2,058	0,240
SLC	1,440	1,560	1,000	0,062	0,031	2,523	0,240

## CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Nel presente elaborato sono state fornite, ai sensi del D.M. 17 Gennaio 2018 “Norme tecniche per le costruzioni”, indicazioni geologico-tecniche necessarie per la verifica della sicurezza e delle prestazioni del nuovo fabbricato, sulla base di indagini geognostiche puntuali eseguite tenendo conto di dati geotecnici riferiti ad un intorno significativo.

L'area d'imposta dell'intervento è caratterizzata da un assetto morfologico stabile e non sono emerse problematiche particolari dal punto di vista della caratterizzazione geologica generale come riportato nella presente relazione.

Sulla base delle caratteristiche geotecniche, idrologiche e sismiche, ricostruite con gli approfondimenti di studio, relativamente al volume significativo per il tipo di struttura non sono emerse problematiche particolari dal punto di vista della caratterizzazione geologica generale come riportato nella presente relazione.

***Si rimanda alla relazione geotecnica sulle fondazioni ogni altra considerazione di tipo geotecnico, compresa la scelta di parametri medi o minimi in funzione della tipologia di fondazione e quindi del volume significativo di terreno coinvolto.***

In ogni caso si rimane a disposizione per tutti gli interventi che, al momento non valutabili, si rendessero invece necessari in fase esecutiva.

Sulla base degli approfondimenti di studio si conclude quanto segue:

- non sono stati rilevati fenomeni geomorfologici gravitativi in atto o quiescenti tali da interessare la zona di imposta della struttura;
- non è presente una falda idrica superficiale tale da interferire con il sistema fondale del fabbricato;
- i terreni affioranti sono prevalentemente argillosi e limo argillosi con assetto privi di variazioni laterali ed orizzontali significative per il tipo di intervento
- la copertura influenzata da intervento antropico ha spessori variabili dell'ordine del metro;
- gli approfondimenti di indagine hanno essenzialmente evidenziato una situazione di coerenza con la tipologia dei terreni affioranti ed indicati nella cartografia geologica;
- quanto previsto non determina modifiche allo stato attuale dei luoghi ed è tale da non modificare le condizioni geostatiche esistenti.

Si ritiene che non esistano impedimenti dal punto di vista della fattibilità geologica alla realizzazione di quanto previsto dal progetto che per tipologia esercita un impatto modesto nel territorio.

Marzo 2022

Geol Benedetta Chiodini

