



Comune di Monza
(MB)

RELAZIONE GEOLOGICA ai sensi delle N.T.C. 2018
RELAZIONE GEOLOGICA ai sensi della D.G.R. IX/2616 del 2011

*Progetto di costruzione di un nuovo HUB comunale
destinato a deposito presso l'area comunale
sita in Viale delle Industrie, nel Comune di Monza (MB)*

CIG: ZF23121DA6

20 dicembre 2021



Sommario

1	Introduzione.....	1
2	Normativa e bibliografia di riferimento.....	1
2.1	Normativa.....	1
2.2	Bibliografia di riferimento.....	2
3	Relazione Geologica ai sensi delle N.T.C. 2018.....	3
3.1	Inquadramento dell'area.....	3
3.1.1	Inquadramento geografico e territoriale.....	3
3.1.2	Inquadramento geologico.....	5
3.1.3	Unità di Cadorago (BEE).....	5
3.1.4	Inquadramento geomorfologico.....	9
3.1.5	Inquadramento idrogeologico.....	9
3.2	Indagine geognostica effettuata.....	12
3.2.1	Prove penetrometriche dinamiche.....	13
3.2.2	Sondaggi geognostici.....	13
3.2.3	Successione stratigrafica locale.....	13
3.2.4	Assetto idrogeologico locale.....	14
3.2.5	Parametri geotecnici del terreno.....	14
3.2.6	Stima del coefficiente di permeabilità del terreno.....	14
3.2.8	Indagine sismica con metodologia MASW.....	16
4	Relazione Geologica ai sensi della D.G.R. IX/2616 del 2011.....	21
4.1	Vincoli.....	21
4.2	Fattibilità geologica.....	22
4.3	Inquadramento Sismico.....	25
4.3.1	Classificazione sismica nazionale e regionale.....	25
4.3.2	Analisi della sismicità e Pericolosità Sismica Locale.....	27
4.3.3	Verifica di possibilità di fenomeni di liquefazione (App5 D.G.R. IX/2616).....	29
5	Conclusioni.....	31

ALLEGATI

Allegato 1	Prove penetrometriche dinamiche
Allegato 2	Stratigrafie sondaggi
Allegato 3	Prova Lefranc
Allegato 4	Verifica sismica di 2° livello

1 INTRODUZIONE

La presente relazione, redatta su incarico del Comune di Monza (Determina del Responsabile del Settore Servizio Progettazioni n. 1089 del 12 luglio 2021 – CIG ZF23121DA6), è finalizzata a definire il modello geologico e sismico, ai sensi delle N.T.C. 2018 e della D.G.R. IX/2616 del 2011, dell'area sita nel Comune di Monza in Viale delle Industrie, ove è prevista la realizzazione di un nuovo HUB comunale ad uso deposito/archivio.

2 NORMATIVA E BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

2.1 Normativa

- O.P.C.M. n.3274 del 20 marzo 2003 – *Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zone sismiche*
- D.G.R. n.14964 del 7 novembre 2003 – *Disposizioni preliminari per l'attuazione dell'O.P.C.M. n.3274 del 20 marzo 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"*
- O.P.C.M. n.3519 del 28 aprile 2006 – *Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle stesse zone*
- D.M. 14 gennaio 2008 – *Nuove norme tecniche per le costruzioni*
- Circolare 2 febbraio 2009 n.617 C.S.LL.PP. – *Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008*
- D.G.R. n.IX/2616 del 30 novembre 2011 – *Aggiornamento dei "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della L.R. 11 marzo 2005, n.12"* approvati con D.G.R. 22 dicembre 2005 n.8/1566 e successivamente modificati con D.G.R. 28 maggio 2008 n.8/7374
- D.G.R. n.X/2129 dell'11 luglio 2014 – *Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (L.R. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d)*
- D.G.R. n.X/2489 del 10 ottobre 2014 – *Differimento del termine di entrata in vigore della nuova classificazione sismica del territorio approvata con D.G.R. 21 luglio 2014, n. 2129 "Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (L.R. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d)"*
- L.R. n. 33 del 12 ottobre 2015 – *Disposizioni in materia di opere o di costruzioni e relativa vigilanza in zone sismiche*
- D.G.R. n.X/5001 del 30 marzo 2016 – *Approvazione delle linee di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica (artt. 3, comma 1, e 13, comma 1, della L.R. 33/2015)*
- *Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del Piano di Governo del Territorio del Comune di Monza (MB), redatto nel marzo 2017, ai sensi della D.G.R. 22 dicembre 2005 n. 8/1566 e della D.G.R. 28 maggio 2008 n. 8/7374, dalla società Idrogea Servizi S.r.l. di Varese (VA)*

2.2 Bibliografia di riferimento

- Achenbach, J.D. (1999), *Wave propagation in Elastic Solids*. North-Holland, Amsterdam, Netherlands
- Aki K., Richards P.G. (1980), *Quantitative Seismology, Theory and Methods*. Vol. 1-2, W.H. Freeman & Co., New York
- Bini A. (1987), *L'Apparato Glaciale Wurmiano di Como*. Tesi di dottorato di ricerca, Università degli Studi di Milano, 1-569
- Bini A. et al (2004), *Geologia di sottosuolo dell'Alta Pianura a NE di Milano*. Italian Journal of Quaternary Sciences, 17, 343-354
- Da Rold O. (1990), *L'apparato glaciale del Lago Maggiore, settore orientale*. Tesi di dottorato di ricerca. Università degli Studi di Milano, 1-122
- Joh, Sung-Ho (1996), *Advances in interpretation and analysis techniques for spectral analysis of surface waves (SASW) Measurements*. Ph.D. Dissertation, University of Texas at Austin, December
- Park C.B., Miller R.D., Xia J. (1999), *Multichannel analysis of surface waves (MASW)*. Geophysics, 64, 800-808 pp
- Riva A. (1957), *Gli anfiteatri morenici a sud del Lario e le pianure diluviali tra Adda ed Olona*. Atti Ist. Geol. Univ. Pavia, vol. VII, pp. 1-85, con carta geol., Pavia
- Roma V. (2001), *Soil properties and Site Characterization by means of Rayleigh Waves*. Ph.D. Thesis, Politecnico di Torino
- Roma V. (2001), *Automated Inversion of Rayleigh geometrical Dispersion Relation for Geotechnical Soil Identification*. 3rd WSCS (World Conference on Structural Control), Como, April 2002
- Roma V. (2007), *Caratterizzazione geotecnica sismica dei suoli con il metodo MASW*. XII Convegno Ingegneria Sismica in Italia
- Venzo S. (1948), *Rilevamento geomorfologico dell'apparato morenico dell'Adda di Lecco*. Atti Soc. It. Sc. Nat. LXXXVII (1-2), pp. 79-140, Milano
- Venzo S. (1948), *L'apparato morenico dell'Adda di Lecco*. Atti XIV Congr. Geogr. Ital., Comunicaz. n. 20, pp. 383-386, Bologna
- Zywicki D.J. (1999), *Frequency-wavenumber analysis of passive surface waves*. Proc. Symp. On the Appl. Of Geophysics to Environm. and Eng. Problems, Oakland, pp. 75-84
- Zywicki D.J. (1999), *Advanced Signal Processing Methods Applied to Engineering Analysis of Seismic Surface Waves*. Ph.D. Dissertation, Georgia Institute of Technology

3 RELAZIONE GEOLOGICA AI SENSI DELLE N.T.C. 2018

3.1 Inquadramento dell'area

3.1.1 Inquadramento geografico e territoriale

L'area oggetto di intervento si trova nel Comune di Monza (MB), a sud del Viale delle Industrie, in località San Damiano, vicino al confine con il Comune di Brugherio.

Attualmente l'area è occupata dalla società CEM Centro Ecologico Monza, che vi svolge attività di gestione di rifiuti.

L'accesso all'area si colloca alle seguenti coordinate Gauss-Boaga:

Accesso Viale delle Industrie

- Est 523.403,70 m
- Nord 5.046.428,64 m

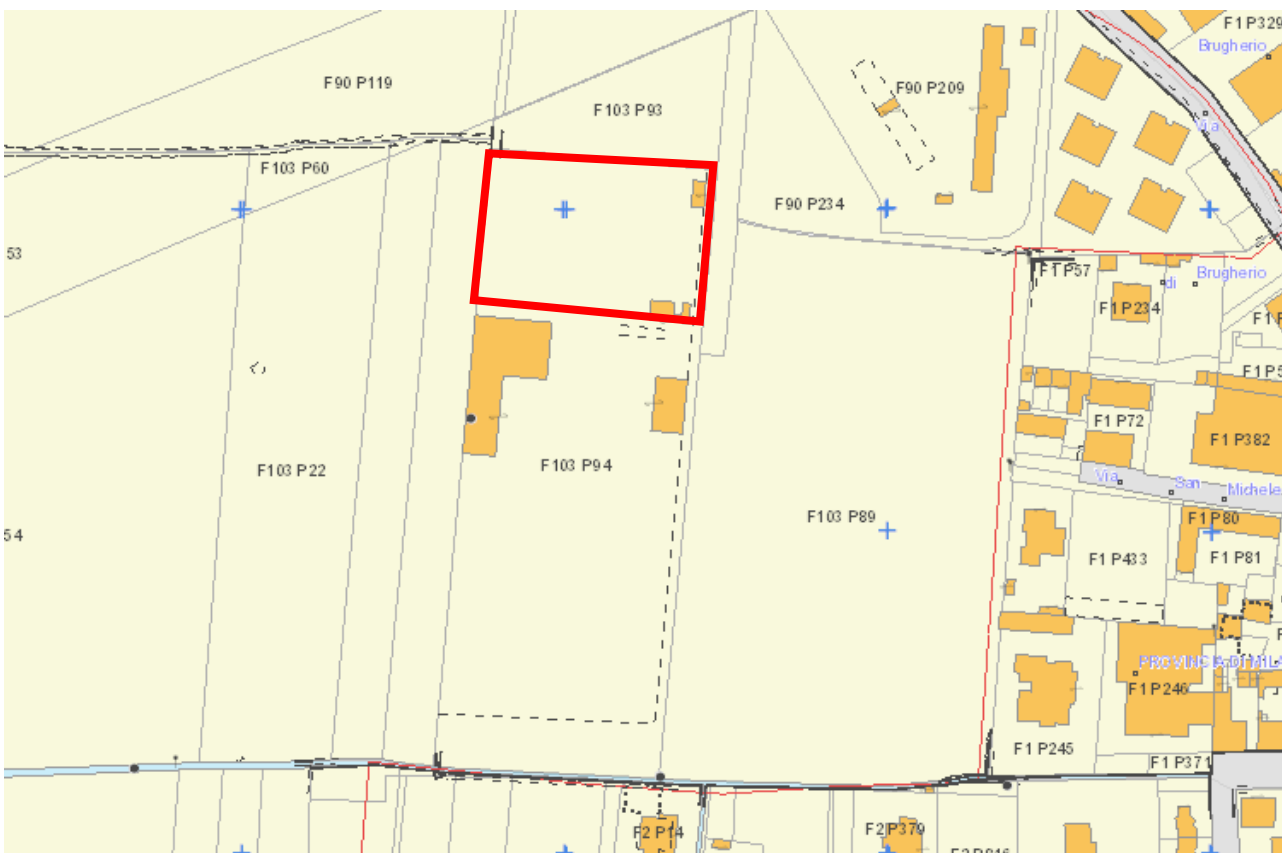
Sulla Cartografia Regionale CTR della Lombardia è ubicata sul foglio B5c5 *Monza*, di cui si riporta uno stralcio.



L'ubicazione su fotografia aerea (fonte Google Earth) è riportata nella seguente figura, ove è indicata anche la superficie di intervento:



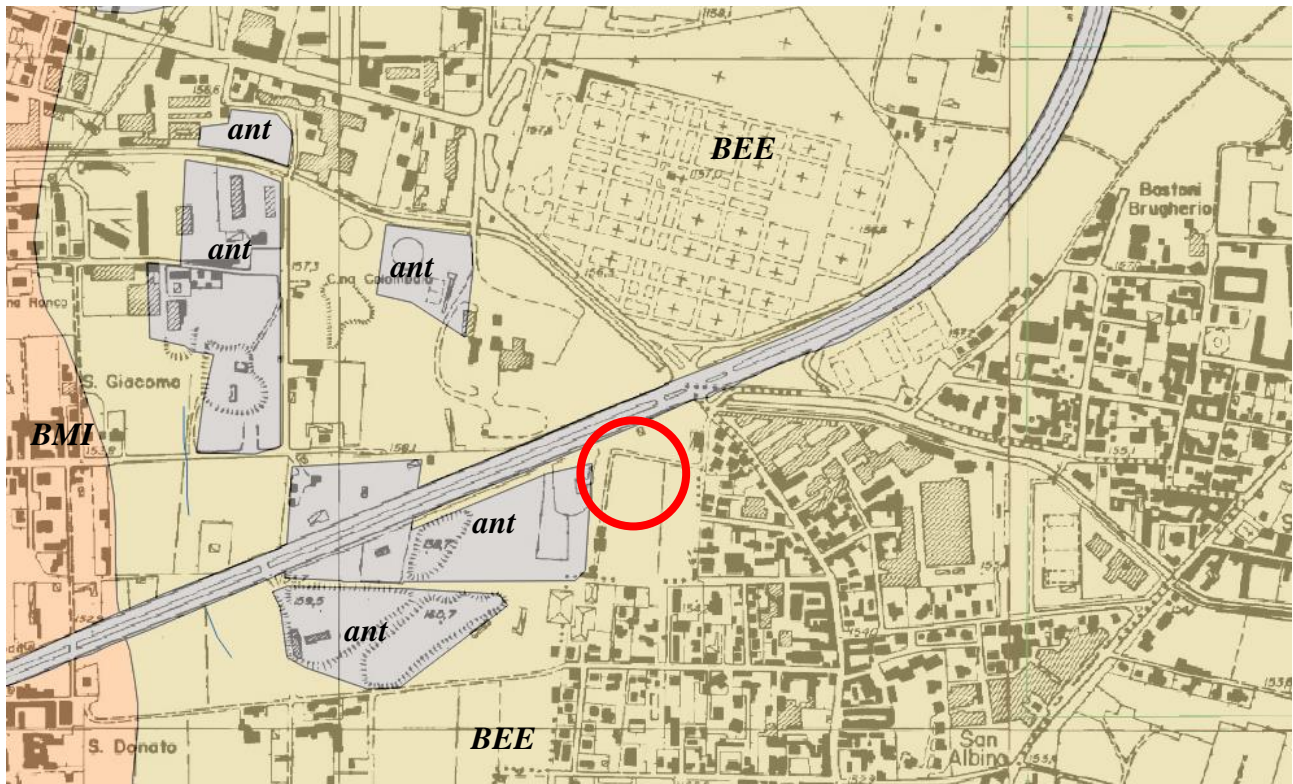
Dal punto di vista catastale, l'area oggetto di intervento è inquadrata sul Foglio n. 103 del Comune di Monza, al mappale 94.



3.1.2 Inquadramento geologico

Il territorio comunale di Monza è collocato nell'area pianeggiante posta immediatamente al piede delle colline brianzee, facente parte dell'Alta Pianura Milanese, caratterizzata dalla presenza estesa di depositi di origine fluvioglaciale ed alluvionale depositi in seguito al succedersi dei vari eventi glaciali quaternari.

Come rappresentato nello stralcio della carta geologica riportato di seguito (tratto dalla *Carta Geologica di Italia alla scala 1:50.000 – Progetto CARG Foglio 118 “Milano”*), in corrispondenza dell'area oggetto di intervento affiorano estesamente i depositi fluvioglaciali appartenenti all'Unità di Cadorago (*BEE*), parte del Supersistema di Besnate (Pleistocene Medio-Superiore).



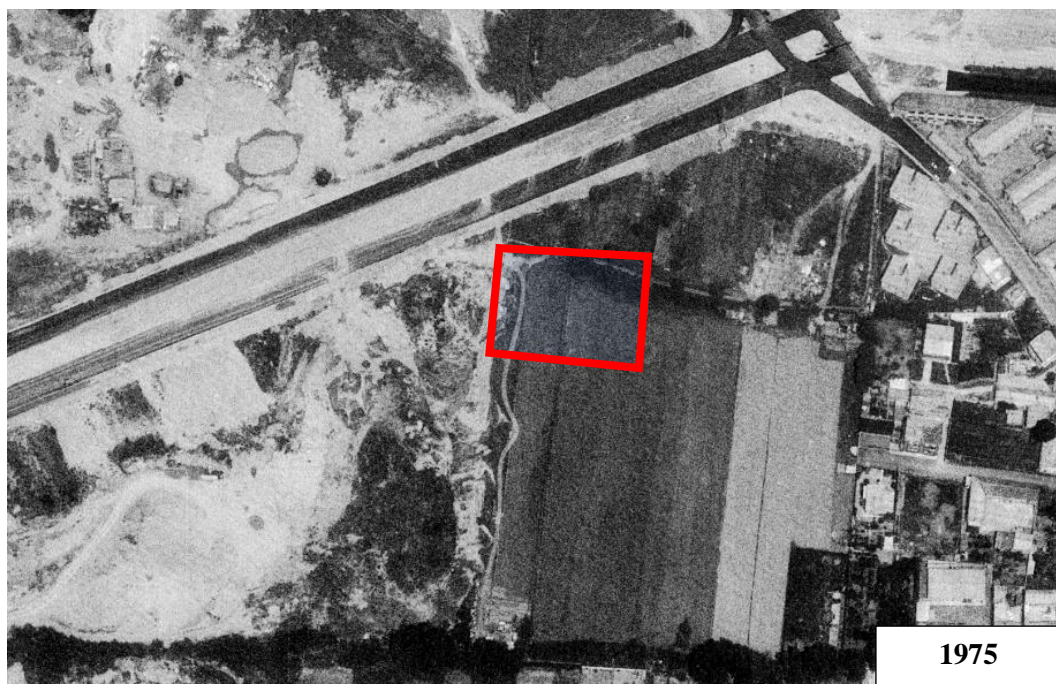
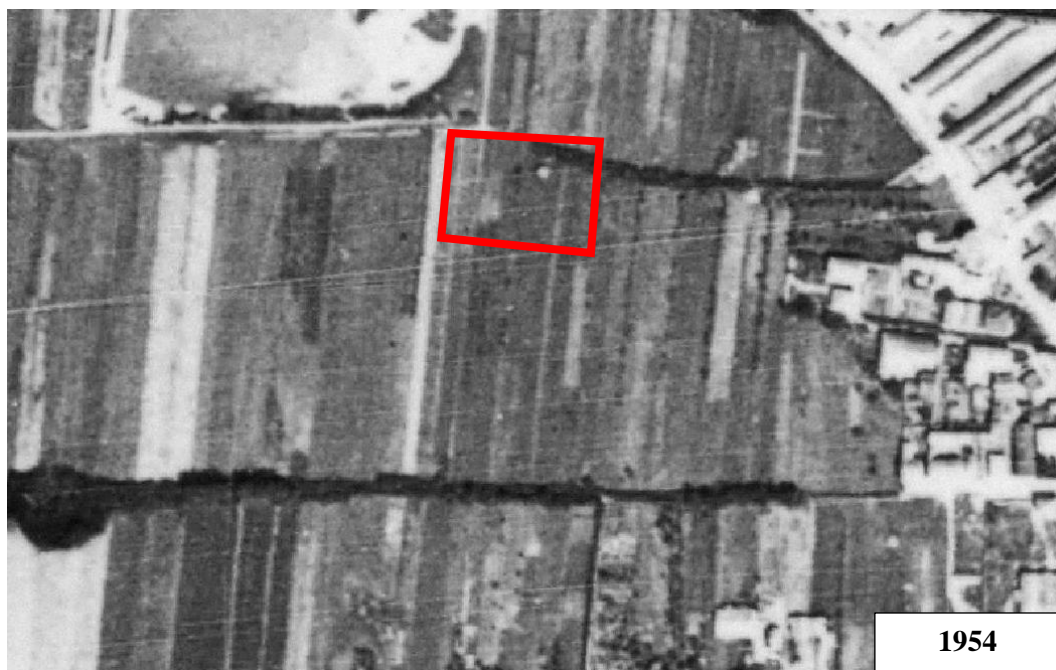
3.1.3 Unità di Cadorago (BEE)

L'Unità di Cadorago è caratterizzata da depositi fluvioglaciali costituiti da ghiaie sia a supporto clastico con matrice sabbiosa che a supporto di matrice sabbiosa. I ciottoli, localmente embricati, si presentano da arrotondati a subarrotondati, centimetrici, con dimensioni massime di 40 cm. Alla sommità si osservano sottili orizzonti di limi massivi a clasti sparsi, talora alternati a livelli sabbiosi. La petrografia delle ghiaie è poligenica, con prevalenza di rocce endogene, metamorfiche e carbonati. Seguono rocce terrigene, tra cui Verrucano e litotipi flyschoidi.

La superficie limite superiore mostra un profilo di alterazione moderatamente evoluto, con spessore pari a 1÷2 m; l'alterazione interessa le rocce carbonatiche, flyschoidi (decarbonatate), le rocce cristalline e le metamorfiche, che negli strati più superficiali possono essere alterate fino al 50%. Il limite superiore è inciso e terrazzato dall'Unità di Minoprio (*BMI* subaffiorante più ad ovest). Il limite inferiore è una superficie di erosione che taglia il Sistema di Binago e l'Unità di Guanzate.

Come riportato nei seguenti stralci di fotografie aeree storiche (fonte Regione Lombardia e Geoportale Nazionale), l'area meridionale del territorio comunale di Monza è stata fortemente interessata dalla coltivazione di cave di inerti (ghiaia e sabbia). Tali aree risultano attualmente riempite con materiali di riporto di varia natura (vedi carta geologica, aree indicate con la sigla "ant" ovvero *antropico*), con caratteristiche geomeccaniche molto variabili e non sempre ottimali.

L'area oggetto di intervento non sembrerebbe essere stata interessata, se non marginalmente (pista di accesso alla cava) lungo i confini settentrionale ed occidentale, dalle attività di scavo e successivo riempimento.







3.1.4 Inquadramento geomorfologico

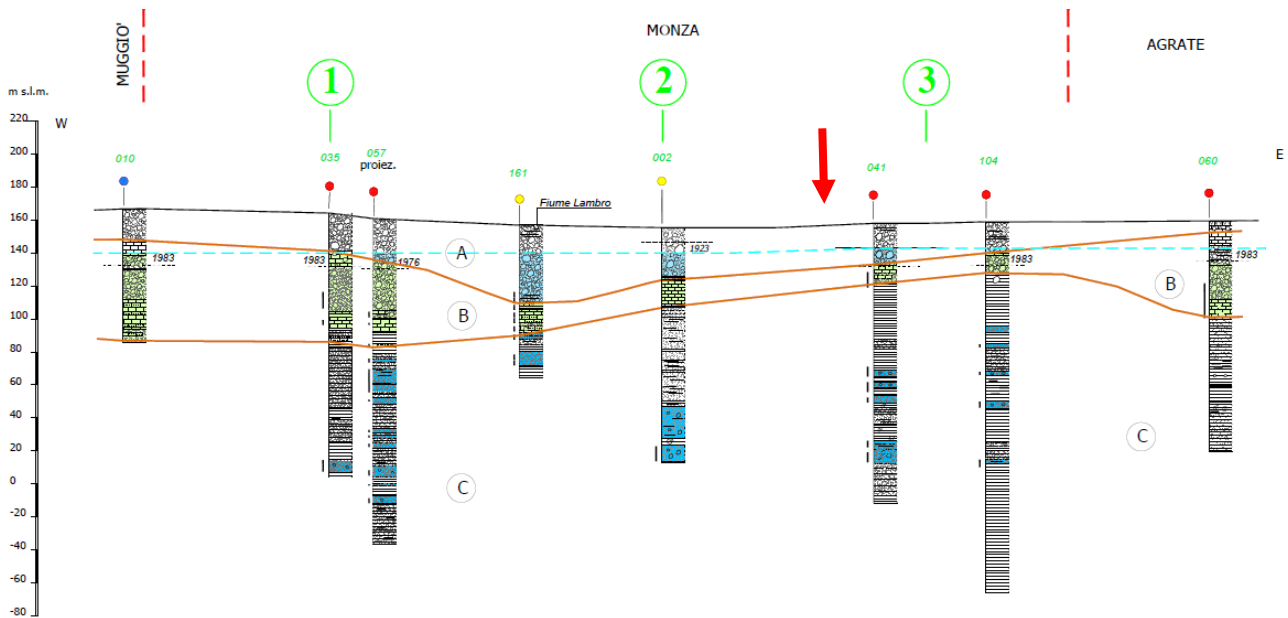
L'area comunale di Monza ricade in un settore territoriale caratterizzato da una morfologia subpianeggiante, con blanda pendenza verso sud e quote comprese tra 200÷145 m s.l.m..

Unico elemento morfologico significativo è l'alveo del Fiume Lambro, che taglia il territorio all'incirca da nord a sud.

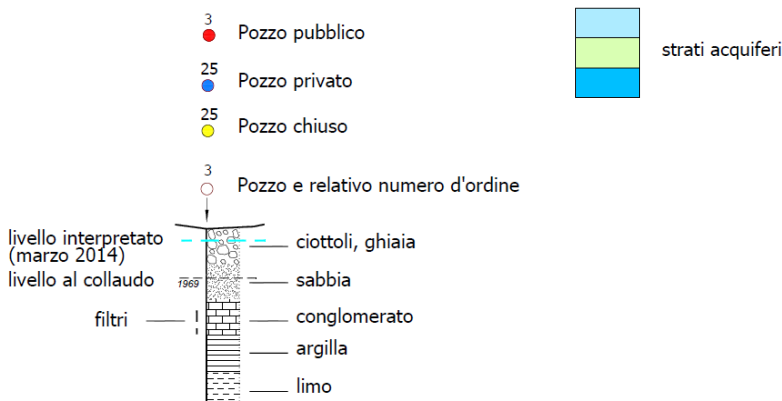
L'area oggetto di intervento è posta nel settore meridionale, ad una quota di circa 156 m s.l.m..

3.1.5 Inquadramento idrogeologico

La successione stratigrafica regionale, tratta dal P.G.T. comunale, è stata ricavata dalle correlazioni delle stratigrafie dei pozzi idrici perforati nel territorio comunale e nei comuni limitrofi. Si riporta di seguito la Sezione 6, ad andamento E-O, con indicazione della posizione dell'area oggetto di intervento.



Legenda:



3.1.5.1 Inquadramento idrogeologico regionale

Come riportato nel P.G.T. comunale, alla base della caratterizzazione idrogeologica degli acquiferi presenti nel territorio di Monza, è stata adottata la suddivisione delle unità idrostratigrafiche, dall'alto verso il basso, introdotta da Avanzini M., Beretta G.P., Francani V. e Nespoli M, 1994:

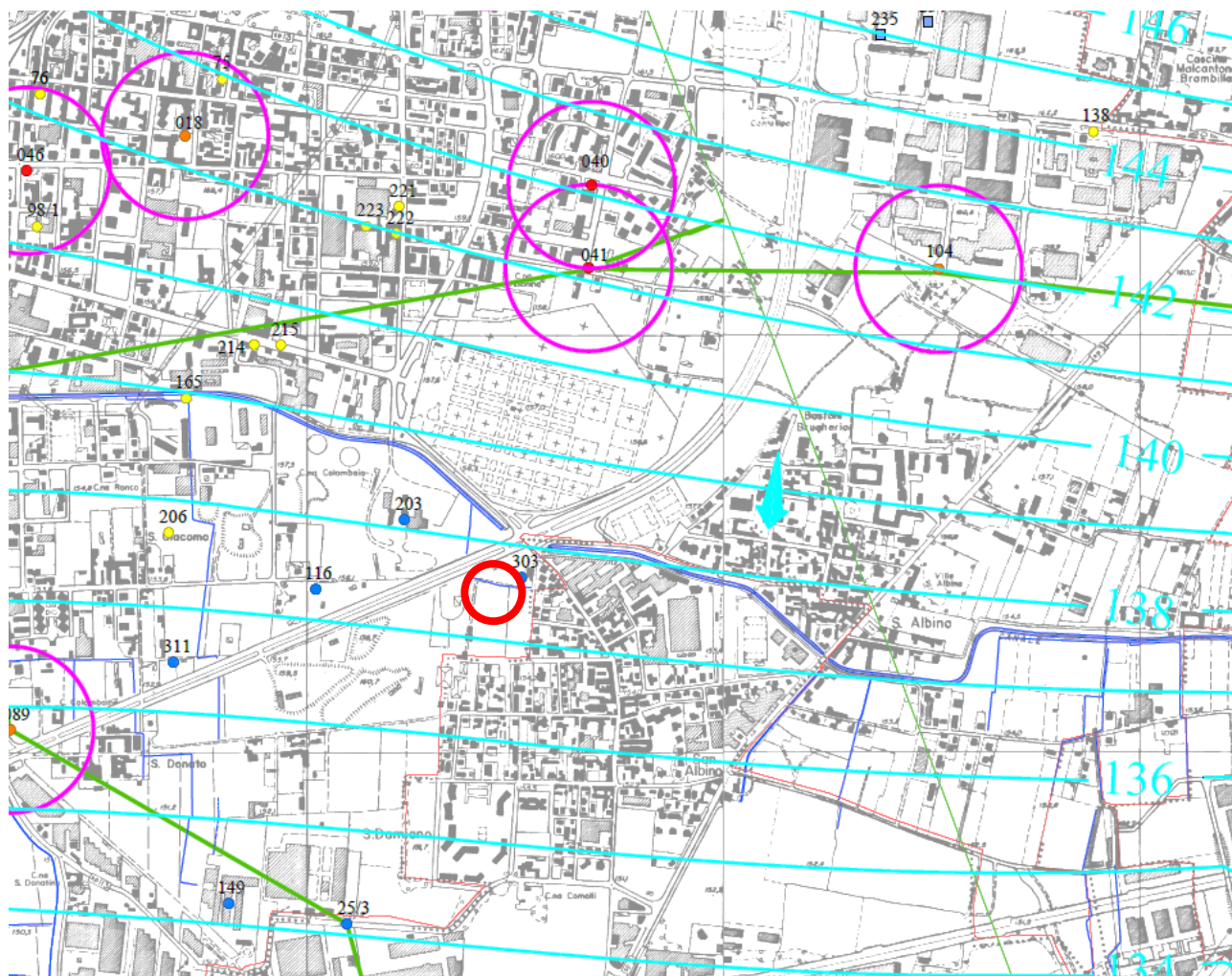
- **unità ghiaioso-sabbiosa** (facies fluviali dell'Olocene-Pleistocene Sup.);
- **unità sabbioso-ghiaiosa** (facies fluviali del Pleistocene Medio);
- **unità a conglomerati e arenarie** (facies fluviali del Pleistocene Inf.);
- **unità sabbioso-argillosa** (facies continentale e transizionale, Pleistocene Inf.- Villafranchiano Sup. e Medio Auct.);
- **unità argillosa** (facies marina, Pleistocene Inf.-Calabriano Auct.).

Queste unità sono state più di recente riclassificate da Regione Lombardia, in collaborazione con Eni Divisione Agip (2002), nelle nuove seguenti unità idrostratigrafiche, di seguito descritte dalla più superficiale alla più profonda:

- **Gruppo Acquifero A:** costituito da una netta predominanza di litotipi ghiaioso-sabbiosi con ciottoli, con subordinate intercalazioni di livelli limoso-argillosi di limitata estensione areale, più frequenti nel settore SE. La geometria dell'unità è lenticolare con spessori molto variabili, da pochi metri dal piano campagna nelle porzioni settentrionali a circa 50 m nelle porzioni sud-occidentali e sud-orientali. L'unità si presenta priva di circolazione idrica o caratterizzata da falde sospese a ridotta potenzialità.
- **Gruppo Acquifero B:** costituito prevalentemente da conglomerati di origine fluviale variamente cementati con intercalazioni sabbioso ghiaiose ad elevata trasmissività. All'interno dell'unità sono localmente presenti orizzonti a bassa permeabilità rappresentati da sabbie limose, limi e argille, generalmente caratterizzati da una limitata estensione laterale. L'unità, presente con continuità in tutto il territorio con spessori minimi di 10-20 m (settore centrale di Monza) e massimi di 50-60 m (settore settentrionale e settore occidentale) in corrispondenza di paleoalvei sepolti, è sede dell'acquifero principale di tipo libero, caratterizzato da una elevata permeabilità data dalla porosità, dalla fratturazione e dal carsismo. L'alimentazione è legata, oltre che alla ricarica a monte, alle perdite per infiltrazione del Fiume Lambro e del Canale Villoresi. La soggiacenza varia in funzione delle oscillazioni stagionali e pluriannuali del livello piezometrico. L'elevata vulnerabilità intrinseca di tale falda è generalmente testimoniata dalle scadenti caratteristiche qualitative delle acque, che presentano talora elevati valori di nitrati.
- **Gruppo Acquifero C:** costituito da potenti successioni di argille grigie e gialle, talora fossilifere e torbose, caratterizzate da una discreta continuità laterale, a cui si alternano subordinati livelli di sabbie, ghiaie sabbiose ad alto contenuto argilloso e livelli di conglomerati. Nei livelli più grossolani e permeabili sono presenti falde idriche intermedie e profonde di tipo confinato, captate dai pozzi pubblici presenti sul territorio comunale. Dall'esame delle stratigrafie dei pozzi insistenti in Monza e dall'interpretazione generale delle sezioni idrogeologiche, il tetto dell'unità viene mediamente individuato alle profondità minime di circa 20 m e massime di circa 80 m da p.c. ed è delimitato da una superficie erosionale irregolare ed ondulata costituita dalla comparsa dei primi livelli limosi e argillosi aventi continuità areale in tutto il territorio in esame.

3.1.5.2 Inquadramento idrogeologico locale

Secondo quanto riportato nella *Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica* allegata al P.G.T. Comunale di Monza, la superficie piezometrica in corrispondenza dell'area oggetto di intervento presenta una direzione di flusso circa NNE-SSO. La quota della falda freatica è di circa 137 m s.l.m., che rapportato alla quota topografica dell'area risulta in una soggiacenza di circa 19÷20 m dalla quota media di piano campagna.



3.2 Indagine geognostica effettuata

Il giorno 24 settembre 2021 è stata effettuata dallo scrivente, su incarico del Comune di Monza, un'indagine geognostica finalizzata alla raccolta dei dati geologici, geomeccanici e sismici a supporto del modello geologico-sismico-geotecnico del sito.

Il successivo 14 ottobre 2021 è stata effettuata dallo scrivente un'ulteriore indagine geognostica mediante esecuzione di 2 sondaggi a carotaggio continuo a scopo ambientale, in concomitanza dei quali è stata effettuata anche una prova di permeabilità in foro di tipo Lefranc.

Nel complesso, l'indagine è consistita nell'esecuzione di:

- 4 prove penetrometriche dinamiche SCPT;
- 2 sondaggi a carotaggio continuo;
- 1 prova di permeabilità in foro tipo Lefranc;
- 1 indagine geofisica con metodologia MASW.

Si riporta di seguito uno stralcio planimetrico di progetto con l'ubicazione di tutte le verticali di indagine effettuate in corrispondenza dell'area oggetto di intervento.



3.2.1 Prove penetrometriche dinamiche

Le prove penetrometriche dinamiche SCPT consistono nell'infiggere nel terreno una punta conica misurando il numero di colpi N necessari all'avanzamento per tratti consecutivi prestabiliti.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di parametrizzare il suolo attraversato con un'immagine in continuo, ottenendo un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati.

Le prove effettuate nell'area sono state realizzate mediante l'ausilio di un penetrometro dinamico super pesante TG 63-100 EML.C. I tabulati delle prove, riportanti anche la scheda delle caratteristiche tecniche del penetrometro, costituiscono l'*Allegato 1*.

3.2.2 Sondaggi geognostici

I sondaggi geognostici sono stati realizzati con metodologia a carotaggio continuo e senza l'utilizzo di fluidi di perforazione (perforazione "a secco"), per mezzo di una sonda perforatrice.

Ciascun sondaggio è stato spinto fino ad una profondità di 8,0 m dalla rispettiva quota di p.c.. Il materiale estratto da ciascuna verticale di indagine è stato disposto all'interno di cassette portacampioni, descritto litologicamente e fotografato (*Allegato 2*).

3.2.3 Successione stratigrafica locale

La successione stratigrafica locale, come evidenziato dalle prove effettuate e dai sondaggi geognostici, risulta essere così costituita:

- **materiali di riporto** con spessore variabile tra 0,3 m (S1) e 3,5 m (S2), costituiti da limi sabbiosi e sabbie da debolmente limose a limose con ghiaia e frammenti di laterizi/macerie sparsi. In corrispondenza del sondaggio S2 sono state rinvenute, a profondità compresa tra 3,0÷3,5 m, alcune scorie di fonderia nerastre;
- **ghiaie sabbiose e sabbie ghiaiose da debolmente limose a limose**, con clasti di dimensioni massime variabili fino a 6÷7 cm e locale presenza di ciottoli di dimensioni maggiori (diametro >12 cm). A partire dalla profondità di 7,5 m circa sono state rinvenute alcune lenti conglomeratiche di spessore centimetrico (2÷3 cm).

Dal punto di vista geomeccanico, tutti i terreni attraversati presentano in generale un discreto grado di addensamento, tendenzialmente maggiore con la profondità.

Le prove P3 e P4, nonostante la presenza di maggiori spessori di materiali di riporto identificati dal sondaggio S2, mostrano da subito un elevato grado di addensamento dei materiali attraversati, con l'unica eccezione di una lente a minor consistenza in P3 (tra 1,4÷2,2 m). Al contrario le prove P1 e P2, interessate da spessori di riporto decisamente inferiori, presentano in superficie materiali con addensamento inferiore (fino a profondità di 1,4 m in P2 e 2,6 m in P1).

Tutte le prove penetrometriche si sono interrotte per arresto strumentale ("rifiuto") a profondità variabili tra 5,2÷5,4 m (P1 e P2) e 2,8÷3,0 m (P3 e P4) dalle rispettive quote di piano campagna, a causa della presenza di terreno ghiaioso molto compatto.

3.2.4 Assetto idrogeologico locale

Non è stata rilevata presenza di acqua in nessuna delle verticali di indagine effettuate (prove penetrometriche e sondaggi).

3.2.5 Parametri geotecnici del terreno

I seguenti parametri geotecnici sono stati determinati mediante l'elaborazione dei dati ottenuti dalle prove penetrometriche dinamiche realizzate secondo gli Autori indicati.

	N_{SPT}	ϕ [°]	γ [kN/m ³]	γ_{SAT} [kN/m ³]	E' MPa	M_E MPa	ν [-]
0,0÷2,2 m	7	29,1	16,5	19,5	18,52	4,87	0,34
2,2÷2,6 m	13	30,9	17,0	20,0	25,24	9,05	0,33
2,6÷4,4 m	21	33,3	18,3	21,3	32,08	14,62	0,31
4,4÷5,2 m	44	40,2	19,0	22,0	46,43	30,64	0,26

ϕ angolo d'attrito (SHIOI&FUKUI, 1982 - JAPANESE NATIONAL RAILWAY)

γ peso di volume

γ_{SAT} peso di volume saturo

E' modulo elastico di Young (PASQUALINI, 1983)

M_E modulo edometrico (FARRENT, 1963)

ν coefficiente di Poisson (JAKY, 1944)

3.2.6 Stima del coefficiente di permeabilità del terreno

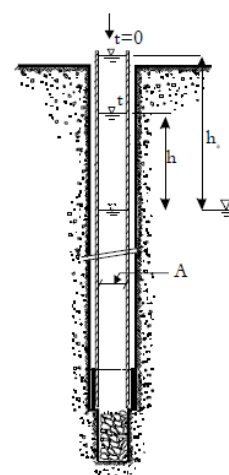
Il coefficiente di permeabilità del terreno è stato stimato mediante l'elaborazione dei dati ricavati da una prova di permeabilità in foro di tipo Lefranc a carico variabile, realizzata all'interno del sondaggio geognostico S2 effettuato nell'area, nell'intervallo di profondità 3,50÷4,00 m dalla quota di piano campagna (*Allegato 3*).

3.2.6.1 Prova di permeabilità di tipo Lefranc a carico variabile

Per effettuare una prova di permeabilità di tipo Lefranc a carico variabile all'interno di un foro di sondaggio, occorre interrompere la perforazione e ripulire accuratamente il foro, manovrando la tibazione di rivestimento in modo da lasciare una "tasca" non rivestita, avente lunghezza predefinita e nota, in corrispondenza del fondo del foro. Tale "tasca" può essere all'occorrenza riempita con ghiaietto per evitare che le pareti del foro collassino, riducendone la sezione.

In seguito il foro di sondaggio viene completamente riempito con acqua. Le variazioni di livello dell'acqua, dovute ad infiltrazione attraverso la "tasca", vengono misurate ed annotate al fine di stimare il coefficiente di permeabilità.

La determinazione del coefficiente di permeabilità K è stata effettuata in conformità a quanto riportato nelle raccomandazioni dell'Associazione Geotecnica Italiana (AGI, 1977) e nella pubblicazione *Prove Geotecniche in Sito* (CESTARI, 190).



L'elaborazione della prova effettuata ha permesso di ottenere un valore del coefficiente di permeabilità pari a $6,343 \cdot 10^{-7}$ m/s.

La seguente tabella mostra i valori di permeabilità tipici per diverse tipologie di suolo. Come evidenziato in giallo, i valori calcolati per l'area di intervento sono tipici dei terreni a **permeabilità da bassa a molto bassa, con condizioni di drenaggio non ottimali**.

	10^{-11}	10^{-10}	10^{-9}	10^{-8}	10^{-7}	10^{-6}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}	10^{-1}	1
	m/s											
Coefficient of permeability (log scale)	10^{-9}	10^{-8}	10^{-7}	10^{-6}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}	10^{-1}	1	10	100
	cm/s											
	10^{-10}	10^{-9}	10^{-8}	10^{-7}	10^{-6}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}	10^{-1}	1	
	ft/s											
Permeability:	Practically impermeable			Very low		Low		Medium		High		
Drainage conditions:	Practically impermeable				Poor		Good					
Typical soil groups:	GC → GM →			SM		SW →		GW →				
	CH		SC	SM-SC		SP →		GP →				
			MH									
			MC-CL									
Soil types:	Homogeneous clays below the zone of weathering			Sils, fine sands, silty sands, glacial till, stratified clays				Clean sands, sand and gravel mixtures			Clean gravels	
				Fissured and weathered clays and clays modified by the effects of vegetation								

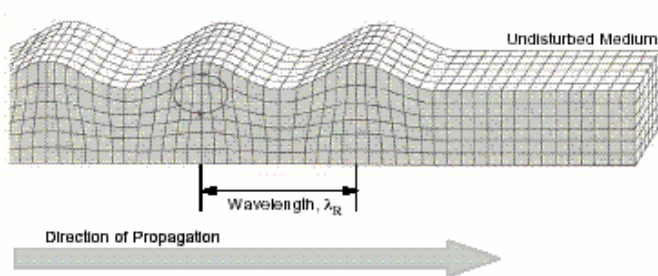
3.2.8 Indagine sismica con metodologia MASW

Al fine di definire le caratteristiche sismiche del terreno di fondazione presente in corrispondenza dell'area, è stata effettuata una prova sismica passiva con metodologia MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*).

3.2.8.1 MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*)

La metodologia MASW, proposta da Park nel 1999 (PARK ET AL, 1999), è una tecnica di indagine non invasiva, che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo.

Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (ACHENBACH, 1999; AKI ET AL, 1980) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione.



La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo.

Il metodo di indagine MASW si distingue in metodo attivo e metodo passivo (ZYWICKI, 1999) o in una combinazione di entrambi. Nel metodo attivo, che consente la classificazione sismica dei suoli (e quindi risulta utile ai fini della progettazione), le onde superficiali generate in un punto sulla superficie del suolo sono misurate da uno stendimento lineare di sensori. Tale metodo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5Hz e 70Hz, quindi dà informazioni sulla parte più superficiale del suolo, sui primi 30m-50m, in funzione della rigidità del suolo.

3.2.8.2 Strumentazione di acquisizione dei dati

La strumentazione utilizzata per la registrazione è costituita da sismografo ECHO12-24/2010 a 24 canali della AMBRO-GEO, caratterizzato da 24 canali di acquisizione digitale. Lo stendimento utilizzato era costituito da 24 geofoni con frequenza propria 4,5 Hz posti in linea ad intervalli di 2,0 m (distanza intergeofonica).

L'energizzazione è stata effettuata mediante mazza battente da 8 kg.

3.2.8.3 Procedura sperimentale

Il metodo MASW consiste in tre fasi, successive all'acquisizione dei dati (ROMA, 2001):

1. la prima fase prevede il calcolo della velocità di fase (o curva di dispersione) apparente sperimentale;

2. la seconda fase consiste nel calcolare la velocità di fase apparente numerica;
3. la terza ed ultima fase consiste nell'individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , modificando opportunamente lo spessore h , le velocità delle onde di taglio V_s e di compressione V_p (o in maniera alternativa alle velocità V_p è possibile assegnare il coefficiente di Poisson ν), la densità di massa ρ degli strati che costituiscono il modello del suolo, fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale e la velocità di fase (o curva di dispersione) numerica corrispondente al modello di suolo assegnato.

Il modello di suolo e quindi il profilo di velocità delle onde di taglio verticali possono essere individuati con procedura manuale o con procedura automatica o con una combinazione delle due.

Generalmente si assegnano il numero di strati del modello, il coefficiente di Poisson ν , la densità di massa ρ e si variano lo spessore h e la velocità V_s degli strati.

Nella procedura manuale l'utente assegna per tentativi diversi valori delle velocità V_s e degli spessori h , cercando di avvicinare la curva di dispersione numerica alla curva di dispersione sperimentale. Nella procedura automatica (ROMA, 2001; ROMA, 2001; JOH, 1996) la ricerca del profilo di velocità ottimale è affidata ad un algoritmo di ricerca globale o locale che cerca di minimizzare l'errore tra la curva sperimentale e la curva numerica.

In genere quando l'errore relativo tra curva sperimentale e curva numerica è compreso tra il 5% e il 10% si ha un soddisfacente accordo tra le due curve e il profilo di velocità delle onde di taglio V_s e quindi il tipo di suolo sismico conseguente rappresentano una soluzione valida da un punto di vista ingegneristico.

Dopo aver determinato il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s è possibile procedere al calcolo della velocità equivalente $V_{s,eq}$, così definita:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_i^n \left(\frac{h_i}{V_{si}} \right)}$$

dove $V_{s,i}$ e h_i sono rispettivamente la velocità delle onde di taglio verticali e lo spessore dello strato i -esimo, H è la profondità del *bedrock sismico* ($V_s > 800$ m/s) rispetto al piano campagna o al piano di posa delle fondazioni.

Nel caso in cui il *bedrock sismico* non venga raggiunto dall'indagine, la $V_{s,eq}$ viene calcolata nei primi 30 m di profondità rispetto al piano campagna o al piano di posa delle fondazioni (H viene imposto uguale a 30 m, quindi si calcola la $V_{s,30}$):

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_i^n \left(\frac{h_i}{V_{si}} \right)}$$

dove $V_{s,i}$ e h_i sono rispettivamente la velocità delle onde di taglio verticali e lo spessore dello strato i -esimo.

Sulla base del valore di velocità equivalente ricavato si determina la tipologia di suolo di fondazione, così come definito dall'O.P.C.M. n.3274/2003 e successivamente modificato dalle NTC 2018. In particolare, le tipologie di suolo di fondazione sono le seguenti:

Suolo	Descrizione geotecnica	$V_{s,eq}$ (m/s)
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	> 800
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	360÷800
C	<i>Depositi 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	180÷360
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s	100÷180
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	

3.2.8.4 Indagine sismica con metodologia MASW realizzata e valori di $V_{s,eq}$ calcolati



L'indagine sismica, come si evince dalle fotografia riportata a lato, è stata effettuata sul piazzale interno dell'area.

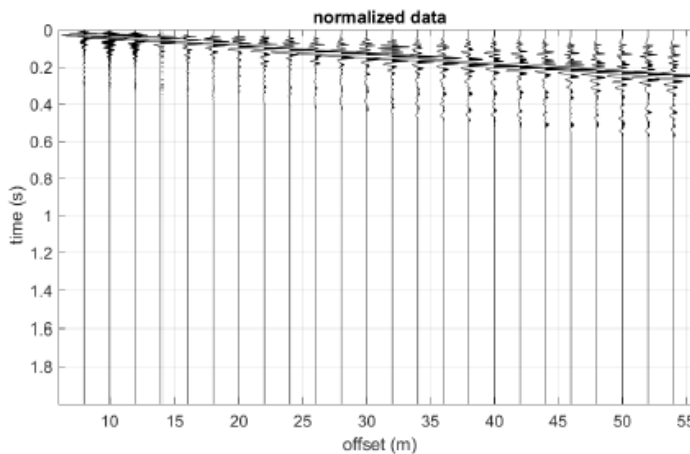
Dall'elaborazione dei dati acquisiti è risultato un profilo di velocità delle V_s tendenzialmente crescente con la profondità, con valori registrati compresi tra 161 m/s e 662 m/s. Non è stata raggiunta una velocità associabile al *bedrock sismico* (maggiore di 800 m/s).

È stata registrata una sola inversione di velocità (da 464 m/s a 353 m/s) a profondità compresa tra 13,2÷19,7 m dalla quota di piano campagna.

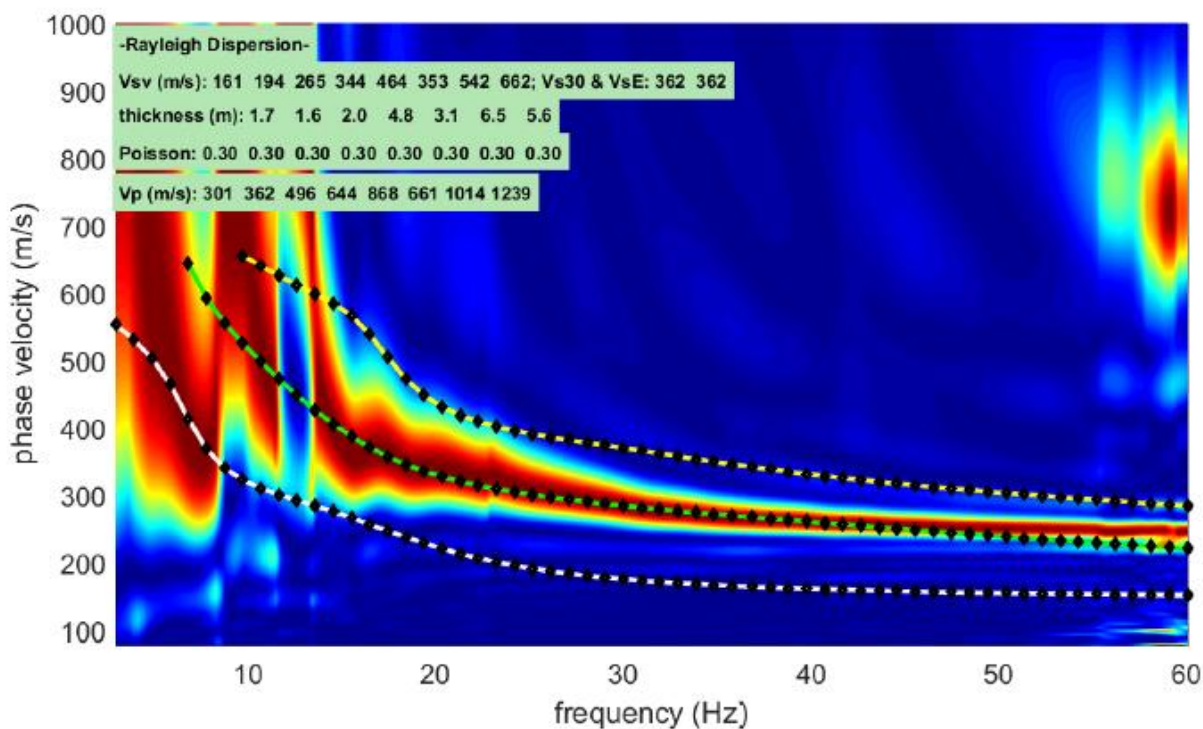
In particolare, si riportano di seguito l'elaborazione dei risultati, la curva di dispersione e inversione e l'andamento delle velocità delle onde S in relazione alla profondità.

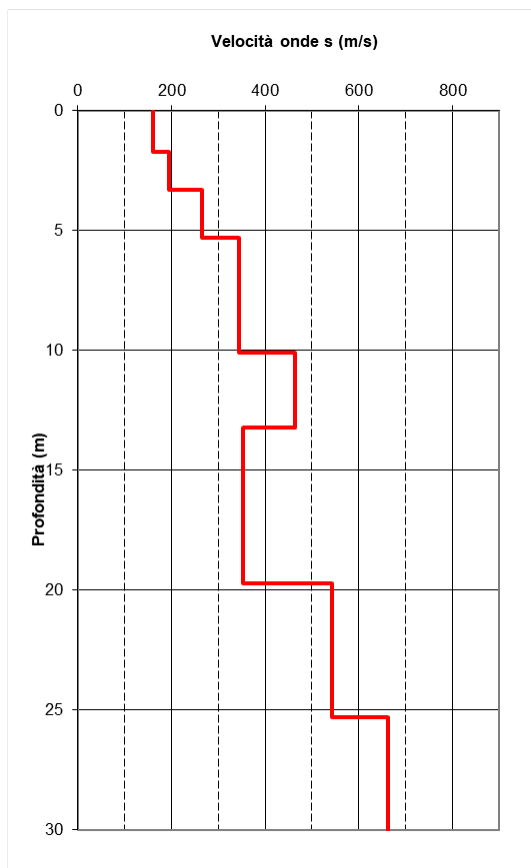
Elaborazione dati e risultati

Data 24/09/2021
N. tracce 24
Durata acquisizione [msec] 2000,0
Interdistanza geofoni [m] 2,0
Periodo di campionamento [msec] 0,5



Curva di dispersione e inversione





N. Strato	Profondità (m)	V _s (m/s)
1	0,0÷1,7	161
2	1,7÷3,3	194
3	3,3÷5,3	265
4	5,3÷10,1	344
5	10,1÷13,2	464
6	13,2÷19,7	353
7	19,7÷25,3	542
8	25,3÷∞	662

Il valore ricavato di V_{s,EQ} rispetto al piano campagna (quota piazzale) è il seguente:

$$V_{s,EQ} = 362 \text{ m/s}$$

In riferimento ad una ipotetica profondità delle fondazioni posta ad una profondità di -1,0 m dalle rispettive quote del piano campagna, i valori ricavati di V_{s,EQ} sono i seguenti:

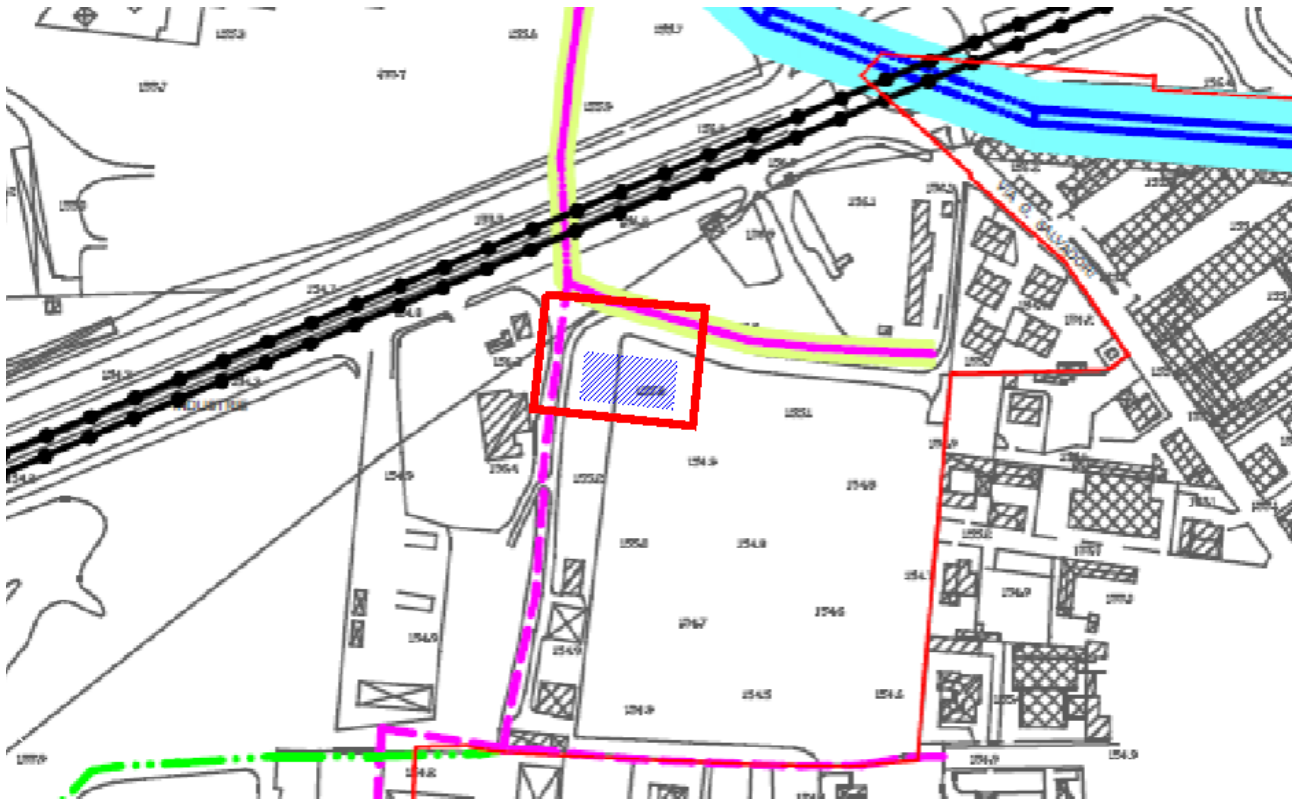
$$V_{s,EQ} = 384 \text{ m/s}$$

La velocità equivalente così calcolata è caratteristica, in entrambi i casi considerati, di un **suolo di fondazione di tipo 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*).

4 RELAZIONE GEOLOGICA AI SENSI DELLA D.G.R. IX/2616 DEL 2011

4.1 Vincoli

Secondo quanto indicato nella *Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica* allegata al P.G.T. Comunale di Monza, e come osservabile dallo stralcio della Carta dei Vincoli riportato sotto, il sedime dell'edificio in progetto non è interessato da vincoli geologici di alcun tipo.



INDIVIDUAZIONE DELLE FASCE DI RISPETTO

Fasce di rispetto soggette alle norme di polizia idraulica ai sensi della D.G.R. 7/13950/2003 sia in materia di limitazioni all'utilizzo dei suoli che all'applicazione dei canoni regionali di polizia idraulica

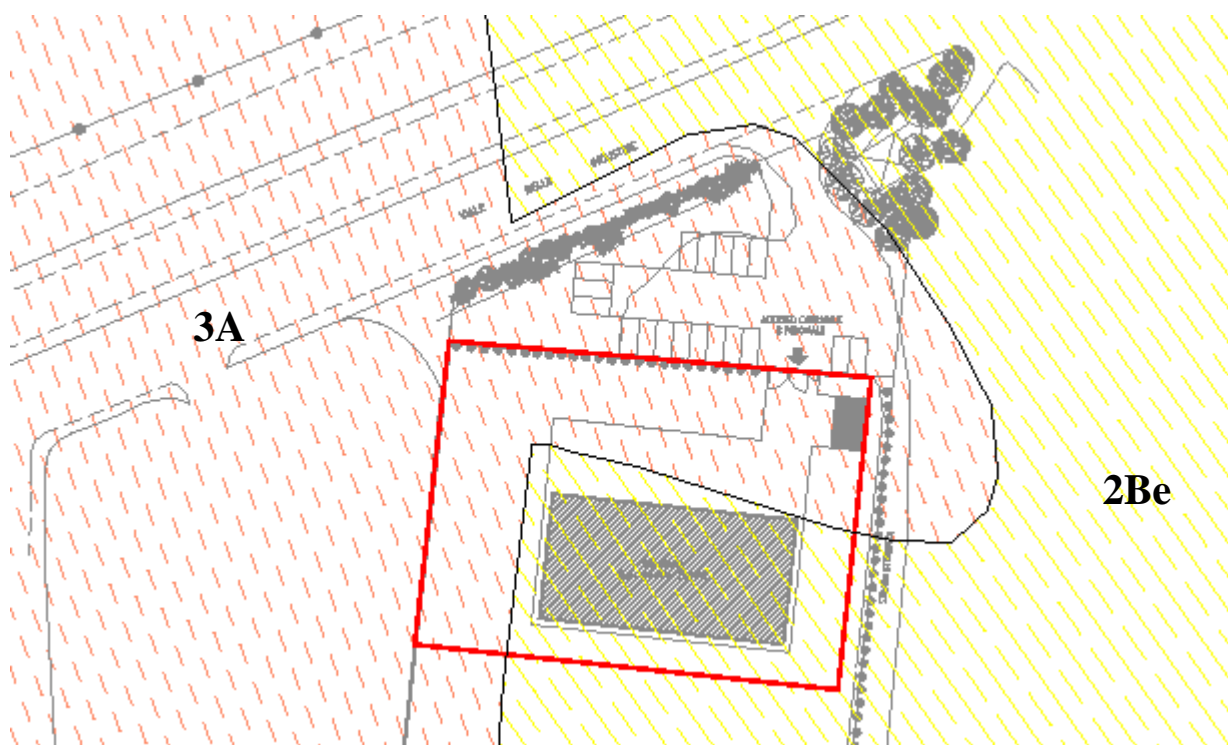
- RETICOLO PRINCIPALE / RETICOLO CONSORTILE
(10 metri dal ciglio della scarpata e/o piede esterno dell'argine)
- RETICOLO MINORE
Canali derivatori
(6 metri dal ciglio del canale o piede esterno dell'argine)
- Canali diramatori
(5 metri dal ciglio del canale o piede esterno dell'argine)
- Rogge attive/riattivabili e/o con valenza morfologica
(10 metri dal ciglio del canale o piede esterno dell'argine)
- Roggia Lupa a valle del canale di presa
(6 metri dal ciglio del canale o piede esterno dell'argine)
- Rogge intubate / dismesse
(4 metri dal ciglio del canale)
- Fontanile ed altri corsi d'acqua
(10 metri dal ciglio del canale o piede esterno dell'argine)

4.2 Fattibilità geologica

Secondo quanto riportato nella *Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica* allegata al P.G.T. Comunale di Monza l'area oggetto di intervento ricade in parte in *Classe di Fattibilità 2: fattibilità con modeste limitazioni (Sottoclasse 2Be)* ed in parte in *Classe di Fattibilità 3: fattibilità con consistenti limitazioni (Sottoclasse 3A)*.

Tuttavia il sedime dell'edificio in progetto ricade interamente entro i limiti della Classe di Fattibilità 2.

Si riporta di seguito uno stralcio della Carta di Fattibilità ed un estratto del P.G.T. comunale relativo alle classi di fattibilità individuate.



CLASSE 2 - FATTIBILITÀ CON MODESTE LIMITAZIONI

Sottoclasse 2Be

Principali caratteristiche: aree pianeggianti o debolmente acclivi nelle fasce di raccordo dei terrazzi principali, litologicamente costituiti da ghiaie a supporto clastico nell'ambito della piana principale e da sabbie limose e/o ghiaiose nell'ambito dei terrazzi vallivi. Possibile presenza di cavità nel sottosuolo ("occhi pollini") che non generano particolari evidenze morfologiche sul terreno, con problematiche di tipo geotecnico legate a cedimenti differenziali sino a eventuali collassi e/o sprofondamenti dei terreni (2Be').

Parere sull'edificabilità: favorevole con modeste limitazioni dovute alle caratteristiche geotecniche e di drenaggio delle acque.

Tipo di intervento ammissibile: sono ammesse tutte le categorie di opere edificatorie ed infrastrutturali previa verifica come di seguito descritto. Per le opere esistenti sono ammessi gli interventi di restauro, manutenzione, risanamento conservativo, ristrutturazione (così come definiti dall'art. 27 della l.r. 11 marzo 2005 n. 12 "Legge per il governo del territorio"), nel rispetto delle normative vigenti.

Indagini di approfondimento necessarie: si rende necessaria la verifica idrogeologica e litotecnica dei terreni mediante rilevamento geologico di dettaglio e l'esecuzione di prove geotecniche per la determinazione della capacità portante dei terreni, da effettuare preventivamente alla progettazione esecutiva per tutte le opere edificatorie (IGT) ed in particolare dovrà essere valutata la stabilità dei versanti di scavo (SV) al fine di prevedere le opportune opere di protezione degli scavi durante i lavori di cantiere. Nella classe 2Be' dovranno essere previste prove penetrometriche in numero e profondità adeguato a caratterizzare il terreno al di sotto del piano di posa delle fondazioni e in corrispondenza dei punti di carico delle opere in progetto, al fine di escludere la eventuale presenza di cavità nel sottosuolo. Gli orizzonti potenzialmente interessati da occhi pollini non dovranno essere oggetto di dispersione diretta di acque raccolte dai sistemi di drenaggio superficiali in conformità a quanto indicato nelle Linee Guida contenute nella Relazione del PTCP (par. 7.2 "Gli obiettivi del PTCP in tema di difesa del suolo"). Le indagini geognostiche dovranno essere commisurate al tipo di intervento da realizzare ed alle problematiche progettuali proprie di ciascuna opera (secondo quanto indicato nell'art. 2). La modifica di destinazione d'uso di aree esistenti inserite in zona "produttiva" necessita la verifica dello stato di salubrità dei suoli ai sensi del Regolamento locale d'Igiene (ISS); qualora venga rilevato uno stato di contaminazione dei terreni, dovranno avviarsi le procedure previste dal D.Lgs 152/06 "Norme in materia ambientale" (Piano di Caratterizzazione Ambientale/PCA con analisi di rischio, Progetto Operativo degli interventi di Bonifica/POB).

Interventi da prevedere in fase progettuale: per ogni tipo di opera gli interventi da prevedere saranno rivolti alla regimazione idraulica e alla predisposizione di accorgimenti per lo smaltimento delle acque meteoriche (RE) e quelle di primo sottosuolo. In particolare nelle zone 2 Be' dovranno essere realizzati idonei sistemi di smaltimento delle acque meteoriche (RE) nel sottosuolo che dovranno tenere conto del rischio potenziale di cedimenti in corrispondenza di cavità sotterranee ed essere quindi realizzati ad una distanza non inferiori a 10 m (salvo, in assenza di alternative, diverse indicazioni derivanti da studi di dettaglio) dalle fondazioni ed a profondità superiore alla quota di posa delle fondazioni stesse. Quale norma generale a salvaguardia della falda idrica sotterranea è necessario inoltre che per ogni nuovo intervento edificatorio, già in fase progettuale, sia previsto ed effettivamente realizzabile il collettamento delle acque reflue in fognatura (CO). Per gli ambiti produttivi soggetti a cambio di destinazione d'uso, dovranno essere previsti interventi di bonifica (BO) qualora venga accertato uno stato di contaminazione dei suoli e delle acque ai sensi del D.Lgs 152/06.

Norme sismiche da adottare per la progettazione: nel caso di edifici strategici e rilevanti (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03) la progettazione dovrà essere condotta adottando i criteri antisismici del d.m. 14 gennaio 2008 "Nuove Norme tecniche per le costruzioni" definendo le azioni sismiche di progetto a mezzo di analisi di approfondimento Di 3° livello - metodologie di cui all'allegato 5 della d.g.r. n. IX/2616/11. Per tutte le altre categorie di edifici dovrà essere eseguito il 2° livello di approfondimento in fase di pianificazione, 3° livello di approfondimento qualora F_a calcolato è $>$ valore soglia comunale.

CLASSE 3 - FATTIBILITÀ CON CONSISTENTI LIMITAZIONI

Sottoclasse 3A

Principali caratteristiche: aree caratterizzate dalla presenza di ambiti estrattivi inattivi con scavo aperto, cessati, recuperati e/o parzialmente/totalmente ritombati. Aree con accumuli/stoccaggio di terreni di riporto e/o inerti.

Parere sull'edificabilità: favorevole con consistenti limitazioni legate alla valutazione puntuale della capacità portante dei terreni e alla verifica dello stato di salubrità dei suoli.

Tipo di intervento ammissibile: necessità di messa in sicurezza dei siti e riqualificazione ambientale. L'ammissibilità e la tipologia degli interventi sono da definirsi in considerazione della destinazione futura delle aree e dei risultati della verifica ambientale dei materiali di riempimento.

Indagini di approfondimento necessarie: la modifica di destinazione d'uso di queste aree deve necessariamente essere compatibile con lo stato di salubrità dei terreni da determinarsi ai sensi del Regolamento Locale di Igiene Pubblica (ISS) e della normativa vigente. Qualora sia stato accertato o venga rilevato uno stato di contaminazione dei terreni mediante un'indagine ambientale preliminare, dovranno avviarsi le procedure previste dal D.Lgs 152/06 "Norme in materia ambientale" (Piano di Caratterizzazione/PCA con analisi di rischio, Progetto Operativo degli interventi di Bonifica/POB). Le particolari condizioni di tali aree richiedono necessariamente l'effettuazione di studi per il recupero morfologico e di ripristino ambientale (SRM), indagini di stabilità dei fronti di scavo (SV), indagini geognostiche di approfondimento per la verifica litotecnica dei terreni mediante rilievo geologico di dettaglio e prove geotecniche per la determinazione della capacità portante (prove penetrometriche) (IGT), da effettuare preventivamente alla progettazione esecutiva di qualunque opera sul territorio. Le suddette indagini geognostiche dovranno essere commisurate al tipo di intervento da realizzare ed alle problematiche progettuali proprie di ciascuna opera anche al fine di consentire la corretta progettazione strutturale e degli idonei sistemi di raccolta e di smaltimento delle acque meteoriche.

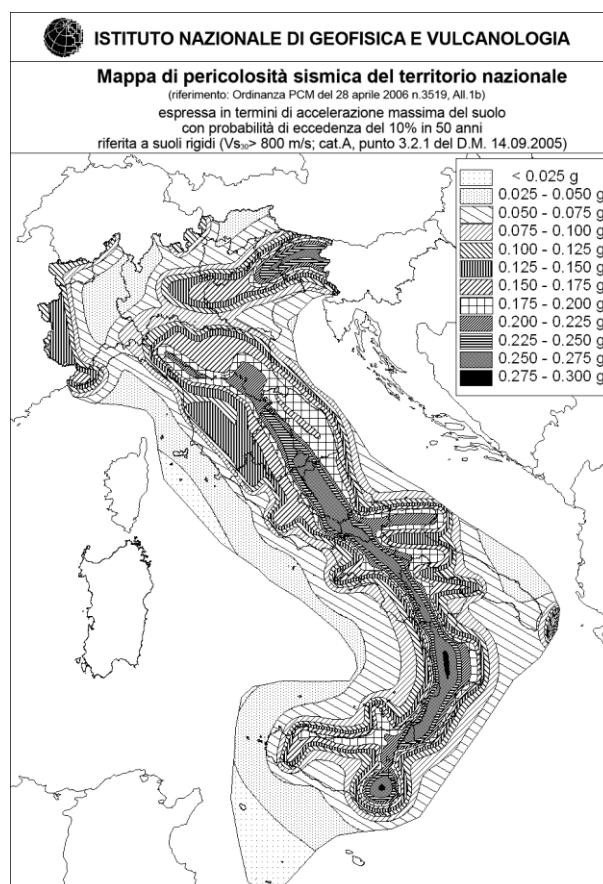
Interventi da prevedere in fase progettuale: gli interventi da prevedere saranno rivolti alla regimazione idraulica e alla predisposizione di accorgimenti per lo smaltimento delle acque meteoriche e di primo sottosuolo (RE), che non potrà avvenire entro le aree ritombate, nonché di opere per la difesa del suolo (DS), per il recupero morfologico e/o paesistico ambientale (IRM) e il collettamento dei reflui in fognatura (CO). Qualora venga accertato uno stato di contaminazione dei suoli e delle acque ai sensi del D.Lgs 152/06, dovranno essere previsti interventi di bonifica (BO).

Norme sismiche da adottare per la progettazione: per tutte le categorie di edifici la progettazione dovrà essere condotta adottando i criteri antisismici del d.m. 14 gennaio 2008 "Nuove Norme tecniche per le costruzioni" definendo le azioni sismiche di progetto a mezzo di analisi di approfondimento di 3° livello - metodologie di cui all'allegato 5 della d.g.r. n. IX/2616/11.

4.3 Inquadramento Sismico

4.3.1 Classificazione sismica nazionale e regionale

La nuova classificazione sismica del territorio nazionale, definita dall'O.P.C.M. n.3274/2003 entrato in vigore dal 25 ottobre 2005, prevede che tutto il territorio sia classificato sismico sulla base della *Mappa di Pericolosità Sismica del Territorio Nazionale*, espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni e riferita a suoli rigidi.



Sulla base di tale criterio, il territorio nazionale è stato suddiviso secondo quattro zone con livelli decrescenti di pericolosità in funzione di quattro differenti valori di accelerazione orizzontale massima al suolo a_g , ovvero quella riferita al 50° percentile, ad una vita di riferimento di 50 anni e ad una probabilità di superamento del 10%, riferiti a suoli rigidi con velocità $V_{S30} > 800$ m/s.

Zona 1	$a_g > 0,25g$
Zona 2	$0,15 < a_g \leq 0,25$
Zona 3	$0,05 < a_g \leq 0,15g$
Zona 4	$a_g \leq 0,05g$

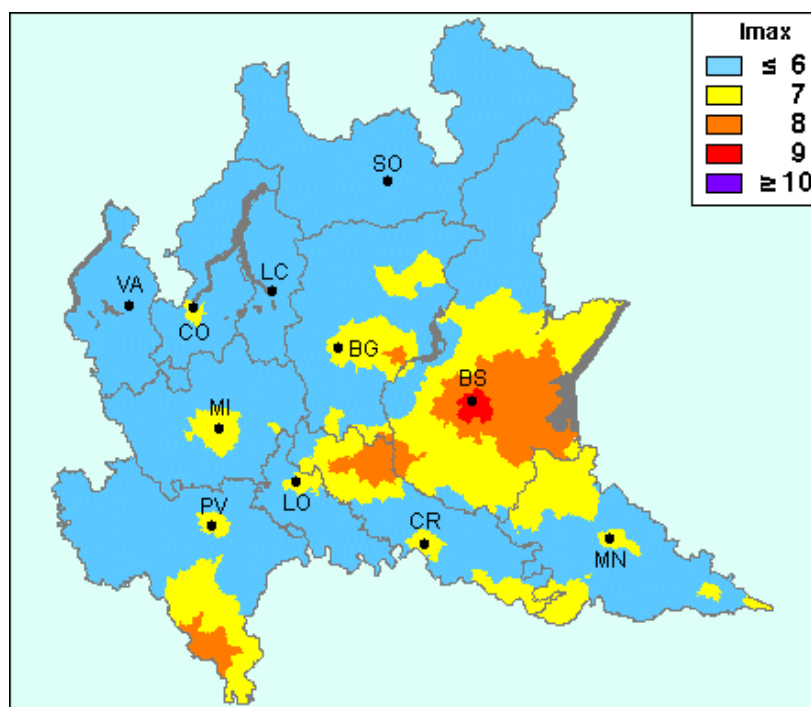
L'appartenenza ad una delle quattro zone viene stabilita rispetto alla distribuzione sul territorio dei valori di a_g , con una tolleranza di 0,025g. A ciascuna zona è pertanto attribuito un valore di pericolosità di base, espresso in termini di accelerazione massima su suolo rigido (a_g).

Tale valore non ha però influenza sulla progettazione. Con l'introduzione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14 gennaio 2008), in vigore dall'1 luglio 2009, è stato modificato il ruolo che la classificazione sismica aveva ai fini progettuali. Infatti, mentre in precedenza veniva fornito, ai fini della progettazione, un valore di accelerazione di picco caratteristico della zona di pericolosità in cui ricadeva il comune (e di conseguenza veniva fornito uno spettro di risposta elastico), con l'introduzione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni ogni costruzione deve avere una propria accelerazione di riferimento, individuata sulla base delle coordinate geografiche dell'area di progetto (indipendentemente dai confini comunali) ed in funzione della vita nominale dell'opera stessa.

Nel luglio 2014, con la pubblicazione della D.G.R. n.X/2129 (la cui entrata in vigore è stata successivamente differita, con D.G.R. n.X/2489 del 10 ottobre 2014 all'ottobre 2015 e con D.G.R. n.X/4144 dell'8 ottobre 2015 al 10 aprile 2016) la Regione Lombardia ha aggiornato la classificazione sismica del territorio regionale.

Sulla base della normativa nazionale e regionale, il Comune di Monza, classificato in zona sismica 4 dalla normativa precedente, è stato attualmente riclassificato in **zona sismica 3** con la D.G.R. n.X/2129 dell'11 luglio 2014. Il valore di accelerazione massima al suolo fornito dalla nuova classificazione è di **0,058594g**.

Per quanto riguarda la massima intensità macrosismica I_{max} (in pratica la misura degli effetti che il terremoto produce sull'uomo, sugli edifici e sull'ambiente), secondo quanto indicato dal Gruppo Nazionale per la Difesa dei Terremoti (GNDT), il territorio del Comune di Monza e le aree limitrofe sono caratterizzate da massime intensità macrosismiche osservate inferiori o uguali a 6.



4.3.2 Analisi della sismicità e Pericolosità Sismica Locale

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, che costituisce l’elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche stesse. Le particolari condizioni geologiche e geomorfologiche di una zona (condizioni locali) possono influenzare, in occasione di eventi sismici, la pericolosità sismica di base, producendo effetti diversi (distinti in funzione del comportamento dinamico dei materiali coinvolti) da considerare nella valutazione generale della pericolosità sismica dell’area.

4.3.2.1 Analisi della sismicità locale

La metodologia per la valutazione dell’amplificazione sismica locale in adempimento a quanto previsto dalla normativa applicabile, si basa su tre livelli successivi di approfondimento, in funzione della zona sismica di appartenenza e degli scenari di pericolosità sismica locale.

Tutti i comuni devono eseguire almeno il livello 1, ossia il riconoscimento delle aree passibili di amplificazione sismica sulla base sia di osservazioni geologiche (cartografia di inquadramento), sia di dati esistenti.

Secondo quanto riportato nella *Carta della pericolosità sismica locale* della *Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica* allegata al P.G.T. Comunale di Monza, di cui si riporta uno stralcio, l’area oggetto di intervento ricade in parte nello scenario di Pericolosità Sismica Locale (in seguito PSL) **Z4a** “Zone di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi”, caratterizzato da possibili amplificazioni litologiche e geometriche. Una porzione dell’area ricade invece nello scenario PSL **Z2a** “Zone con possibile presenza di terreni di fondazione particolarmente scadenti – Ambiti estrattivi dismessi”, caratterizzato da fenomeni di addensamento disomogenei con conseguenti cedimenti differenziali. Il contatto tra le due aree è indicato con scenario di pericolosità **Z5** “Zona di contatto stratigrafico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche difformi”, caratterizzato da cedimenti differenziali e distorsioni angolari; l’ampiezza di tale zona è stata assunta pari a 10 m.

Il sedime dell’edificio in progetto ricade in gran parte nello scenario **PSL Z4a**, ad eccezione di una porzione marginale che ricade entro lo scenario **PSL Z5**.



Il successivo 2° livello, ossia la caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione attesi negli scenari perimetrati nella carta di pericolosità sismica locale, che fornisce la stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di Amplificazione, è obbligatorio, in zona sismica 3, solamente nelle zone PSL Z3 e Z4 se interferenti con l'urbanizzato e/o con le aree di espansione urbanistica (ad esclusione delle aree già inedificabili).

4.3.2.2 Verifica sismica di 2° livello (D.G.R. IX/2616)

Il 2° livello si applica a tutti gli scenari qualitativi suscettibili di amplificazioni sismiche. La procedura consiste in un approccio di tipo semiquantitativo e fornisce la stima quantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di amplificazione (Fa).

Gli studi sono condotti con metodi quantitativi semplificati, validi per la valutazione delle amplificazioni litologiche e sono utilizzati per zonare l'area di studio in funzione del valore di Fa. Tale valore si riferisce agli intervalli di periodo tra 0,1÷0,5 s e 0,5÷1,5 s, due intervalli di periodo scelti in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie presenti più frequentemente nel territorio regionale. In particolare l'intervallo tra 0,1÷0,5 s si riferisce a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide, mentre l'intervallo tra 0,5÷1,5 s si riferisce a strutture più alte e più flessibili.

La procedura di 2° livello fornisce, per gli effetti litologici, valori di Fa per entrambi gli intervalli di periodo considerati.

La procedura semplificata richiede la conoscenza dei seguenti parametri:

- litologia prevalente dei materiali presenti nel sito;
- stratigrafia del sito;
- andamento delle Vs con la profondità fino a valori pari o superiori a 800 m/s (in mancanza del raggiungimento del *bedrock*, caratterizzato da $V_s \geq 800$ m/s, con le indagini è possibile ipotizzare un opportuno gradiente di Vs con la profondità sulla base dei dati ottenuti dall'indagine, tale da raggiungere il valore di 800 m/s);
- spessore e velocità di ciascun strato;
- sezioni geologiche, conseguente modello geofisico-geotecnico ed identificazione dei punti rappresentativi sui quali effettuare l'analisi.

Sulla base di intervalli indicativi di alcuni parametri geotecnici, quali curva granulometrica, parametri indice, numero di colpi della prova SPT, si individua la litologia prevalente presente nel sito e per questa si sceglie la relativa scheda di valutazione di riferimento, così come indicato nella D.G.R. IX/2016. All'interno di questa scheda di valutazione si sceglie, in funzione della profondità e della velocità V_s dello strato superficiale, utilizzando la matrice della scheda di valutazione, la curva più appropriata per la valutazione del valore di Fa nell'intervallo 0,1÷0,5 s e nell'intervallo 0,5÷1,5 s, in base al valore del periodo proprio del sito T, calcolato considerando tutta la stratigrafia fino alla profondità in cui il valore della velocità Vs è uguale o superiore a 800 m/s ed utilizzando la seguente equazione:

$$T = \frac{4 * \sum_{i=1}^n h_i}{\left(\frac{\sum_{i=1}^n V_{Si} * h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \right)}$$

Il valore di F_a determinato dovrà essere confrontato con il corrispondente valore di soglia stabilito dalla normativa regionale, considerando una variabilità di + 0,1 che tiene in conto la variabilità del valore di F_a ottenuto.

Si possono presentare quindi due situazioni:

1. il valore di F_a è inferiore al valore di soglia corrispondente: la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa;
2. il valore di F_a è superiore al valore di soglia corrispondente: la normativa è insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica e quindi è necessario, in fase di progettazione edilizia, o effettuare analisi più approfondite (3° livello) o utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore.

Nel caso dell'area oggetto di intervento è stata scelta la scheda di riferimento "Litologia sabbiosa". Ai fini dell'analisi sismica, la velocità V_S di 800 m/s (*bedrock sismico*), nel corso dell'indagine MASW effettuata, non è stata raggiunta. Pertanto, dall'analisi delle stratigrafie di pozzi limitrofi, è stato ipotizzato l'andamento della velocità V_S con la profondità ed il *bedrock sismico* individuato a partire da 40 m di profondità, in corrispondenza di potenti banchi conglomeratici.

Il periodo T calcolato è risultato pertanto essere:

$$T = 0,34 \text{ s}$$

Di conseguenza, come indicato nella normativa di riferimento e riportato nella scheda in *Allegato 4*, il fattore di amplificazione calcolato per l'intervallo $0,1 \div 0,5$ (edifici bassi e rigidi) risulta:

$$F_{a\ 0,1 \div 0,5} = -8,65T^2 + 5,44T + 0,84 = 1,7$$

Tale valore risulta essere superiore al valore di soglia corrispondente, previsto dalla normativa di riferimento per il Comune di Monza, per edifici bassi e rigidi e suoli di tipo B (valore di riferimento 1,4).

La normativa è da considerarsi pertanto insufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito.

Tuttavia il valore di F_a calcolato risulta essere inferiore al valore di soglia corrispondente, previsto dalla normativa di riferimento per il Comune di Monza, per edifici bassi e rigidi e suoli di tipo C (valore di riferimento 1,9). In fase di progettazione edilizia potrà pertanto essere utilizzato lo spettro di norma caratteristico riferito ad un suolo di fondazione di tipo C. In alternativa dovrà essere effettuato un approfondimento sismico di terzo livello.

4.3.3 Verifica di possibilità di fenomeni di liquefazione (App5 D.G.R. IX/2616)

Il D.M. 17 gennaio 2018 (paragrafo 7.11.3.4) e successiva Circolare esplicativa n. 7/2019 (paragrafo C7.11.3.4) impongono che sia valutata la stabilità nei confronti della liquefazione mediante il ricorso a metodologie analitiche o a carattere semiempirico.

Tali verifiche devono essere condotte tutte le volte che il manufatto in progetto interagisce con terreni saturi a prevalente componente sabbiosa ed in presenza, ovviamente, di sollecitazioni cicliche e dinamiche per le quali il sottosuolo tende a comportarsi come un sistema idraulicamente chiuso, ovvero come un sistema non drenato. Nel contempo, al fine di facilitare le procedure di analisi, al paragrafo 7.11.3.4.2 è ribadito che tali analisi possono essere omesse in presenza di uno dei seguenti casi:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di *campo libero*) minori di 0,1g ($a < 1 \text{ m/sec}^2$);
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 $q_{cIN} > 180$ 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 q_{cIN} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (*Cone Penetration Test*) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. elevata presenza, nel fuso granulometrico, di terreni a componente fine (limi e argille) o di ghiaie.

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

Per quanto riguarda l'area oggetto di intervento, risultano soddisfatte le condizioni 1 e 2.

Infatti l'accelerazione massima attesa al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di *campo libero*), desunta dai valori prescritti dalla normativa applicabile, risulta essere inferiore a 0,1g. In particolare:

$$a_{max} = a_g S$$

dove:

$$S = S_S S_T$$

Con S_S e S_T rispettivamente coefficiente di amplificazione stratigrafica e coefficiente di amplificazione topografica. Per il sito in oggetto risultano:

$$a_g = 0,065g$$

$$S_T = 1,00 \quad (\text{Categoria topografica: T1})$$

$$S_S = 1,20 \quad (\text{Categoria stratigrafica: suolo di fondazione di tipo B})$$

L'accelerazione massima a_{max} calcolata risulta pertanto essere pari a 0,078g.

Inoltre la profondità media stagionale della falda, come riportato nella *Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica* allegata al P.G.T. Comunale di Monza (si veda il precedente paragrafo 3.1.5.2), risulta essere superiore a 15 m da piano campagna.

Pertanto la **possibilità di fenomeni di liquefazione del terreno in occasione di eventi sismici è stata esclusa.**

5 CONCLUSIONI

La presente relazione, redatta su incarico del Comune di Monza (Determina del Responsabile del Settore Servizio Progettazioni n. 1089 del 12 luglio 2021 – CIG ZF23121DA6), è finalizzata a definire il modello geologico e sismico, ai sensi delle N.T.C. 2018 e della D.G.R. IX/2616 del 2011, dell'area sita nel Comune di Monza in Viale delle Industrie, ove è prevista la realizzazione di un nuovo HUB comunale ad uso deposito/archivio.

La relazione è stata redatta considerando i contenuti della normativa di riferimento applicabile. Si osserva quanto segue.

1. Secondo quanto riportato nella documentazione geologica della *Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica* allegata al P.G.T. comunale di Monza, e riportato in dettaglio al paragrafo 4.1 della presente relazione, il sedime dell'edificio in progetto **non è interessato da vincoli geologici di alcun tipo.**
2. Secondo quanto riportato nella documentazione geologica della *Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica* allegata al P.G.T. comunale di Monza, e riportato in dettaglio al paragrafo 4.2 della presente relazione, l'area oggetto di intervento ricade in parte in *Classe di Fattibilità 2: fattibilità con modeste limitazioni (Sottoclasse 2Be)* ed in parte in *Classe di Fattibilità 3: fattibilità con consistenti limitazioni (Sottoclasse 3A)*. Tuttavia **il sedime dell'edificio in progetto ricade interamente entro i limiti della Classe di Fattibilità 2.** La problematica individuata è legata a limitazioni dovute alle caratteristiche geotecniche e di drenaggio delle acque.
3. Secondo quanto riportato nella documentazione geologica della *Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica* allegata al P.G.T. comunale di Monza, e riportato in dettaglio al paragrafo 4.3.2.1 della presente relazione, l'area oggetto di intervento ricade in parte nello scenario **PSL Z4a** "Zone di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi", caratterizzato da possibili amplificazioni litologiche e geometriche; in parte nello scenario **PSL Z2a** "Zone con possibile presenza di terreni di fondazione particolarmente scadenti – Ambiti estrattivi dismessi", caratterizzato da fenomeni di addensamento disomogenei con conseguenti cedimenti differenziali; in parte nello scenario **PSL Z5** "Zona di contatto stratigrafico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche difformi", caratterizzato da cedimenti differenziali e distorsioni angolari. **Il sedime dell'edificio in progetto ricade in gran parte nello scenario PSL Z4a, ad eccezione di una porzione marginale che ricade entro lo scenario PSL Z5.**

La normativa di riferimento, per tale scenario Z5, "esclude la possibilità di costruzioni a cavallo dei due litotipi". Tuttavia "in fase progettuale tale limitazione può essere rimossa qualora si operi in modo tale da avere un terreno di fondazione omogeneo". Di conseguenza, per le opere in progetto, **dovrà essere prevista la posa di uno strato di terreno di sottofondo di opportuno spessore** al di sotto delle nuove fondazioni e, qualora lo si ritenga necessario, l'esecuzione di ulteriori indagini di approfondimento nell'intorno del sedime dell'edificio.


4. L'indagine geognostica eseguita, descritta al paragrafo 3.2 della presente relazione, ha rilevato la presenza di uno strato superficiale costituito da materiali di riporto (limi sabbiosi e sabbie da debolmente limose a limose con ghiaia e frammenti di laterizi/macerie sparsi), avente spessore variabile tra 0,3÷3,5 m e poggiante su ghiaie sabbiose e sabbie ghiaiose da debolmente limose a limose. Le caratteristiche

meccaniche del terreno si presentano, in tutti i terreni attraversati (sia naturali che riporti), con un discreto grado di addensamento, tendenzialmente maggiore con la profondità.

5. L'elaborazione dei dati raccolti nel corso dell'indagine sismica con metodologia MASW effettuata, ed il successivo 2° livello di approfondimento, descritti al paragrafo 4.3 della presente relazione, hanno consentito di classificare il suolo presente in corrispondenza dell'area di intervento come **suolo di fondazione di tipo C**.
6. **La possibilità di fenomeni di liquefazione del terreno in occasione di eventi sismici è stata esclusa** in quanto l'accelerazione massima attesa al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di *campo libero*), desunta dai valori prescritti dalla normativa applicabile, risulta essere inferiore a 0,1g ed inoltre la profondità media stagionale della falda risulta essere superiore a 15 m da piano campagna.

La presente relazione non costituisce una verifica agli Stati Limite delle opere di fondazione, che dovrà essere realizzata, ai sensi della normativa applicabile (NTC 2018), considerando i carichi strutturali e la tipologia di opera di fondazione definitivi.

Il tecnico incaricato: Dott. Geol. M. Salvioni
Iscritto all'Ordine dei Geologi della Lombardia n°1618



ALLEGATI

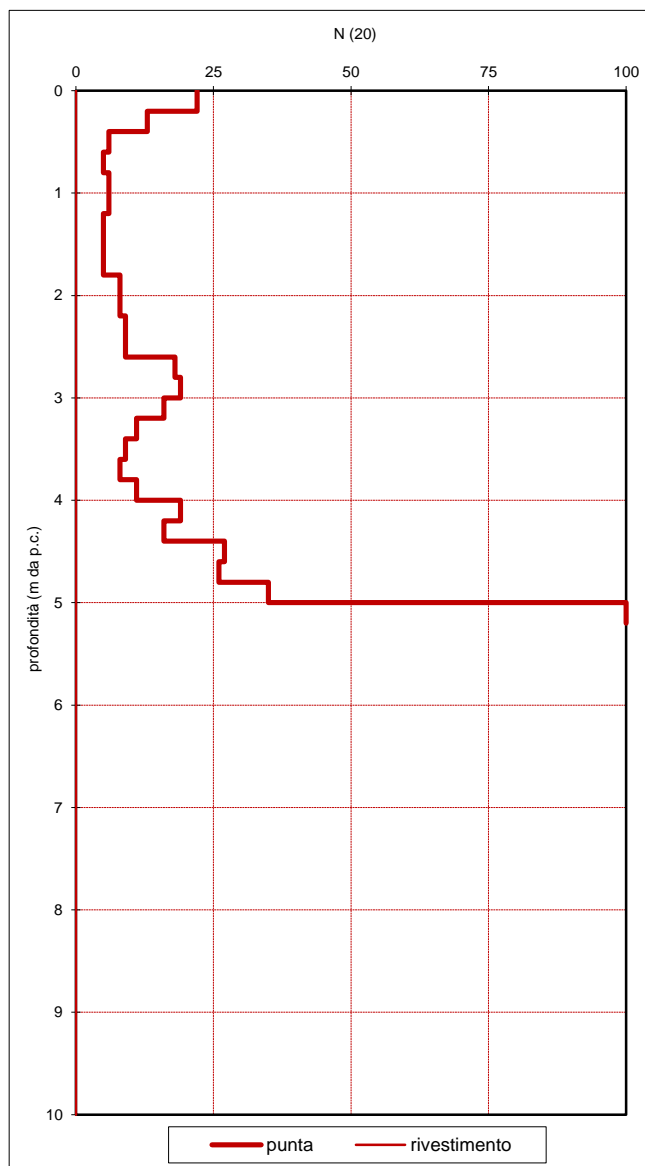
ALLEGATO 1

Prove penetrometriche dinamiche

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA S.C.P.T.

Prova: **1** Data di esecuzione: **24/09/2021**
 Rapporto: **21R040a** Quota prova: **p.c.**
 Committente: **Comune di Monza**
 Area di indagine: **Viale delle Industrie snc, Monza (MB)**

m da p.c.	punta	rivestimento
0,00		
0,20	22	
0,40	13	
0,60	6	
0,80	5	
1,00	6	
1,20	6	
1,40	5	
1,60	5	
1,80	5	
2,00	8	
2,20	8	
2,40	9	
2,60	9	
2,80	18	
3,00	19	
3,20	16	
3,40	11	
3,60	9	
3,80	8	
4,00	11	
4,20	19	
4,40	16	
4,60	27	
4,80	26	
5,00	35	
5,20	100	
5,40		
5,60		
5,80		
6,00		
6,20		
6,40		
6,60		
6,80		
7,00		
7,20		
7,40		
7,60		
7,80		
8,00		
8,20		
8,40		
8,60		
8,80		
9,00		
9,20		
9,40		
9,60		
9,80		
10,00		

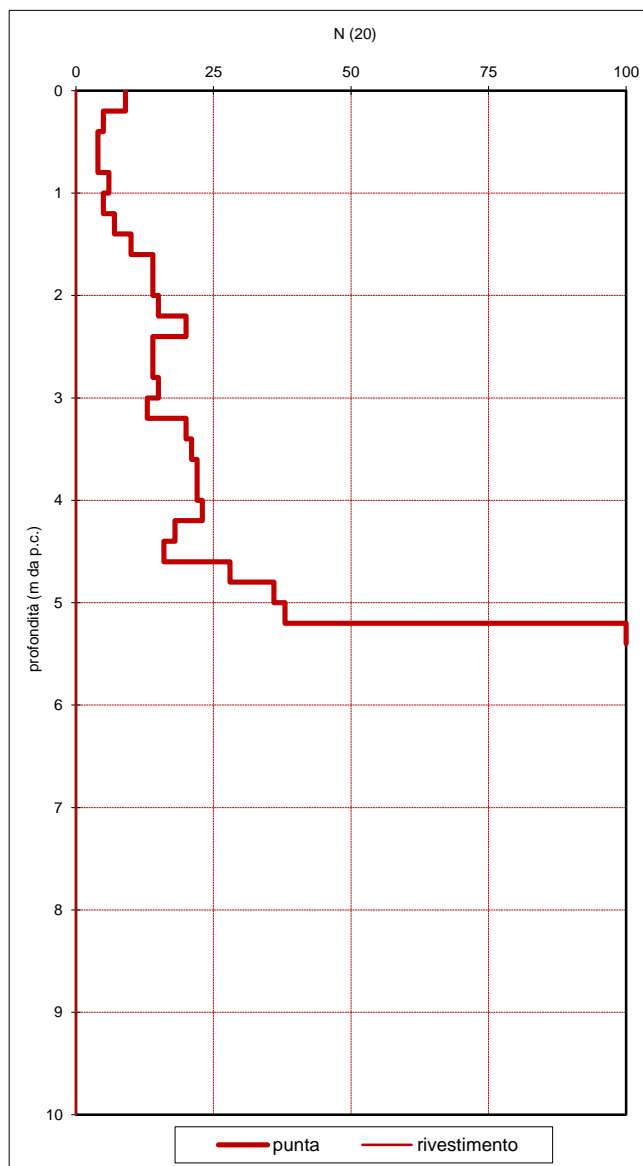


**CARATTERISTICHE TECNICHE DEL
 PENETROMETRO TIPO PAGANI TG 63-100 EML.C**
 Peso del maglio: 63,5 kg
 Altezza di caduta: 75 cm
 Angolo al vertice della punta : 90°
 Diametro del cono: 51 mm
 Peso delle aste: 6,50 kg/m

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA S.C.P.T.

Prova: **2** Data di esecuzione: 24/09/2021
 Rapporto: **21R040a** Quota prova: p.c.
 Committente: **Comune di Monza**
 Area di indagine: **Viale delle Industrie snc, Monza (MB)**

m da p.c.	punta	rivestimento
0,00		
0,20	9	
0,40	5	
0,60	4	
0,80	4	
1,00	6	
1,20	5	
1,40	7	
1,60	10	
1,80	14	
2,00	14	
2,20	15	
2,40	20	
2,60	14	
2,80	14	
3,00	15	
3,20	13	
3,40	20	
3,60	21	
3,80	22	
4,00	22	
4,20	23	
4,40	18	
4,60	16	
4,80	28	
5,00	36	
5,20	38	
5,40	100	
5,60		
5,80		
6,00		
6,20		
6,40		
6,60		
6,80		
7,00		
7,20		
7,40		
7,60		
7,80		
8,00		
8,20		
8,40		
8,60		
8,80		
9,00		
9,20		
9,40		
9,60		
9,80		
10,00		

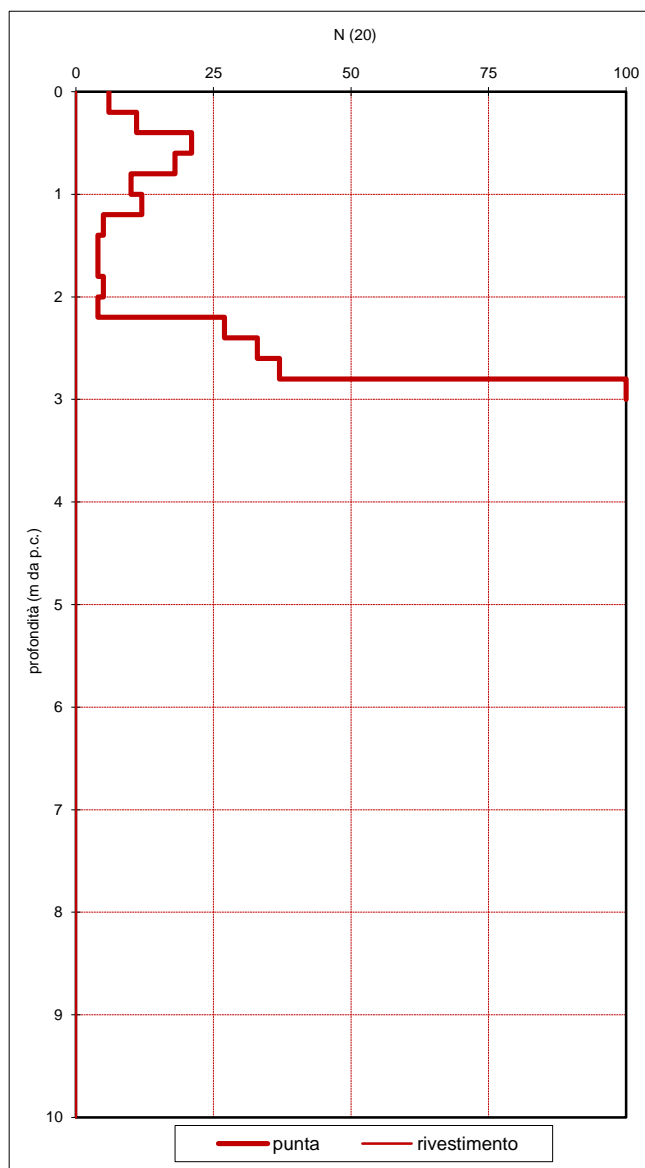


**CARATTERISTICHE TECNICHE DEL
PENETROMETRO TIPO PAGANI TG 63-100 EML.C**
 Peso del maglio: 63,5 kg
 Altezza di caduta: 75 cm
 Angolo al vertice della punta : 90°
 Diametro del cono: 51 mm
 Peso delle aste: 6,50 kg/m

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA S.C.P.T.

Prova: **3** Data di esecuzione: 24/09/2021
 Rapporto: **21R040a** Quota prova: p.c.
 Committente: **Comune di Monza**
 Area di indagine: **Viale delle Industrie snc, Monza (MB)**

m da p.c.	punta	rivestimento
0,00		
0,20	6	
0,40	11	
0,60	21	
0,80	18	
1,00	10	
1,20	12	
1,40	5	
1,60	4	
1,80	4	
2,00	5	
2,20	4	
2,40	27	
2,60	33	
2,80	37	
3,00	100	
3,20		
3,40		
3,60		
3,80		
4,00		
4,20		
4,40		
4,60		
4,80		
5,00		
5,20		
5,40		
5,60		
5,80		
6,00		
6,20		
6,40		
6,60		
6,80		
7,00		
7,20		
7,40		
7,60		
7,80		
8,00		
8,20		
8,40		
8,60		
8,80		
9,00		
9,20		
9,40		
9,60		
9,80		
10,00		

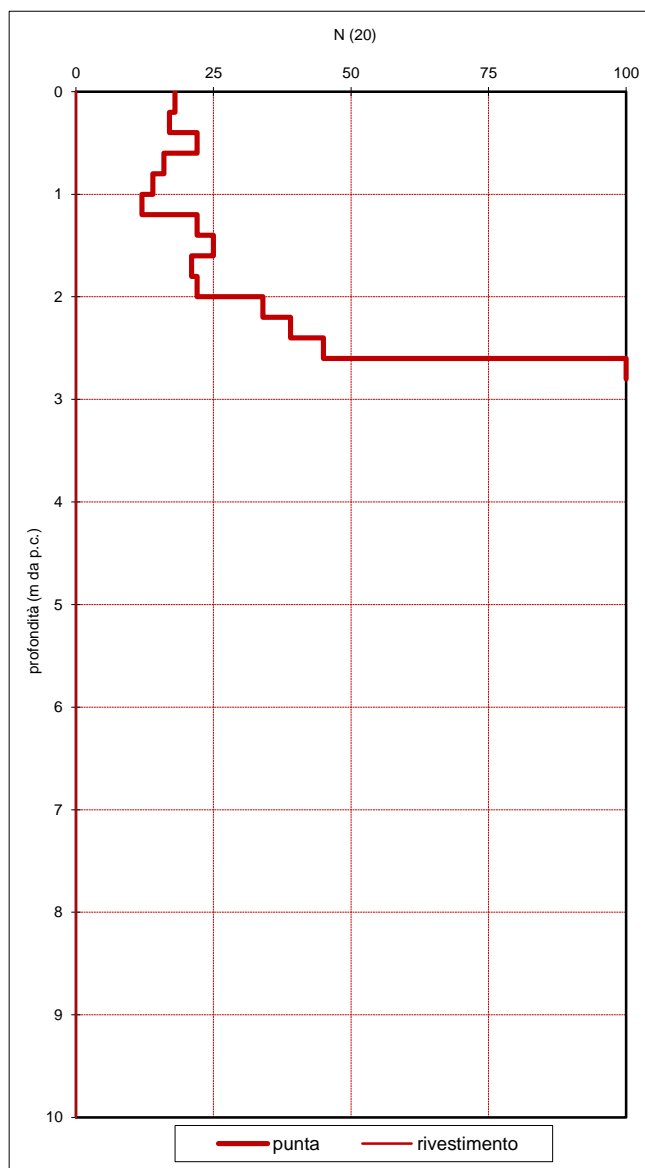


**CARATTERISTICHE TECNICHE DEL
 PENETROMETRO TIPO PAGANI TG 63-100 EML.C**
 Peso del maglio: 63,5 kg
 Altezza di caduta: 75 cm
 Angolo al vertice della punta : 90°
 Diametro del cono: 51 mm
 Peso delle aste: 6,50 kg/m

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA S.C.P.T.

Prova: **4** Data di esecuzione: **22/02/2021**
 Rapporto: **21R040a** Quota prova: **p.c.**
 Committente: **Comune di Monza**
 Area di indagine: **Viale delle Industrie snc, Monza (MB)**

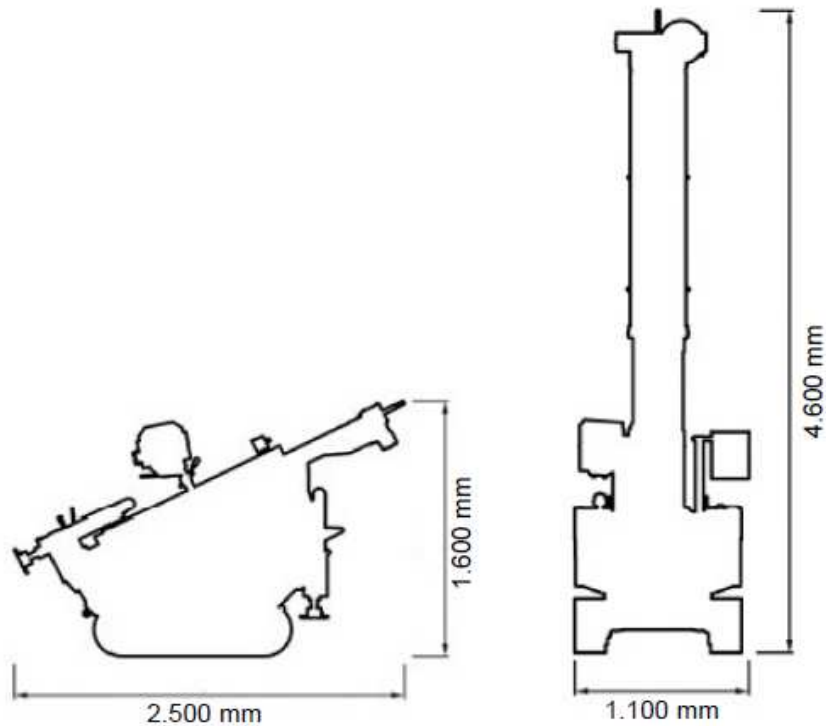
m da p.c.	punta	rivestimento
0,00		
0,20	18	
0,40	17	
0,60	22	
0,80	16	
1,00	14	
1,20	12	
1,40	22	
1,60	25	
1,80	21	
2,00	22	
2,20	34	
2,40	39	
2,60	45	
2,80	100	
3,00		
3,20		
3,40		
3,60		
3,80		
4,00		
4,20		
4,40		
4,60		
4,80		
5,00		
5,20		
5,40		
5,60		
5,80		
6,00		
6,20		
6,40		
6,60		
6,80		
7,00		
7,20		
7,40		
7,60		
7,80		
8,00		
8,20		
8,40		
8,60		
8,80		
9,00		
9,20		
9,40		
9,60		
9,80		
10,00		



**CARATTERISTICHE TECNICHE DEL
 PENETROMETRO TIPO PAGANI TG 63-100 EML.C**
 Peso del maglio: 63,5 kg
 Altezza di caduta: 75 cm
 Angolo al vertice della punta : 90°
 Diametro del cono: 51 mm
 Peso delle aste: 6,50 kg/m

PENETROMETRO STATICO/DINAMICO
Modello **TG 63-100** - Pagani Geotechnical Equipment

DIMENSIONI:



CARATTERISTICHE TECNICHE: TG 63-100 EML.C

PESO MASSA BATTENTE	M	= 63,50 kg	
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H	= 0,75 m	
PESO SISTEMA BATTUTA	Ms	= 0,63 kg	
DIAMETRO PUNTA CONICA	D	= 51,00 mm	
AREA BASE PUNTA CONICA	A	= 20,43 cm ²	
ANGOLO APERTURA PUNTA	α	= 90 °	
LUNGHEZZA DELLE ASTE	La	= 1,00 m	
PESO ASTE PER METRO	Ma	= 6,50 kg	
AVANZAMENTO PUNTA	δ	= 0,20 m	
NUMERO DI COLPI PUNTA	N	= N(20)	⇒ relativo ad un avanzamento di 20 cm
RIVESTIMENTO / FANGHI	SI		

ENERGIA SPECIFICA x COLPO	Q	= (MH)/(Aδ) = 11,66 kg/cm ²	(prova SPT: Qspt=7,83 kg/cm ²)
COEFF. TEORICO DI ENERGIA	βt	= Q/Qspt = 1,489	(teoricamente: Nspt = βt N)

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd [funzione del numero di colpi N] (FORMULA OLANDESE):

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

Rpd = resistenza dinamica punta [area A]
e = infissione per colpo = δ / N

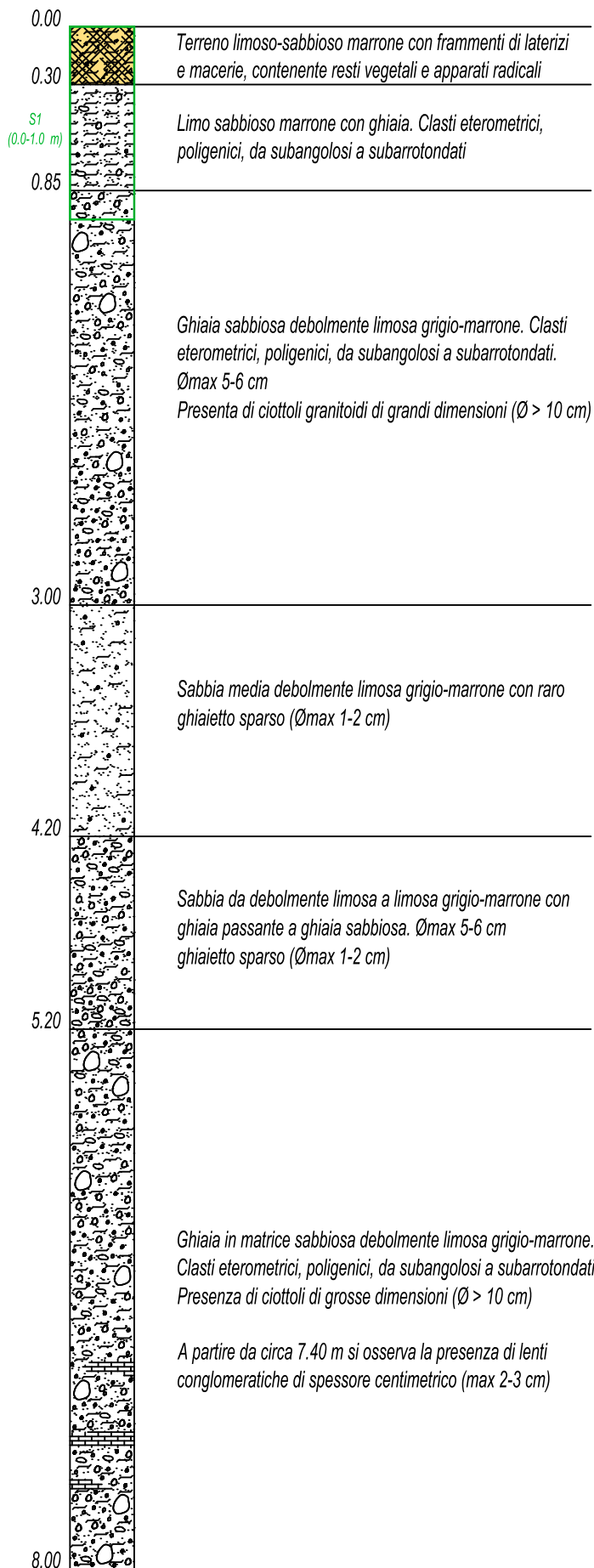
M = peso massa battente (altezza caduta H)
P = peso totale aste e sistema battuta

UNITA' di MISURA (conversioni)	
1 kg/cm ²	= 0,098067 MPa
1 MPa	= 1 MN/m ² = 10.197 kg/cm ²
1 bar	= 1.0197 kg/cm ² = 0.1 MPa
1 kN	= 0.001 MN = 101.97 kg

ALLEGATO 2

Stratigrafie sondaggi

SONDAGGIO S1



LEGENDA:

- Materiali di riporto
- Analisi terreno
- Analisi materiali di riporto



Dott. Geol. Michele Salvioni
Geologia • Geotecnica • Ambiente

Comune di Monza
Viale delle Industrie snc, Monza (MB)

Indagine Ambientale:
stratigrafie sondaggi geognostici

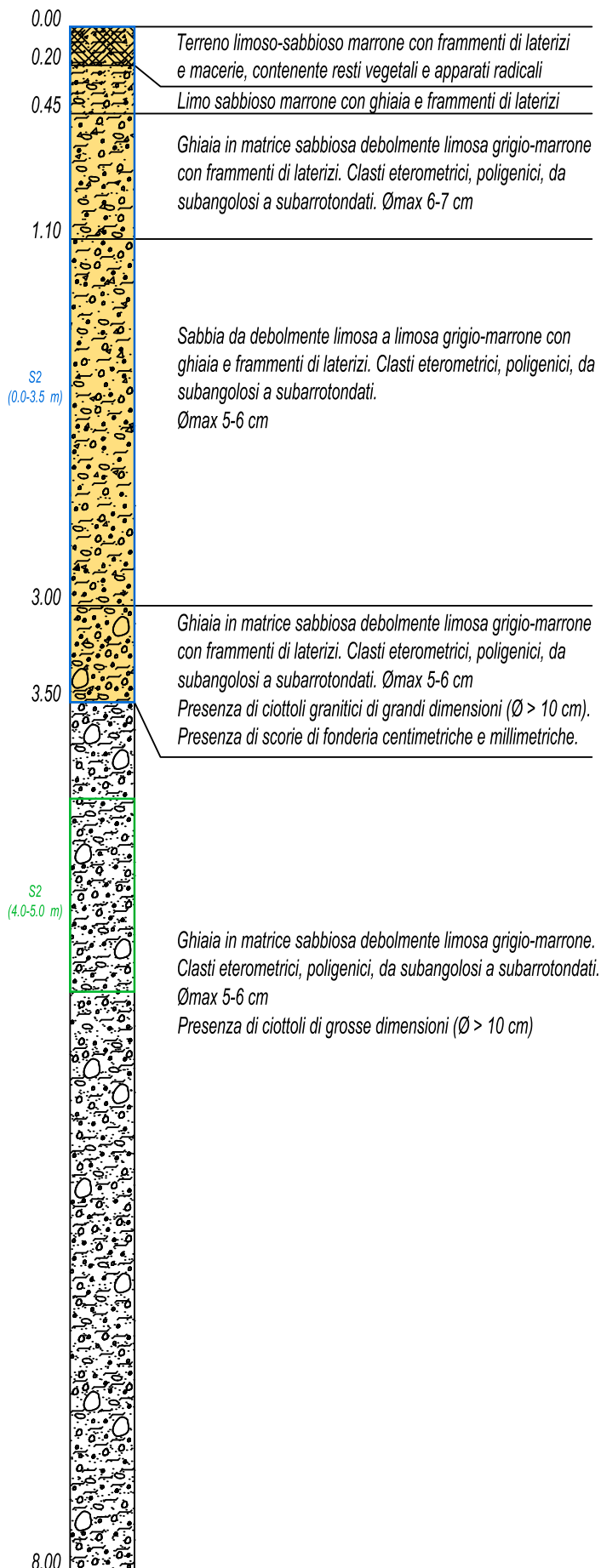
ALLEGATO

2a

DICEMBRE 2021

20R040a

SONDAGGIO S2



LEGENDA:

- Materiali di riporto
- Analisi terreno
- Analisi materiali di riporto



 Dott. Geol. Michele Salvioni Geologia • Geotecnica • Ambiente	
Comune di Monza Viale delle Industrie snc, Monza (MB)	
Indagine Ambientale: stratigrafie sondaggi geognostici	ALLEGATO 2b
DICEMBRE 2021	20R040a

ALLEGATO 3

Prova Lefranc

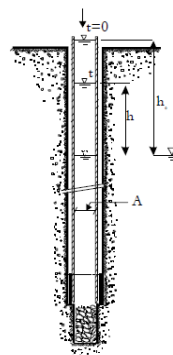
PROVA LEFRANC

Prova a carico variabile - Terreno insaturo

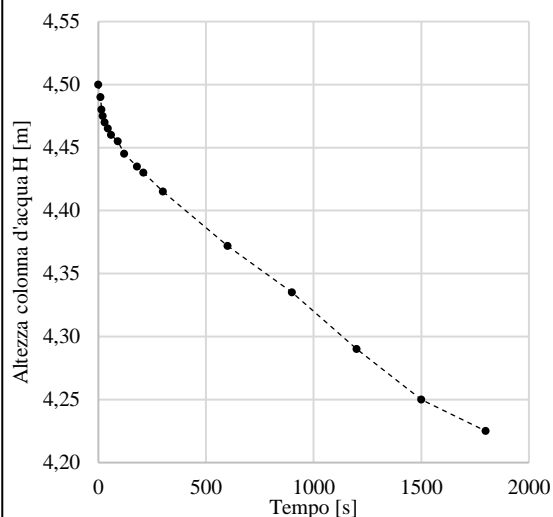
Committente: Comune di Monza
Area di indagine: Ex area CEM - Viale delle Industrie snc, Monza

Sondaggio: S2 Data: 14/10/21
Prova: P1 Effettuata da: Dott. Geol. Michele Salvioni

PROFONDITA' TRATTO IN PROVA 3,50÷4,00 m
DURATA PROVA 1800 s
PROFONDITA' SONDAGGIO 4,00 m
LUNGHEZZA RIVESTIMENTO 4,00 m
ALTEZZA RIVESTIMENTO FUORI TERRA 0,50 m da p.c.
PROFONDITA' FALDA 19,00 m da p.c.
LUNGHEZZA TRATTO IN PROVA L 0,50 m
DIAMETRO TRATTO IN PROVA D 0,127 m
COEFFICIENTE DI FORMA F 1,90 m
AREA TRATTO IN PROVA A 0,013 m²



Tempo [s]	Abbassamenti [m da b.p.]	H [m]	h ₁ /h ₂	t ₂ -t ₁	K [m/s]
0	0	4,50	0,00	0	
10	0,01	4,49	1,00	10,00	1,48E-06
15	0,02	4,48	1,00	5,00	2,97E-06
20	0,025	4,48	1,00	5,00	1,49E-06
30	0,03	4,47	1,00	10,00	7,44E-07
45	0,035	4,47	1,00	15,00	4,97E-07
60	0,04	4,46	1,00	15,00	4,97E-07
90	0,045	4,46	1,00	30,00	2,49E-07
120	0,055	4,45	1,00	30,00	4,99E-07
180	0,065	4,44	1,00	60,00	2,50E-07
210	0,07	4,43	1,00	30,00	2,50E-07
300	0,085	4,42	1,00	90,00	2,51E-07
600	0,128	4,37	1,01	300,00	2,17E-07
900	0,165	4,34	1,01	300,00	1,89E-07
1200	0,21	4,29	1,01	300,00	2,32E-07
1500	0,25	4,25	1,01	300,00	2,08E-07
1800	0,275	4,23	1,01	300,00	1,31E-07



$$K = \frac{A}{F(t_2 - t_1)} \ln \frac{h_1}{h_2}$$

$$\text{se } \frac{L}{D} > 1,2 \quad K \approx K_H$$

$$\text{se } 0 < \frac{L}{D} < 1,2 \quad K \approx K_m$$

$$\text{se } L = 0 \quad K \approx K_V$$

DESCRIZIONE STRATIGRAFICA STRATO IN PROVA: ghiaia sabbiosa in matrice limosa

COEFFICIENTE DI PERMEABILITA' ORIZZONTALE MEDI $K_H = 6,343E-07$ m/s

ALLEGATO 4

Verifica sismica di 2° livello

Analisi sismica di 2° livello

Rapporto: **21R040a**

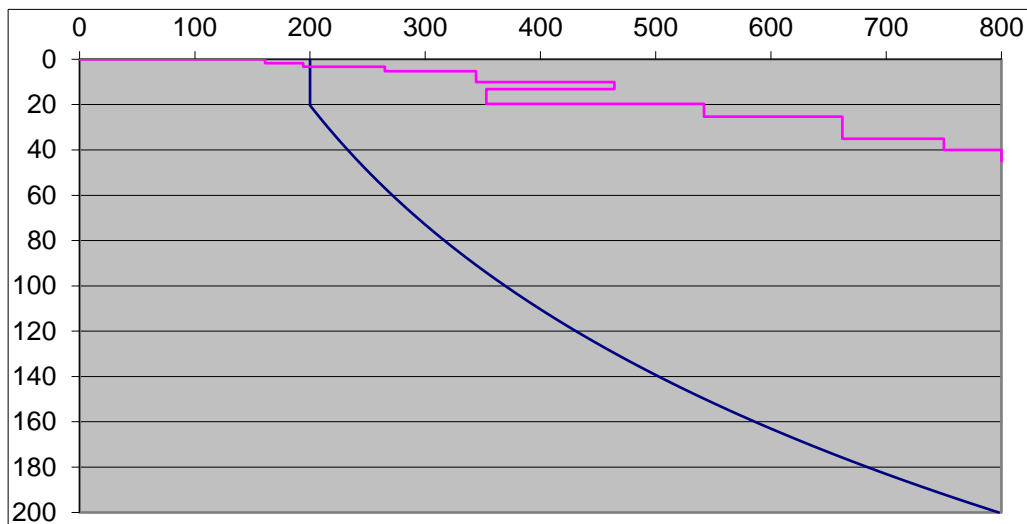
Prova: **1**

Committente: **Comune di Monza**

Sito: **Viale delle Industrie, Monza (MB)**

VERIFICA DELLA CURVA DI RIFERIMENTO

(Litologia sabbiosa)



		Profondità primo strato (m)																						
		1-3	4	5-12	13	14	15	16	17	18	20	25	30	40	50	60	70	90	110	130	140	160	180	
Velocità primo strato (m/s)	200	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3													
	250	2	2	1-2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	NA	NA	NA								
	300	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	NA	NA	NA	NA						
	350	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	NA	NA	NA					
	400	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA				
	450	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA			
	500	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA		
	600	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA	
	700	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA	NA

PERIODO PROPRIO DEL SITO

strato	V(s)	H(s)
1	161,0	1,7
2	194,0	1,6
3	265,0	2,0
4	344,0	4,8
5	464,0	3,1
6	353,0	6,5
7	542,0	5,6
8	662,0	9,7
9	750,0	5,0
10	800,0	∞

$T = 0,34 \text{ s}$

VERIFICA DI Fa

$Fa_{0,1 \div 0,5} = -8,65T^2 + 5,44T + 0,84$

$Fa = 1,7$

Valore di riferimento (suolo tipo B): 1,4
 Valore di riferimento (suolo tipo C): 1,9