



COMUNE DI
FIRENZE

DIREZIONE AMBIENTE
Ufficio Geologia e V.I.A.



RELAZIONE GEOLOGICA

Aprile 2018

DIREZIONE SERVIZI TECNICI
Immobile denominato EX Tre – realizzazione sala mostre per l’allestimento
“Memoriale di Auschwitz”
CODICE OPERA 150258 - 160255
Firenze

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE GEOLOGICA

Immobile denominato EX Tre – realizzazione sala mostre per l’allestimento

“Memoriale di Auschwitz”

CODICE OPERA 150258 - 160255

Firenze

1. Normativa di riferimento	2
2. Premessa	3
3. Inquadramento Geologico Regionale e Locale	5
4. Stato delle conoscenze dell’idrografia superficiale e geomorfologia locale	7
5. Condizioni idrogeologiche generali e locali	8
6. Pericolosità Geologica, Idraulica e Sismica	9
8. Indagini geognostiche ed elaborazione dei risultati	11
Descrizione stratigrafica, litotecnica e definizione dei parametri geotecnici dei terreni	11
10. Azione Sismica	14
11. Frequenza propria di risonanza di sito	18
12. Verifica alla Liquefazione	18
13. Conclusioni	19

Allegati:

- **1: Campagna geognostica Giugno_Luglio 2017**

Ubicazione Indagini

Nuovo Sondaggio e ricostruzione stratigrafica

Indagine sismica in foro (prova down-hole) ed elaborazione dei risultati

Indagine Sismica HVSR

- **2: Risultati campagna geognostica per "Progetto Speciale per la realizzazione di 45 alloggi sperimentali in via Giannotti...", Maggio 2010 – Comune di Firenze**

Sondaggi relativi all'intervento "Progetto Speciale per la realizzazione di 45 alloggi sperimentali in via Giannotti..."

Risultati delle analisi di laboratorio condotte per l'intervento: "Progetto Speciale per la realizzazione di 45 alloggi sperimentali in via Giannotti..." – Comune di Firenze

1. Normativa di riferimento

La relazione è stata redatta in ottemperanza alle leggi vigenti in materia:

Decreto Ministeriale 14.01.2008, “Testo Unitario – Norme Tecniche per le Costruzioni”;

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, Istruzioni per l'applicazione delle “Norme Tecniche per le Costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008, **Circolare 2 febbraio 2009**;

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale, Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007;

Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 2 febbraio 2009, n. 617 (G.U. del 26 febbraio 2009, n. 47)

D.P.G.R. n. 36/R del 9 luglio 2009, “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.G.R.T. n. 878 del 08/10/2012, “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.P.G.R. n. 58/R del 22/10/2012, “Regolamento di attuazione dell'articolo 117, comma 2, lettera g) della legge regionale 3 gennaio 2005, n. 1 (Norme per il governo del territorio). Verifiche nelle zone a bassa sismicità. Determinazione del campione da assoggettare a verifica”.

D.P.G.R. n. 421 del 26/05/2014, “Aggiornamento dell'allegato 1 (elenco dei comuni) e dell'allegato 2 (mappa) della deliberazione G.R.T. n. 878 dell'8 ottobre 2012, recante “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 D.G.R.T. 431/2006 e cessazione di efficacia dell'elenco dei Comuni a maggior Rischio Sismico della Toscana - D.G.R.T. 841/2007”.

Delibera del Comune di Firenze n.2015/C/00025, Regolamento Urbanistico e contestuale variante al Piano Strutturale. Approvazione (LR 1/2005, art. 17). Conclusione del processo decisionale VAS (LR 10/2010, art. 27).

Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 27/10/2016, “Approvazione del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Distretto Idrografico dell'Appennino Settentrionale”.

Delibera del Consiglio Comunale n. 47 del 11.09.2017 “Adeguamento del Piano Strutturale e del Regolamento Urbanistico al Piano di Gestione del Rischio Alluvioni”,

2. Premessa

La presente relazione geologica è redatta a supporto del progetto esecutivo per la realizzazione di una sala mostre all'interno dell'immobile denominato "EX Tre", in viale Giannotti nel Comune di Firenze.

Il progetto prevede la realizzazione di un solaio interno ad un ampio spazio esistente porzione di un edificio denominato EX3 e destinato a spazio espositivo, per accogliere il "Memoriale di Auschwitz". L'edificio esistente è realizzato con struttura portante in c.a. precompresso costituito da un corpo centrale di altezza di circa 11.20 m, coperto con un sistema di capriate in acciaio di circa 18 m di luce e da due corpi laterali più bassi con copertura piana con elementi a \square .

Le fondazioni sono superficiali continue, con allargamento e creazione di alloggiamento a bicchiere in corrispondenza dei pilastri. (fig.1).

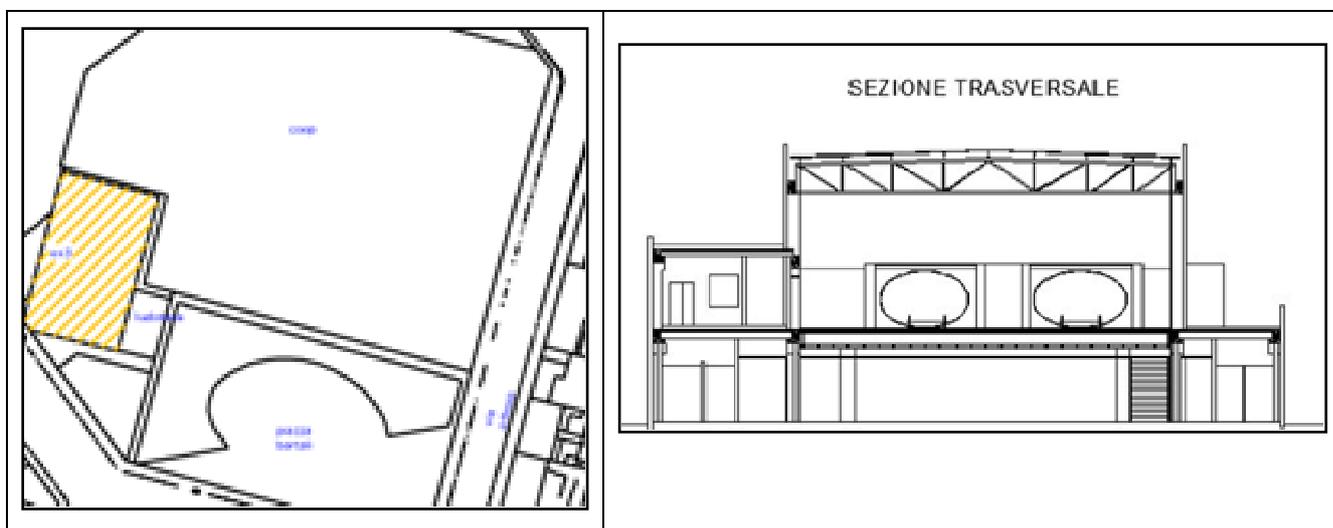


Figura 1: Planimetria dell'area con ubicazione dell'intervento, scala 1:5.000, e sezione trasversale dell'edificio esistente

L'area oggetto di intervento è rappresentata dal corpo centrale dell'edificio esistente. Il solaio da realizzare sarà costituito da un complesso strutturale non interagente con l'esistente in quanto separato da questo mediante giunto sismico di 10 cm; le fondazioni saranno superficiali nastriformi a trave rovescia da cui spiccheranno due file di pilastri distanti 13.40 m, sempre in c.a. ordinario, ad interasse di 5.20 m; il solaio avrà una larghezza complessiva di 17.85 m ed una lunghezza di 43.60 m. (fig. 2 e fig. 3).

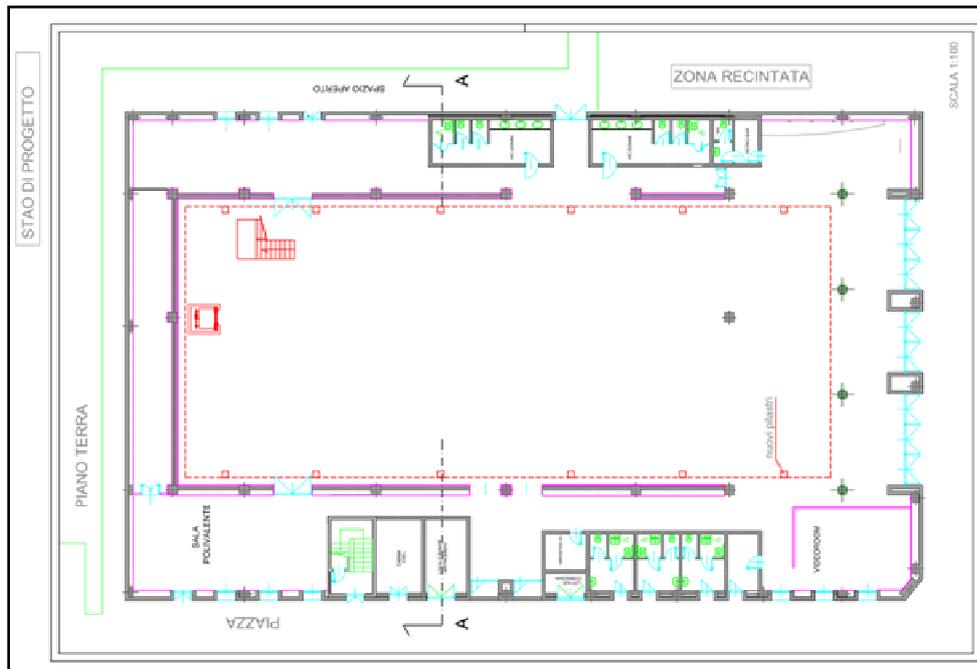


Figura 2 Stato di Progetto: Pianta - Indicazione del nuovo solaio in rosso

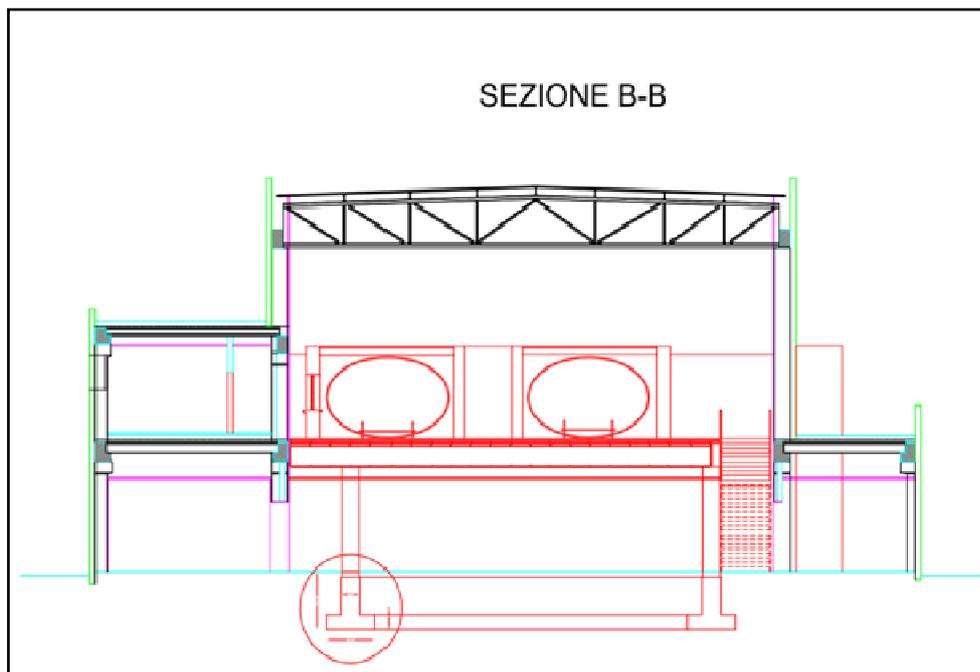


Figura 3 Stato di Progetto: sezione trasversale con indicazione del nuovo solaio e dell'ipotesi fondale in rosso

3. Inquadramento Geologico Regionale e Locale

L'area d'interesse progettuale rientra nel settore nord orientale del bacino fluvio-lacustre Firenze-Prato-Pistoia di lunghezza complessiva pari a circa 45 Km e larghezza massima di 10 Km.

Il bacino è stato inizialmente colmato da formazioni pre-Plioceniche di natura prevalentemente argilloso-limosa (talora affioranti nelle circostanti colline) e successivamente da sedimenti lacustri Villafranchiani con depositi fluviali connessi (conoidei e fan-delta).

Il bacino presenta una geometria deposizionale generalmente asimmetrica verso nord-est, delimitato da un margine nord-orientale più acclive in corrispondenza della dorsale Fiesole, Monte Morello, Calvana e da una rampa di raccordo poco inclinata a sud-ovest corrispondente alla dorsale del Monte Albano - Impruneta.

I depositi di riempimento del bacino si sono sviluppati con ampi delta e fan-delta clastici, sviluppati alla base del sistema di faglie maggiori, mentre minori quantità di sedimenti si sono disposti lateralmente e longitudinalmente al bacino a seguito dell'erosione dei terreni affioranti alle quote più elevate del bacino. Il sollevamento tettonico dei margini, ed il corrispondente allargamento del drenaggio fluviale, hanno portato alla formazione di potenti sequenze sedimentarie clastiche grossolane in corrispondenza delle aree centrali del bacino.

Le sequenze sedimentarie riconoscibili nel bacino di Firenze-Prato-Pistoia possono essere classificate in "Supersintemi"; con tale termine si identifica un corpo sedimentario di comune origine paleogeografica, delimitato alla base ed al tetto deposizionali da superfici di discontinuità, incluse le superfici topografiche, che rappresentano eventi erosivi.

I depositi del bacino sono ascrivibili ai seguenti sintemi:

- Supersintema del Lago di Firenze-Prato-Pistoia: depositi lacustri, lacustri-palustri e di fan-delta;
- Supersintema di Firenze: depositi lacustri e di fan-delta;
- Supersintema dell'Arno: depositi fluvio-alluvionali e limo-palustri.

I depositi dei Supersintemi del lago Firenze-Prato-Pistoia e di Firenze sono caratterizzati da deposizione in condizioni climatiche prevalentemente fredde (glaciali Biber e Donau, AUCTT.) di argille grigio bluastre derivanti dallo smantellamento di terreni di appartenenza del "Dominio Ligure", con intercalati ed interdignati corpi clastici, da limoso-sabbiosi a ciottoloso-ghiaiosi, appartenenti ai delta e fan-delta di paleo-Africo, paleo-Mugnone, paleo-Terzolle e paleo-Ema/Greve. Tali sedimenti sono stati messi in posto tramite processi di trasporto di massa riferibili a flussi turbolenti ad alta densità, con ricorrenza ciclica di uplift-denudation, connessi sia ad eventi tettonici che a variazioni climatiche legate ai periodi glaciali Biber e Donau (AUCTT).

Le zone di conoide di età Villafranchiana (Pleistocene inferiore, riferito a deposizione in zone

5

continentali), derivanti da erosione dei rilievi pedecollinari settentrionali, sono caratterizzate da sedimenti di natura clastica, grossolani, mal organizzati costituiti da ghiaie in matrice limo-sabbiosa mal classate e mal assortite con potenza di alcuni metri, ascrivibili a processi di tipo debris-flow, connessi a lobi o canali intrecciati durante fasi di intenso alluvionamento.

Nel complesso il non elevato livello delle acque del lago e le sue ridotte dimensioni hanno favorito la formazione di ampi fan-delta.

I depositi del Supersistema dell'Arno sono costituiti da ciottolami e ghiaie, da puliti a sporchi, con livelli e lenti di sabbie, anche gradate, con frequenti episodi di erosione e sostituzione. Questi depositi d'Arno sono interdigitati con i depositi alluvionali recenti dei vari torrenti, costituiti da ghiaie e ciottolami con abbondante matrice limo-sabbiosa inclusi in corpi limosi, riferibili all' Olocene.

L'assetto dei terreni alluvionali dell'area fiorentina, quale risulta dalle indagini geognostiche, si inquadra in uno schema deposizionale che presenta generalmente il maggiore spessore dei depositi in direzione del margine NE del bacino, geometria indotta dalla giacitura del substrato litoide che è appunto inclinato in questa direzione.

Sono presenti infine depositi attuali, costituiti da riporti e coperture quali materiali antropici e riempimenti di materiali sciolti misti di varia pezzatura ed origine, più o meno costipati, anche con cocciame di laterizi.

- Geologia Locale

Il contesto geologico locale può essere inquadrato ad una maggiore scala di dettaglio in base alla Carta Geologica di supporto al Piano Strutturale Comunale (Variante 2015); nell'area interessata dall'intervento in oggetto affiorano depositi riferibili alle alluvioni dell'Arno, costituiti da alternanze di sedimenti limoso/sabbiosi alternati a potenti livelli di ghiaie (fig.4).

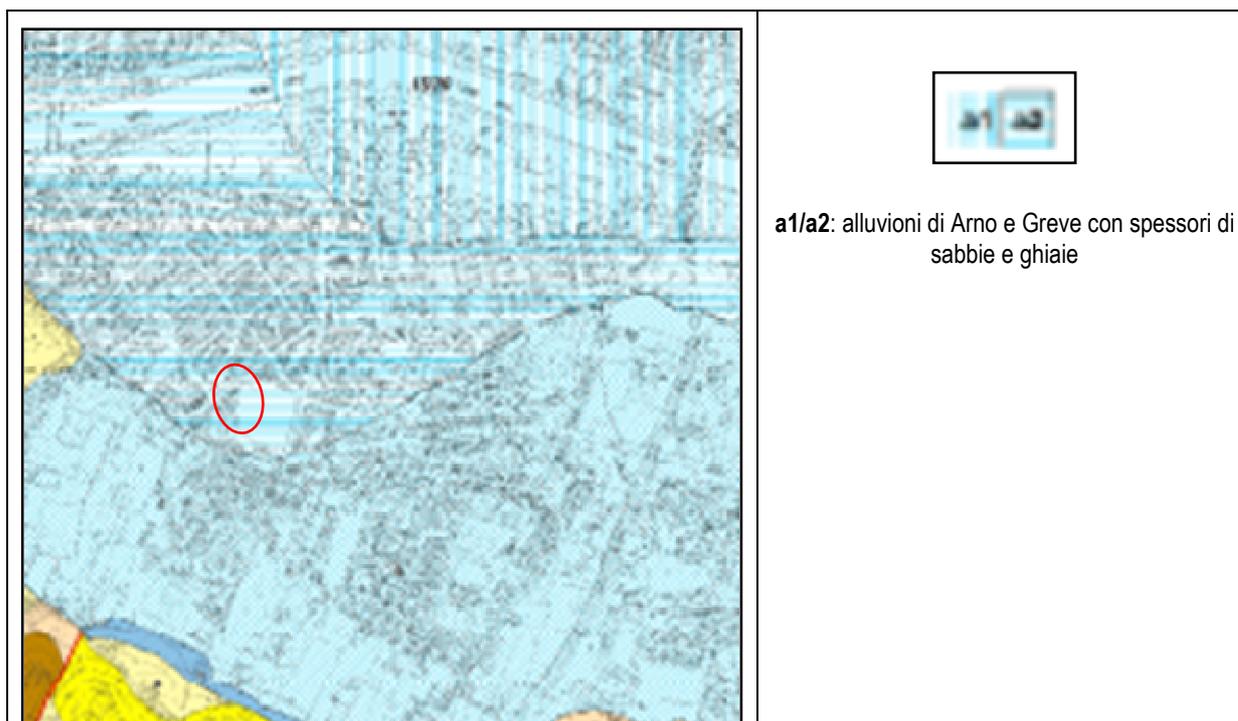


Figura 4. - Estratto dalla Carta Geologica del Comune di Firenze – Piano Strutturale 2015 (Scala 1:10.000).

I terreni sopra descritti sono relativi a "Depositi alluvionali del Quaternario" (Supersistema dell'Arno), costituiti principalmente da alternanze di limi argillosi, talora sabbiosi, e da sabbie e ghiaie in matrice limosa e/o sabbiosa di spessore assai variabile.

4. Stato delle conoscenze dell'idrografia superficiale e geomorfologia locale

La città di Firenze è ubicata nel settore orientale del bacino di Firenze-Prato-Pistoia, individuato come depressione tettonica a partire dal Pliocene Superiore e sede di deposizione fluvio-lacustre . Il bacino posto ad una quota media di 45 m slm, si sviluppa in direzione NW-SE per una lunghezza di 45 km ed una larghezza massima di circa 10 km. Esso è delimitato a nord dai Monti della Calvana, Monte Morello e Fiesole, con altitudine di circa 900 m slm ed a sud da Monte Albano, Impruneta con altitudine di oltre 600 m slm.

Dal punto di vista morfologico l'area oggetto di intervento, ed un suo congruo intorno, è completamente pianeggiante e posta alla quota altimetrica di circa 51 metri s.l.m.

5. Condizioni idrogeologiche generali e locali

La falda idrica più importante della pianura fiorentina è una falda libera, con profondità compresa generalmente tra 1 e 10 metri, secondo le zone e del periodo stagionale. In alcune aree marginali della pianura si ha la presenza di una falda semiconfinata, poiché il livello piezometrico si colloca in corrispondenza di limi sabbiosi-argillosi di copertura, che hanno le caratteristiche di “acquitardo”.

Nei contesti in cui i terreni superficiali sono costituiti da limi con argille, ossia in presenza di permeabilità molto basse, l’acquifero sottostante è di tipo confinato quindi con falda in pressione.

Il principale acquifero di Firenze è costituito da depositi alluvionali “macroclastici” del Fiume Arno e dei suoi principali affluenti (T. Mugnone, T. Africo, T. Terzolle, T. Mensola, ecc.), al di sopra di sedimenti lacustri limo argillosi con intercalazioni di livelli e/o lenti di ghiaie e sabbie, cui seguono sedimenti lacustri prevalentemente argillosi. Il sistema acquifero può essere ritenuto, a grandi linee, permeabile per porosità, con orizzonti acquiferi, come detto in precedenza, di tipo “a superficie libera” e/o semi-confinati.

- Idrogeologia Locale

I dati piezometrici locali sono stati dedotti dal “Sistema Informativo Geologico del Sottosuolo, Banca dati Stratigrafici e Idrogeologici” del Comune di Firenze (rilevazione febbraio 2002-livello di morbida e settembre 2007-livello di magra). Nell’area, il livello freatico della falda si attesta generalmente intorno alla quota assoluta di 48 metri s.l.m., nel periodo di magra, e di 49 metri s.l.m., nel periodo di morbida, con soggiacenza variabile tra 1,0 e 2,0 metri (fig.5). Il livello della falda freatica è stato rilevato in sito, nel Giugno 2017, all’interno del perforo del sondaggio S1 a - 4.0m da p.c.

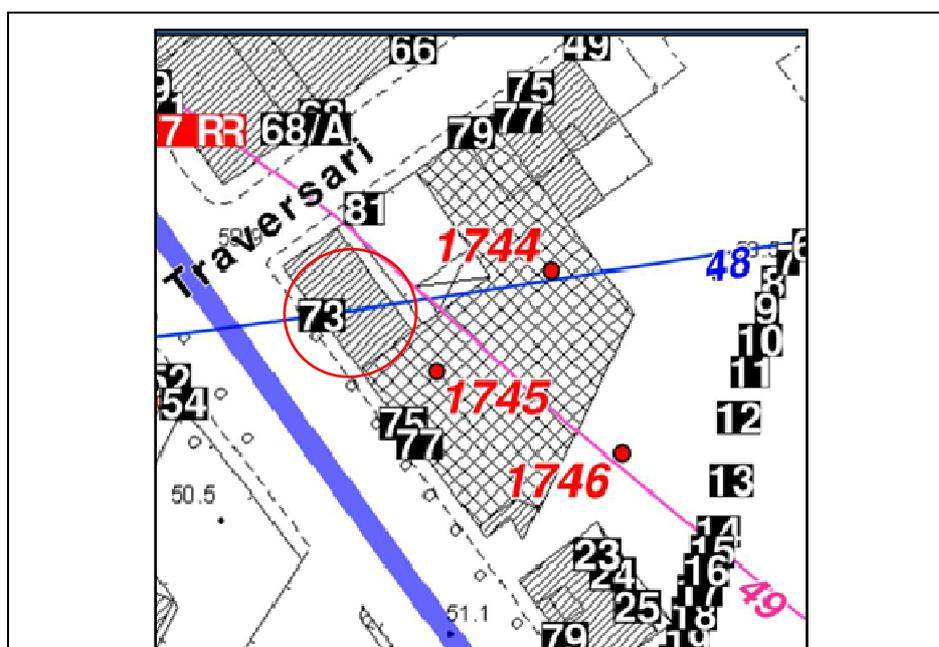


Figura 5. - Estratto dalla banca dati “Sistema Informativo Geologico del sottosuolo”(Scala 1:1.000).

6. Pericolosità Geologica, Idraulica e Sismica

In base al quadro conoscitivo del Piano Strutturale comunale si rileva che l'area di intervento rientra nelle seguenti classi di Pericolosità:

Pericolosità Geologica Media _ PG2: *aree di pianura in cui sono presenti litologie afferibili a depositi alluvionali recenti dalle scadenti o modeste caratteristiche geotecniche, aree di versante in cui non sono presenti forme morfologiche e/o morfometriche atte a condizionare la stabilità del pendio, aree collinari con sub-strato roccioso affiorante.*(fig.6)



Figura 6. - Estratto dalla Carta della pericolosità geologica del Piano Strutturale.

Pericolosità Idraulica Media _ I2: *aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra $200 < TR < 500$ anni. Fuori dalle UTOE potenzialmente interessate da previsioni insediative e infrastrutturali, in presenza di aree non riconducibili agli ambiti di applicazione degli atti di pianificazione di bacino e in assenza di studi idrologici e idraulici rientrano in classe di pericolosità media le aree di fondovalle per le quali ricorrano le seguenti condizioni:*

- a) *non vi sono notizie storiche di inondazioni;*
- b) *sono in situazione di alto morfologico rispetto alla piana alluvionale adiacente, di norma a quote altimetriche superiori a metri 2 rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda.*(fig.7)

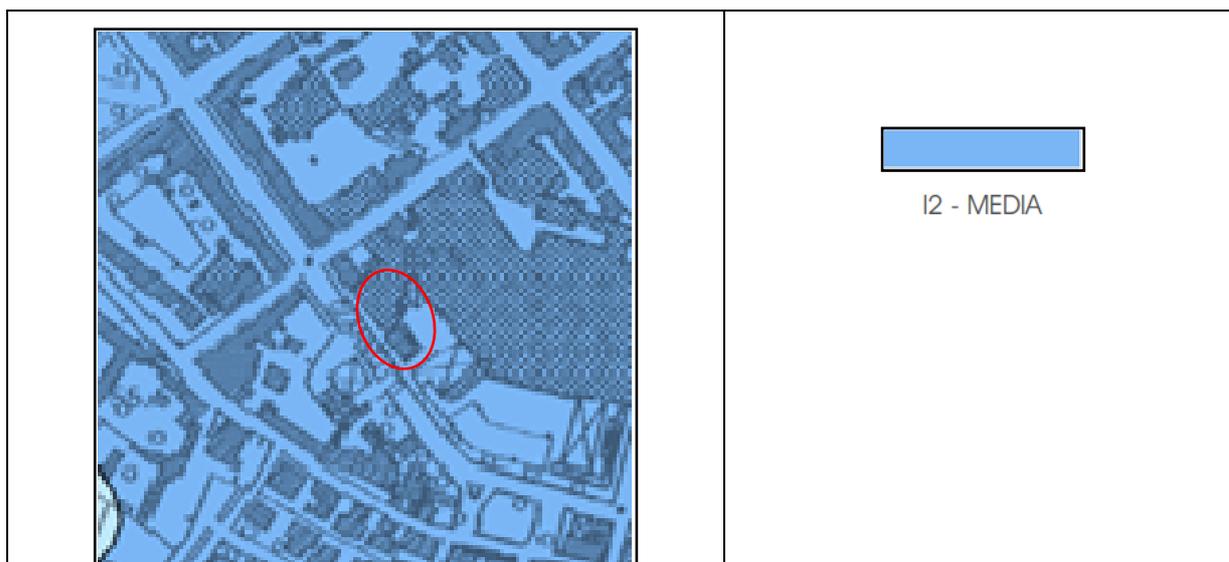


Figura 7. - Estratto dalla Carta della pericolosità idraulica del Piano Strutturale.

Con l'approvazione, del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (DPCM del 27/10/2016.), l'Amministrazione Comunale ha adeguato la pericolosità idraulica del proprio Piano Strutturale a detto strumento con Delibera del Consiglio Comunale n. 47 del 11.09.2017: *“Adeguamento del Piano Strutturale e del Regolamento Urbanistico al Piano di Gestione del Rischio Alluvioni”*.

Pericolosità Sismica locale Elevata _ S3: *zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti che possono dar luogo a cedimenti diffusi.... zone stabili suscettibili di amplificazioni locali caratterizzati da un alto contrasto di impedenza sismica atteso tra copertura e substrato rigido entro alcune decine di metri.* (fig.8)

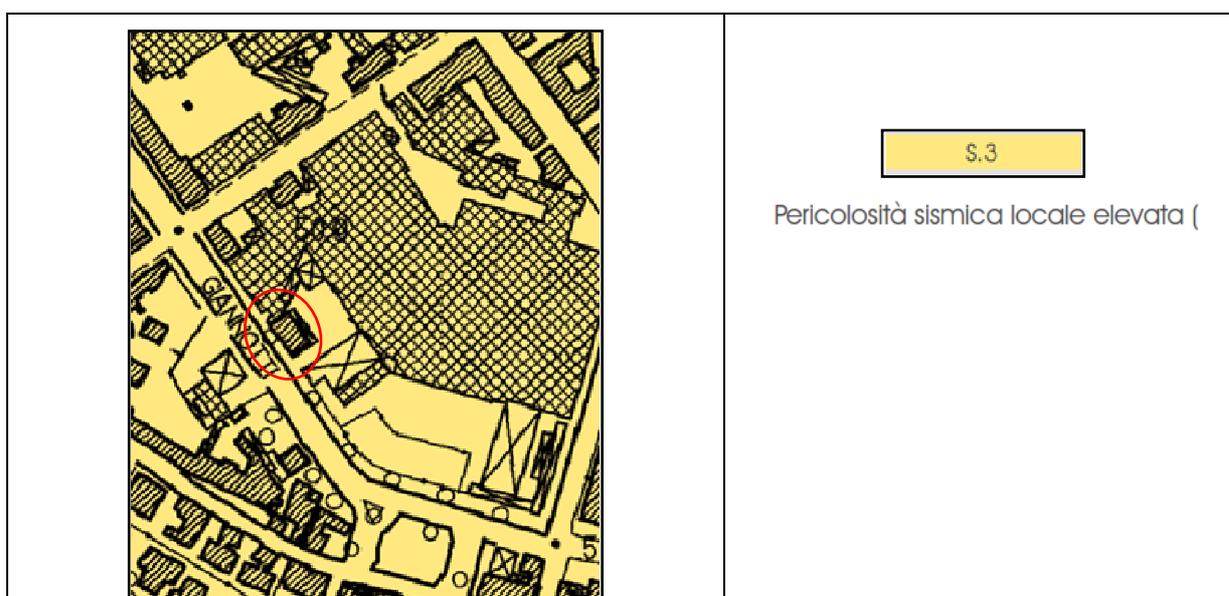


Figura 8. - Estratto dalla Carta della pericolosità sismica del Piano Strutturale.

8. Indagini geognostiche ed elaborazione dei risultati

Per la caratterizzazione geologica, stratigrafica e geotecnica dei terreni dell'area d'intervento, è stata realizzata una campagna geognostica, condotta nel Giugno 2017, commissionata dal Comune di Firenze per la realizzazione dell'intervento in oggetto.

Data la natura dell'intervento e la rilevanza dell'edificio su cui si opererà, la suddetta campagna geognostica è stata progettata per corrispondere ad una classe di indagine "4", ai sensi dell'art.7 del DPGR 36/R/2009, ed è pertanto consistita in:

- n. 1 sondaggio a carotaggio continuo (S1/2017) che ha raggiunto la profondità di - 40,0m da p.c. ed esecuzione di 5 prove SPT in foro (profondità SPT1:-4.2.0m da p.c., SPT2:-6.0m da p.c ; SPT3:-11.0m da p.c; SPT4:-13.0m da p.c; SPT5:-18.0m da p.c.)
- prova sismica "Down-Hole" per la misurazione delle onde V_{s30} e conseguente identificazione della categoria di sottosuolo.
- Prova sismica passiva "HVSr" per misurazione del periodo di risonanza proprio del sito d'intervento.

In aggiunta alla campagna geognostica effettuata a Giugno 2017, sono state impiegate le stratigrafie di sondaggi (n.3) ed i risultati delle analisi di laboratorio di una campagna di indagini realizzata per l'intervento: "*CASA SPA – "Intervento speciale per la realizzazione di 45 alloggi sperimentali in Viale Giannotti/via Traversari e di attrezzature di quartiere"* (2010), in area adiacente ed attigua, verso ovest, a quella di interesse.

Fra le risultanze di detta campagna geognostica sono stati ritenuti molto significativi, per l'effettuazione delle correlazioni stratigrafiche e la caratterizzazione geotecnica dei terreni di interesse fondale: la stratigrafia del sondaggio SG2; i risultati delle analisi di laboratorio relativi ai campioni: SG1/C1, SG1/C2, SG1/C3, SG1/C4 e SG2/C1/C2 , riportati nei relativi certificati.

Descrizione stratigrafica, litotecnica e definizione dei parametri geotecnici dei terreni

Lo studio e il corpo delle indagini geognostiche e di laboratorio analizzate hanno consentito di definire il modello geologico del sito d'intervento ed in particolare di caratterizzare, dal punto di vista stratigrafico, litologico, fisico-meccanico ed idrogeologico, il volume geotecnico significativo del terreno coinvolto.

Sotto ad un livello di terreno di riporto antropico di spessore pari a 1.20m, che non è stato ritenuto significativo per le determinazioni di merito, sono state distinte le seguenti Unità Litotecniche:

- UNITA' Las – Limi argilloso sabbiosi passanti in prossimità della base a sabbia da fine a grossolana:

L'Unità è ubicata a profondità comprese tra -1.20 m. e circa - 5.0 m. dal p.c.

I campioni le cui analisi sono state ritenute significative per la caratterizzazione di questa unità sono SG1/C1/C2 e SG2/C1 oltre alla prova SPT1 (-4.20m da p.c.) del sondaggio S1/2017.

- UNITA' Gsla – Ghiaia e ciottoli di arenaria in abbondante matrice sabbiosa, limosa ed argillosa:

Unità che è ubicata a profondità comprese tra -5.0 m. e -8.60 m. dal p.c.. Al suo interno è stata realizzata la prova SPT2 in sondaggio S1/2017 (SPT2:-6.0m da p.c.), che è stata impiegata per la caratterizzazione dei terreni.

- UNITA' Alc – Argilla limosa grigia, consolidata, contenente, verso la base, rari inclusi millimetrici:

L'Unità è ubicata a profondità comprese tra -8.60 m. e circa - 18.0 m. dal p.c.

I campioni le cui analisi sono state ritenute significative per questa unità sono SG1/C3/C4 e SG2/C2 oltre alle prove SPT3 (-11.0m da p.c.) e SPT4(-13.0m da p.c.) eseguite nel sondaggio S1/2017.

- UNITA' Gals – Ghiaia e ciottoli in matrice argillosa, limosa e sabbiosa. Presenti livelli decimetrici di argille limose e argille con livelli di sabbie finissime e litici millimetrici sparsi:

Unità il cui tetto risulta posizionato a profondità di - 18.0 m. dal p.c. Al suo interno è stata realizzata la prova SPT5 in sondaggio S1/2017 (SPT5:-18.0m da p.c.), che è stata impiegata per la caratterizzazione dei terreni.

Le Unità litotecniche che costituiscono **il volume geotecnico significativo** risultano essere: **Las e Gsla.**

- Caratterizzazione Litotecnica

Sulla base delle risultanze delle campagne geognostiche, impiegate per le presenti valutazioni, sono stati attribuiti i seguenti parametri geotecnici medi, da considerare come valori caratteristici ai sensi del Decreto Ministeriale 14.01.2008 e relativa Circolare Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti. n.617, 02.02.2009. Nelle seguenti tabelle si forniscono i principali parametri caratterizzanti il comportamento geotecnico dei terreni:

Unità	γ [kN/m ³]	C' [kPa]	c _u [kPa]	Φ' [°]	Φ [°]	C _c	W _p	W _I	I _p	I _c	n	e
Unità litotecnica Las	19.6	5.6	2,8	19.5	0	0.161	22.23	23.3	13.5	0.7	37.3	0.60
Unità litotecnica Gsla	19	136	272	43,6	43							
Unità litotecnica Alc	20	-	220	-	-	0.149	25.3	45.1	24.3	1.2	37.6	0.59
Unità litotecnica Gals	20	-	242	-	39.5							

con: γ = peso dell'unità di volume, c = coesione drenata, c_u = coesione non drenata, Φ' = angolo attrito interno drenato, Φ = angolo attrito interno, e = indice dei vuoti, n = porosità, W_I = limite liquido %, W_p = limite plastico %, I_p = indice di plasticità, I_c = indice di consistenza, C_c = indice di compressibilità

Modulo Edometrico	Unità Las	Unità Alc
0.25 - 0.5	2219	7691
0.5 - 1.0	2622	8150
1.0 - 2.0	4437	9831
2.0 - 4.0	8155	11356
4.0 - 8.0	14582	17338
8.0 - 16.0	26282	28162
16.0 - 32.0	8.3E-12	

Di seguito si illustrano i **parametri elastici** delle unità litotecniche di importanza fondale, calcolati sulla base delle risultanze e delle equazioni riportati nella Relazione Sismica di Enki s.r.l. (Indagini geofisiche integrate di supporto alla caratterizzazione sismica e meccanica dei terreni, Luglio 2017) allegata:

Modulo elastico Tangenziale "G" medio di **Las**: 80.42 MPa

Modulo elastico Tangenziale "G" medio di **Gsla**: 327 MPa

Modulo elastico Normale "E" (modulo di Young medio) di **Las** = 229 MPa

Modulo elastico Normale "E" (modulo di Young medio) di **Gsla** = 958 MPa

Modulo di poisson medio “ ν ” di **Las** = 0,42
Modulo di poisson medio “ ν ” di **Gsla** = 0,46

L'Unità litotecnica **Las**, composta da litotipi costituiti da limi argilloso sabbiosi passanti in prossimità della base a sabbia da fine a grossolana ha un comportamento geotecnico di tipo incoerente.

L'unità litotecnica **Gsla** è composta da litotipi costituiti da ghiaie immerse in abbondante matrice sabbiosa, limosa ed argillosa, per cui il contributo apportato dalla frazione fine presente comporta un valore rilevante della coesione non drenata (C_u), determinando quindi un comportamento geotecnico di tipo *semicoesivo*.

Il livello della falda freatica è stato rilevato nel perforo del sondaggio S1/2017 a -4.0m da p.c.

10. Azione Sismica

Macrozonazione sismica

Per quanto concerne il rischio sismico, il territorio comunale di Firenze ricade nella zona sismogenetica n° 916 (ZS9). L'O.P.C.M. n. 3274 del 23/03/2003 e la D.G.R.T. 604/03, aggiornata dalla D.G.R.T. 751/03 inseriscono il territorio comunale di Firenze in Zona sismica 2. Per tale zona sono definiti valori di accelerazione orizzontale massima convenzionale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico pari a $a_g/g=0,25$.

In relazione alla D.P.G.R. del 22 ottobre 2012, n. 58/R, il territorio comunale di Firenze, risulta classificato in **zona 3** di sismicità ed inserito in **fascia B**, contraddistinta da valori di $0,125 < a_g < 0,15g$.

Per l'area oggetto di intervento, il valore di a_g per un tempo di ritorno di 475 anni è pari a $a_g = 0,132$ (*indicazioni sulle modalità di calcolo per l'individuazione della fascia di pericolosità per gli edifici ricadenti in zona sismica 3, art.2, c.3 del D.P.G.R. del 22 ottobre 2012, n. 58/R*).

La D.P.G.R. del 26/05/ 2014 n. 421, (*“Aggiornamento dell'allegato 1 (elenco dei comuni) e dell'allegato 2 (mappa) della Deliberazione G.R.T. n. 878 dell'8 ottobre 2012, recante “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 D.G.R.T. 431/2006” e cessazione di efficacia dell'elenco dei Comuni a maggior Rischio Sismico della Toscana - D.G.R.T. 841/2007*), conferma la classificazione del territorio comunale di Firenze in **zona 3** di sismicità.

Valutazione dell'azione sismica locale

Ai sensi del DM 14/01/08 per ogni opera in progetto devono essere definiti, ai fini della valutazione della sicurezza della costruzione in termini prestazionali, la relativa vita nominale (V_N), sulla base del tipo di costruzione e, in presenza di azioni sismiche, la classe d'uso della struttura, da cui si deriva il coefficiente d'uso (C_U).

Per l'opera in progetto si fa riferimento ai seguenti valori dei parametri sopra indicati:

TIPO DI COSTRUZIONE	2
VITA NOMINALE (V_N)	$V_N \geq 50$ anni
CLASSE D'USO	Classe III
COEFFICIENTE D'USO (C_U)	1,5
VITA DI RIFERIMENTO (V_R) $V_R = V_N * C_U$	$V_R \geq 75$ anni

Per definire l'azione sismica di progetto che tenga conto della risposta sismica locale, ovvero delle situazioni stratigrafiche e topografiche, che possono generare effetti di amplificazione sito-dipendente, la normativa consente di fare riferimento ad un approccio basato sulla determinazione della categoria di sottosuolo, (approccio semplificato) per gli aspetti di amplificazione stratigrafica e topografica.

Per determinare la categoria di suolo di fondazione ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, ai sensi della normativa antisismica (NTC 2008), si è fatto riferimento alla prova sismica in foro tipo down-hole realizzata in corrispondenza del sondaggio S1/2017 (vedi Allegati).

Il valore delle $V_{S,30}$ ai fini della classificazione dei suoli di fondazione, nelle categorie previste dalla normativa antisismica, risulta per la prova di tipo down-hole pari a **$V_{S30} = 381$ m/s**. Il valore delle V_{S30} consente di classificare l'area di intervento in **categoria di suolo di fondazione** di tipo **B**.

La categoria topografica di riferimento è **T1**, corrispondente a terreno pianeggiante.

Parametri sismici

I parametri sismici ed i coefficienti sismici, necessari per la ricostruzione degli spettri di risposta di progetto per ciascuna delle probabilità di eccedenza nel periodo di riferimento PVR sono stati calcolati utilizzando il software Geostru-PS.

Tipo di elaborazione: Fondazioni

Sito in esame.

latitudine: 43,76030

longitudine: 11,29080

Classe: 3

Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 20059	Lat: 43,7640Lon: 11,2749	Distanza: 1303,411
Sito 2	ID: 20060	Lat: 43,7652Lon: 11,3441	Distanza: 4493,316
Sito 3	ID: 20282	Lat: 43,7153Lon: 11,3459	Distanza: 6607,038
Sito 4	ID: 20281	Lat: 43,7140Lon: 11,2767	Distanza: 5016,780

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: B

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 75anni

Coefficiente cu: 1,5

- Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %

Tr: 45 [anni]

ag: 0,053 g

Fo: 2,585

Tc*: 0,265 [s]

- Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %

Tr: 75 [anni]

ag: 0,063 g

Fo: 2,608

Tc*: 0,278 [s]

- Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %

Tr: 712 [anni]

ag: 0,148 g

Fo: 2,391

Tc*: 0,306 [s]

- Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %

Tr: 1462 [anni]

ag:	0,186 g
Fo:	2,400
Tc*:	0,313 [s]

Coefficienti Sismici

SLO:

Ss:	1,200
Cc:	1,440
St:	1,000
Kh:	0,013
Kv:	0,006
Amax:	0,628
Beta:	0,200

SLD:

Ss:	1,200
Cc:	1,420
St:	1,000
Kh:	0,015
Kv:	0,008
Amax:	0,746
Beta:	0,200

SLV:

Ss:	1,200
Cc:	1,390
St:	1,000
Kh:	0,043
Kv:	0,021
Amax:	1,747
Beta:	0,240

SLC:

Ss:	1,200
Cc:	1,390
St:	1,000
Kh:	0,054
Kv:	0,027
Amax:	2,187
Beta:	0,240

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50

Geostru software - www.geostru.com

Coordinate WGS84

latitudine: 43.757243

longitudine: 11.288052

Fattore di amplificazione sismica calcolato

La carta del “Fattore di Amplificazione Sismica calcolato”, facente parte del quadro conoscitivo del Piano Strutturale del Comune di Firenze, riporta, per l’area d’interesse, un valore di suddetto fattore variabile fra 1.3 e 1.4 (fig. 10).

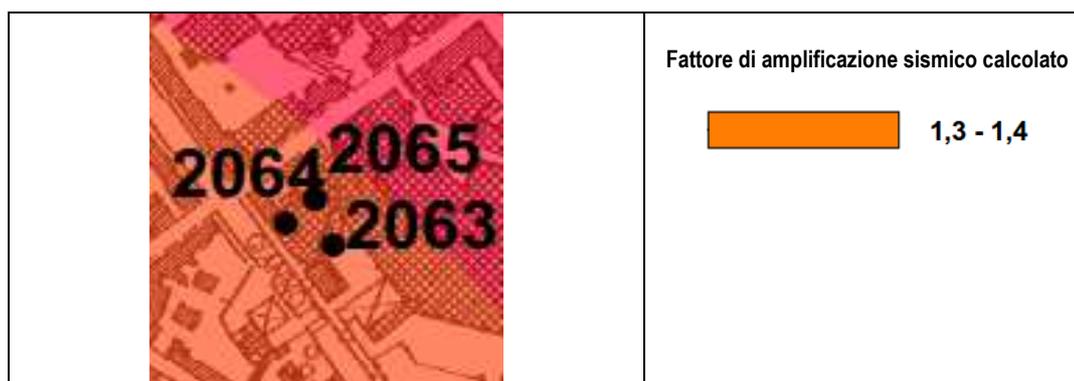


Figura 9: estratto della carta del “Fattore di Amplificazione sismica calcolato” del PS

11. Frequenza propria di risonanza di sito

La tecnica dei rapporti spettrali (HVSR) trova la sua massima applicazione negli studi di microzonazione sismica poiché fornisce un parametro fondamentale (frequenza propria di risonanza di sito) per una corretta progettazione di edifici antisismici. A tale scopo un’indagine di questo tipo è stata condotta per il sito di interesse (vedi report HVSR negli allegati).

La frequenza propria di risonanza del sito (f_0 :frequenza di picco) emersa dall’indagine condotta è risultata essere:

$$f_0 = 1.41 \pm 0.16 \text{ Hz}$$

12. Verifica alla Liquefazione

La Norme Tecniche sulle Costruzioni NTC 2008 prevedono la verifica della stabilità del manufatto nei confronti della liquefazione. Con tale termine si intendono quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate.

In particolare il punto 7.11.3.4.2 “Esclusione della verifica a liquefazione” indica le circostanze per cui tale verifica può essere omessa:

“La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;
2. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di $0,1g$;
3. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
4. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)60 > 30$ oppure $qc1N > 180$ 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;
5. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$ ”.

Per quanto si evince dall'analisi granulometrica, per i terreni di importanza fondale del caso in esame si rientra nella condizione 5) del punto 7.11.3.4.2. In profondità inoltre la successione stratigrafica prosegue con potenti spessori di ghiaie in matrice limoso-sabbiosa o limoso-argillosa.

Date le caratteristiche litologiche e di addensamento dei terreni del sito in esame e in base alla sismicità storica del territorio comunale, si ritiene che la probabilità del verificarsi di eventi di liquefazione in condizioni sismiche sia nulla o trascurabile.

13. Conclusioni

Sulla base delle verifiche e delle indagini geologiche riferibili all'area di intervento si riassumono le seguenti indicazioni/considerazioni in relazione al progetto in esame:

- il sito su cui insiste l'intervento in progetto, non risulta interessato da fenomeni di instabilità in atto o quiescenti;
- le fondazioni dell'intervento in progetto (di tipo superficiale) andranno ad interessare i terreni appartenenti alle Unità: **Las e Gsla**.
- i dati piezometrici dedotti dalla cartografia del *Sistema Informativo Geologico del Sottosuolo, Banca dati Stratigrafici e Idrogeologici* del Comune di Firenze (anno di rilevazione 2002 e 2007) e la misurazione effettuata nel perforo del sondaggio S1 evidenziano, per l'area di intervento, valori di soggiacenza piuttosto superficiali intorno a 4.0 metri da p.c.;
- in merito alle condizioni di fattibilità idraulica, si attribuisce classe di Fattibilità Idraulica – FI2, valendo le prescrizioni dell'art.75 delle NTA del R.U., per cui sono consentite tutte le tipologie di intervento senza specifici condizionamenti.
- per quanto concerne la classificazione sismica (§ 10) il territorio comunale di Firenze, risulta inserito in zona 3 di sismicità ed in fascia B, contraddistinta da valori di $0,125 < a_g < 0,150$;

- il periodo di riferimento per l'azione sismica (V_R) risulta quindi pari a $V_R \geq V_N * C_u \geq 75$ anni;
- In base alla ricostruzione del modello geologico-tecnico e alla caratterizzazione del comportamento sismico dei terreni è stato possibile, nel caso in esame, fare riferimento per la definizione dell'azione sismica di progetto all'approccio semplificato (§ 10). I terreni di interesse sono quindi ascrivibili alla categoria di suolo di fondazione **B** con categoria topografica di riferimento **T1**.

Ai sensi dell'art. 76 delle NTA del RUC, si indica al progettista strutturale di impiegare quale coefficiente di amplificazione stratigrafica quello relativo al valore F_a della Carta del Fattore di Amplificazione Sismica Locale del Piano Strutturale, risultante per l'area pari a $F_a = 1.3 - 1.4$, in quanto più cautelativo del valore $S_s:1,200$, ricavato dal calcolo dei coefficienti sismici.

Ai sensi dell'art 76 delle N.T.A. del Regolamento Urbanistico infatti, *“le condizioni di amplificazione sismica locale per effetti stratigrafici a cui fare riferimento, sono dettate nella Carta del fattore di amplificazione sismico locale: relativamente alla scelta del coefficiente di amplificazione stratigrafica (S_s) da utilizzare per la ricostruzione degli spettri di risposta elastici e di progetto si deve fare riferimento al più cautelativo tra il valore del fattore di amplificazione sismica calcolato (Carta del Fattore di amplificazione sismico locale del Piano Strutturale) e il valore di S_s derivante dalle indagini sismiche specifiche condotte sull'area di intervento e volte alla definizione della categoria sismica di sottosuolo....”*.

Sulla base delle valutazioni, dei vincoli e dei condizionamenti riportati nell'ambito della presente Relazione Geologica, la scelta della soluzione fondale proposta dal progettista strutturale, dovrà essere analiticamente verificata, rispetto alla tipologia di struttura da realizzare e ai carichi da essa trasmessi, in apposita relazione geotecnica.

Firenze, Aprile 2018

Progettista Geologo

Dott. Geol. Chiara Tanini

(n.311 E.S. Ordine dei Geologi della Toscana)

Collaboratore Geologo

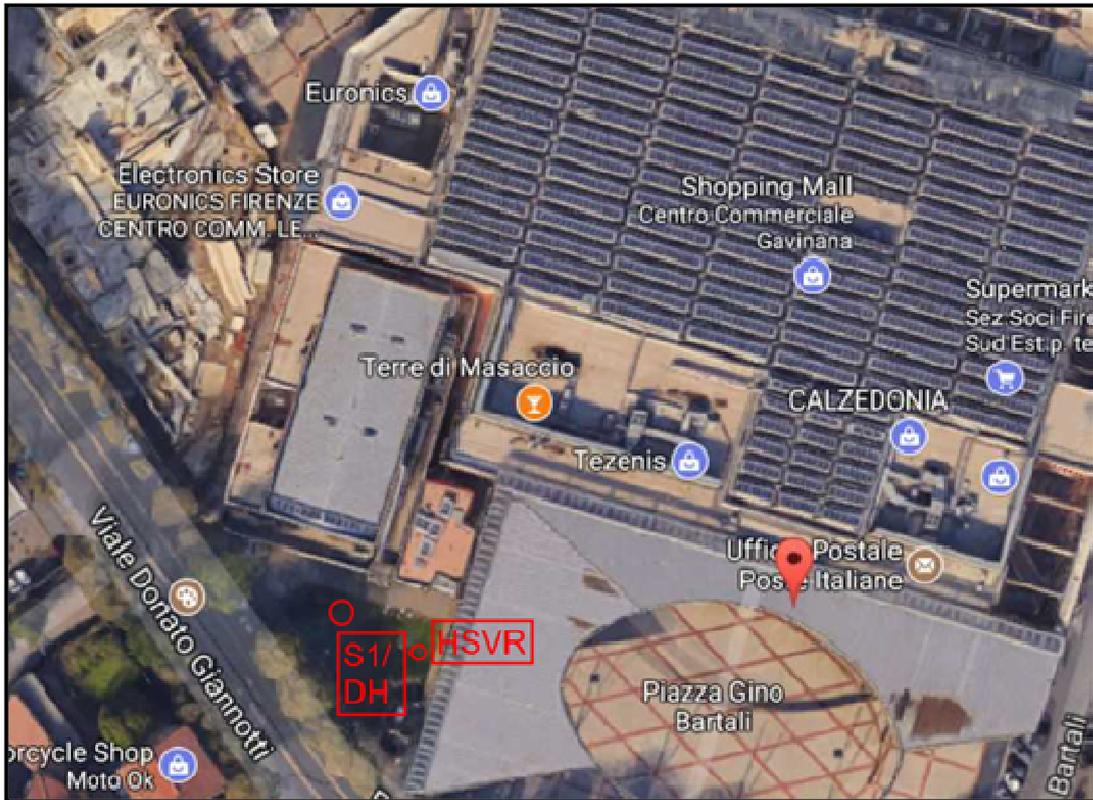
Dott. Geol. Alessandra Pippi

Allegato 1 Campagna geognostica Giugno 2017

Ubicazione delle Indagini

Sondaggio e ricostruzione stratigrafica

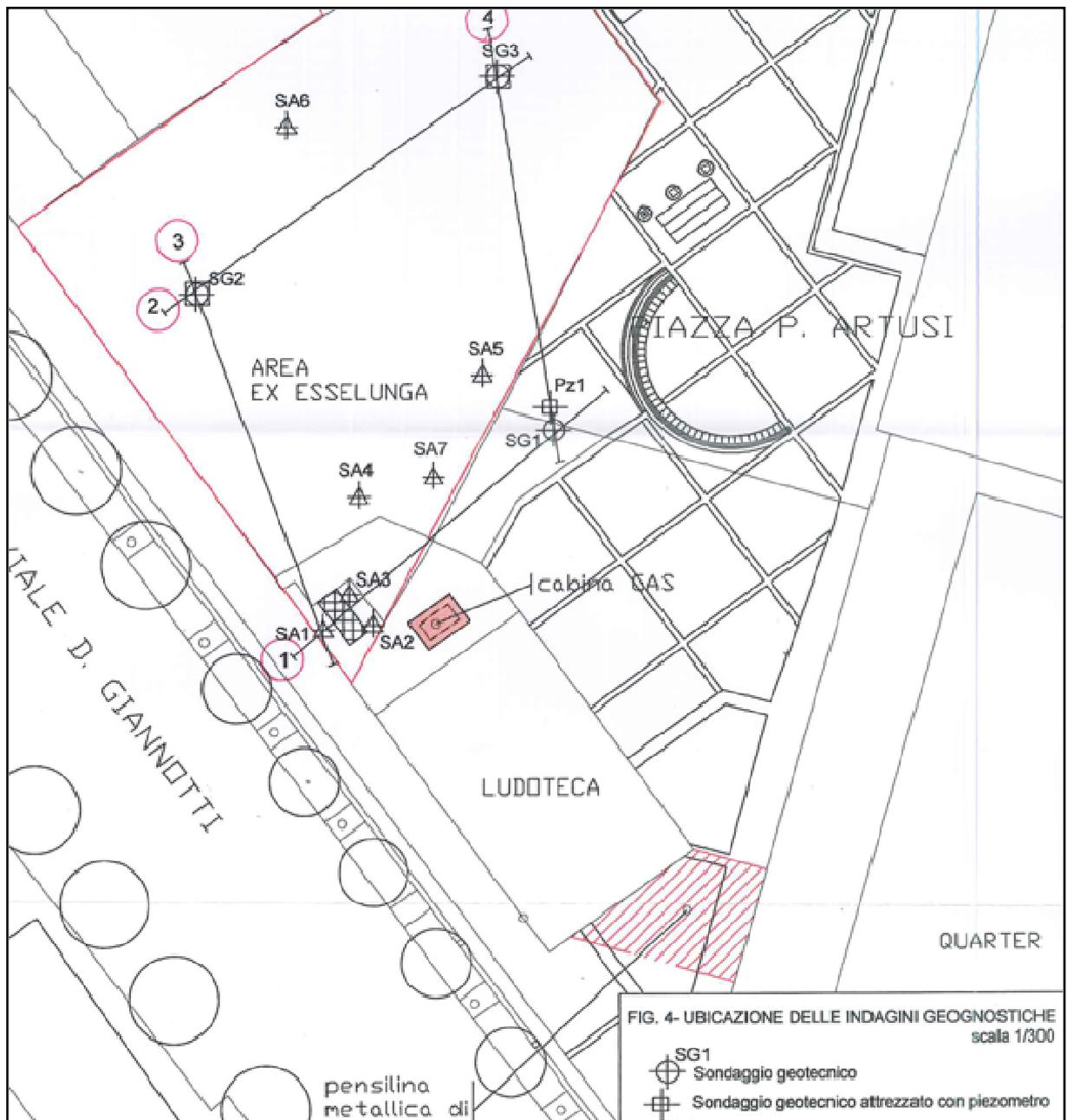
Indagine Sismica HVSR



Campagna geognostica Giugno 2017: ubicazioni indagini (sondaggio e prove sismiche)

Allegato 2: Campagna geognostica per "Progetto Speciale per la realizzazione di 45 alloggi sperimentali in via Giannotti

Ubicazione delle Indagini



Campagna geognostica per "Progetto Speciale per la realizzazione di 45 alloggi sperimentali in via Giannotti...": ubicazione delle indagini