

dr. geol. LUCA FONTANA
CASTELSEPRIO

Rif.: 0722 - A /R/20

D.G.R. IX2616/2011 - D.M. 17/01/2018

pag. 1

FONDAZIONE GAETANO E PIERA BORGHI**Via F. PETRARCA, 33****- 21020 BREBBIA -****REALIZZAZIONE NUOVO PARCHEGGIO DI PERTINENZA DELLA
FONDAZIONE IN VIA TRIPOLI ANGOLO VIA S. ROCCO****RELAZIONE GEOLOGICA**

D.G.R. IX/2616/2011 e D.M. 17/01/2018

Stato del documento

Ed.	Rev.	MOTIVO	data
00	01	Emissione preliminare del documento	25/02/2020
00	A	Emissione relazione geologica	08/5/2020

INDICE

Sezioni

1. *Premessa*
2. *Normativa di riferimento*
3. *Raccolta e organizzazione dei dati esistenti: territoriali, amministrativi, urbanistici, ambientali (geologici, geomorfologici, geopedologici, geotecnici, idrografici e idrogeologici)*
4. *Indagine geognostica*
 - 4.1 *Prove di permeabilità*
 - Descrizione stratigrafica fronti di scavo*
 - Risultati*
5. *Determinazione pericolosità e parametrizzazione sismica del sito indagato*
 - 5.1 *Pericolosità sismica del sito*
 - 5.2 *Stratigrafia di progettazione con prestazioni dell'opera attesa*
 - 5.3 *Determinazione azione sismica*
 - 5.4 *Suscettibilità alla liquefazione*

1. PREMESSA

La presente relazione geologica costituisce la sintesi delle indagini effettuate dallo scrivente presso il Comune di Brebbia (VA) per conto di Casa di Cura Fondazione Gaetano Borghi e Piera S.r.l. dove è in progetto un intervento la realizzazione di una serie di posti auto lungo un tratto di Via Tripoli e Via San Rocco.

Gli studi illustrati sono stati condotti ai sensi della nuova normativa sismica della Regione Lombardia contenuta nella D.G.R. 30 Marzo 2016 - n. X/5001 e secondo le prescrizioni e gli oneri delle raccomandazioni A.G.I. (1977).

Le indagini eseguite, estese a un significativo intorno dell'area che sarà interessata dagli interventi, sono finalizzate alla definizione delle condizioni geologiche, geotecniche e geomorfologiche del sito. Le risultanze delle indagini eseguite in sito a supporto del progetto in esame sono contenute nella Relazione Geologica redatta sia ai sensi della D.G.R. IX/2616/2011 che ai sensi delle N.T.C. 2018.

La Relazione Geologica, redatta ai sensi della D.G.R. IX/2616/2011, è finalizzata a verificare la fattibilità dell'intervento proposto sviluppando le indagini geologiche, geofisiche e geotecniche nonché le verifiche richieste dalle norme di attuazione del PGT per la specifica classe di fattibilità geologica e classe di pericolosità sismica che l'estensore dello studio geologico del PGT ha attribuito all'area dove ricade l'intervento. La relazione va presentata per ottenere il rilascio del titolo abilitativo a costruire associato al progetto preliminare dell'opera.

La Relazione Geologica, redatta ai sensi delle NTC 2018, è finalizzata a ricostruire il modello geologico necessario all'estensione della relazione geotecnica per poter estendere i risultati delle indagini geologiche, geotecniche e geofisiche a tutto il volume significativo coinvolto dalla costruzione, nonché ad approfondire eventuali ulteriori criticità che dovessero essere riscontrate in sito oltre a quelle segnalate nel PGT. La relazione va presentata prima dell'inizio dei lavori associato al progetto esecutivo dell'opera.

Seguendo i dettami della norma vigente e dello stato dell'arte, i contenuti principali della Relazione Geologica saranno quelli elencati nelle seguenti sezioni:

- a) Inquadramento normativo di riferimento ed esame dell'intervento nel contesto degli strumenti di pianificazione vigenti con analisi del quadro conoscitivo esistente;
- b) Caratteristiche generali del progetto e suo inquadramento in ambito territoriale;

- c) Definizione delle caratteristiche tettonico-strutturali dell'area d'intervento;
- d) Definizione dei lineamenti geomorfologici della zona e analisi dei processi morfogenetici con specifico riferimento ai dissesti in atto o potenziali e alla loro tendenza evolutiva al fine di una valutazione delle reali incidenze dell'intervento sulle condizioni di stabilità pre- e post-intervento;
- e) Definizione delle caratteristiche geologiche del sito: caratterizzazione della successione litostratigrafia del sito per un intorno areale significativo al fine di caratterizzare il "volume significativo";
- f) Definizione della distribuzione areale e volumetrica dei litotipi, il loro stato di alterazione e un primo giudizio qualitativo sulle loro caratteristiche geomeccaniche;
- g) Definizione delle condizioni idrogeologiche del sito, tenendo conto dello schema della circolazione idrica superficiale e sotterranea, dei livelli piezometrici dell'acquifero superficiale e delle indicazioni sulla loro escursione stagionale (misurata o stimata sulla base dei valori medi conosciuti oppure derivata da dati bibliografici o dalle carte dello strumento urbanistico vigente);
- h) Risultati delle prove e delle indagini geognostiche e geotecniche realizzate e atte a ricostruire le caratteristiche litostratigrafiche e idrogeologiche locali con relativa documentazione tecnica: standard di riferimento e specifiche tecniche adottate, attrezzature impiegate e metodologie di esecuzione delle indagini, interpretazione ed elaborazione dei risultati, cartografia di corredo, rapporti di prova. A tale fine sono state eseguite una serie di prove infiltrometriche finalizzate alla definizione del coefficiente di permeabilità dei terreni di primo sottosuolo che andrà a condizionare il dimensionamento delle opere di invarianza e il tempo di svuotamento delle medesime nell'ambito delle opere da realizzarsi in sito al fine di regimre da un punto di vista idraulico e idrologico le acque meteoriche ricadenti sulle nuove superfici impermeabili in progetto.
- i) Risultati di eventuali prove e indagini geognostiche e geotecniche eseguite in siti limitrofi o ricavati da bibliografia, particolarmente utili per le "zone note";
- j) Definizione della zona sismica d'appartenenza e della categoria di suolo di fondazione del sito in relazione alla normativa adottata.
- k) Valutazioni sulle problematiche sismiche locali presenti nel sito anche in riferimento agli elementi di pericolosità sismica locali e valutazione delle condizioni predisponenti per la suscettibilità a liquefazione dei terreni nei casi previsti dalla normativa vigente.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Normativa nazionale

- **Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Circolare 21 Gennaio 2019 n. 7, GU Serie Generale n. 35 del 11/02/2019, Suppl. Ordinario n. 5:** “Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le Costruzioni"» di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018”
- **Decreto Ministeriale 17.01.2018:** Aggiornamento delle «Norme tecniche per le Costruzioni»
- **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
- **Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 02 Maggio 2006, n. 3519 –** “Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone”
- **Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 Marzo 2003, n. 3274 –** “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”

Normativa europea

- **Eurocodice 8 (1998):** Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003)
- **Eurocodice 7.1 (1997):** Progettazione geotecnica – Parte I: Regole Generali. UNI
- **Eurocodice 7.2 (2002):** Progettazione geotecnica – Parte II: Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002). UNI
- **Eurocodice 7.3 (2002):** Progettazione geotecnica – Parte II: Progettazione assistita con prove in sito (2002). UNI

Normativa regionale

- **D.D.U.O. 28/11/2018 – n. 17589:** “Aggiornamento della modulistica approvata dalla D.G.R. 30 marzo 2016 – n. X/5001 “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)””

- **R.R. 23/11/2017 - n. 7, pubblicato sul B.U.R.L. n. 48, suppl. del 27/11/2017:** “Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell’invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell’articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio)”
- **D.G.R. 30/03/2016 – n. X/5001/2016, pubblicata sul B.U.R.L. n. 14 del 07/04/2016:** “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)”
- **D.G.R. 08/10/2015 - n. X/4144, pubblicata sul B.U.R.L. n. 42 S.O. del 13/10/2015:** “Ulteriore differimento del termine di entrata in vigore della nuova classificazione sismica del territorio approvata con D.G.R. 11 luglio 2014, n. 2129 «Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (L.R. 1/2000, art. 3, comma 108, lett. d)»”
- **D.G.R. 10/10/2014 - n. X/2489, pubblicata sul B.U.R.L. n. 42 S.O. del 14/10/2014:** “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, comma 108, lett. d)»”
- **D.G.R. 11/07/2014 - n. X/2129, pubblicata sul B.U.R.L. n. 29 S.O. del 16/07/2014:** “Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r. 1/2000, art. 3, comma 108, lett. d)”
- **Leggi regionali** in materia di pianificazione e di Vincolo Idrogeologico
- **Ordinanze** Autorità di Bacino nazionale, regionale o interregionale

Riferimenti bibliografici

- Regione Lombardia - www.cartografia.regione.lombardia.it - Banche dati del SIT – Ambiente e Territorio, Sistemi informativi tematici
- Presidenza del Consiglio dei Ministri – Dipartimento della Protezione Civile: <http://www.protezionecivile.gov.it/>
- “*Studio geologico del territorio comunale (L.R. n.12/2005 – D.G.R. 28 Maggio 2008 n. 8/7374)*” del Comune di Brebbia, Studio Associato di geologia applicata Dott. Geol Roberto Granata - Dott. Geol. Paolo Granata, Marzo 2013

3. RACCOLTA E ORGANIZZAZIONE DEI DATI ESISTENTI: TERRITORIALI, AMMINISTRATIVI, URBANISTICI, AMBIENTALI (GEOLOGICI, GEOMORFOLOGICI, GEOPEDOLOGICI, GEOTECNICI, IDROGRAFICI E IDROGEOLOGICI)

- **Mappatura e localizzazione del sito**

L'area oggetto d'indagine, ossia la Fondazione Gaetano e Piera Borghi, è situata in Via Petrarca n. 33, presso la località Brebbia Superiore, e ricade nella porzione orientale del territorio comunale di Brebbia.

Come si evince dall'estratto dell'ortofoto di seguito riportato (Figura 1), il sito oggetto delle indagini geognostiche, in quanto oggetto del progetto di realizzazione di un nuovo parcheggio (per un totale di 29 posti auto), ricade in corrispondenza di un settore del territorio comunale a destinazione d'uso mista, prevalentemente residenziale e a verde, con presenza di alcune realtà adibite a servizi.

Figura 1

Estratto ortofoto (Fonte: Geoportale Regione Lombardia)



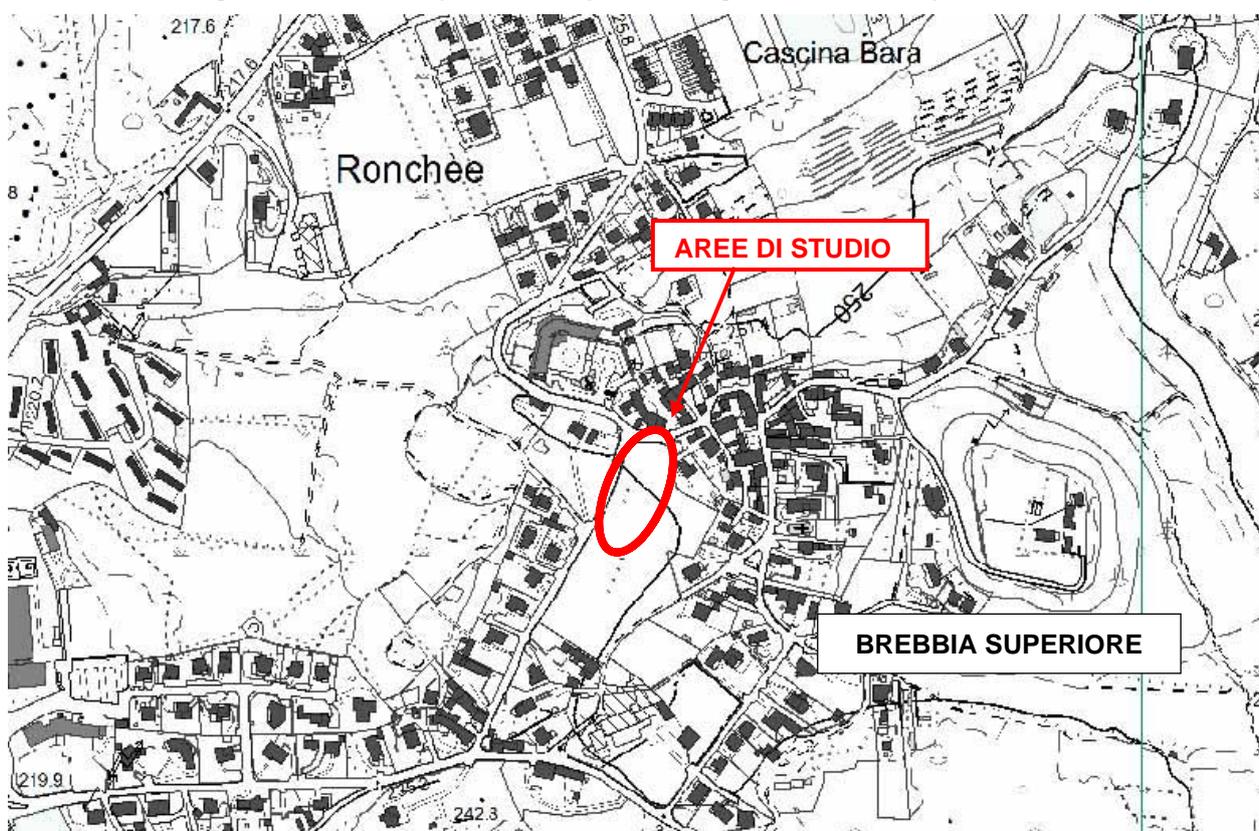
Da un punto di vista corografico, l'area è compresa nella porzione sud-orientale della Sezione A4B4 "Besozzo" della Carta Tecnica Regionale della Regione Lombardia alla scala 1:10.000, di cui di seguito si riporta un estratto (Figura 2).

Il sito oggetto di indagine è posto nel settore del territorio comunale più elevato (Brescia Superiore) ed è caratterizzato da una pendenza media, con una quota topografica variabile da circa 244 a circa 250 m s.l.m. (il sito risulta digradante procedendo verso sud-est, ossia verso l'area ove sorgerà il parcheggio in progetto).

Durante i rilievi in sito non sono stati trovati elementi negativi o pericoli di carattere geomorfologico.

Figura 2

Estratto CTR Regione Lombardia (Fonte: Geoportale Regione Lombardia)



- **Analisi dei Vincoli**

Come si può evincere dall'estratto della "Carta dei Vincoli" di seguito riportato (Figura 3), le aree oggetto del presente studio *non* ricadono all'interno di aree sottoposte a vincoli di natura geologica.

- **Fattibilità geologica delle Azioni di Piano e Unità di Sintesi**

Come si evince dall'estratto della *"Carta della Fattibilità geologica"* di seguito riportato (Figura 4), sulla base dell'azzoneamento del territorio comunale individuato nello strumento urbanistico vigente, l'area ove è in progetto la realizzazione del nuovo parcheggio ricade interamente nella classe di *Fattibilità Geologica 2 – Fattibilità con modeste limitazioni* che comprende aree nelle quali sono state riscontrate modeste condizioni limitative all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica d'uso dei terreni, superabili mediante approfondimenti di indagine e accorgimenti tecnico-costruttivi e senza la realizzazione di opere di difesa.

Nello specifico, sulla base delle unità di sintesi individuate nell'ambito dello studio geologico a supporto del P.G.T. del Comune di Brebbia, il sito che sarà oggetto della realizzazione del nuovo parcheggio ricade nell'unità *"F.1: aree di versante mediamente acclive interessate da limitati fenomeni di dilavamento"*, ossia di aree a debole vulnerabilità geologica. Queste aree sono state delimitate in quanto presentano versanti con pendenze comprese tra 10° e 35°. Queste aree non mostrano estesi fenomeni di instabilità (si segnalano solo piccoli smottamenti o fenomeni di ruscellamento diffuso, isolati ed arealmente poco estesi), ma esse vanno comunque trattate con cautela per la loro morfologia che potrebbe dare adito a dissesti, specialmente in caso di eventi meteorologici eccezionali o in caso di interventi antropici destabilizzanti. Sono stati compresi anche versanti con pendenze minori che presentano, tuttavia, la possibilità di essere interessate dall'espansione di fenomeni geomorfologici di versante (smottamenti, colate detritiche, ruscellamento, arretramento della scarpata erosionale, etc.).

Pertanto, secondo quanto previsto nelle Norme Geologiche di Piano, la documentazione progettuale deve prevedere uno studio geologico che valuti, oltre alle caratteristiche litologiche dell'area, anche la presenza di fenomeni geomorfologici attivi e il grado di stabilità naturale del pendio al fine di stabilire le reali condizioni di pericolosità e gli eventuali accorgimenti per garantire le necessarie condizioni di sicurezza del versante e dell'opera in progetto. Inoltre, particolare attenzione deve essere posta alle modalità di smaltimento delle acque meteoriche e al rapporto tra opera e versante in relazione al possibile verificarsi di instabilità dei terreni oggetto di modifica morfologica.

In linea generale non devono essere previsti interventi che favoriscano lo scorrimento incontrollato delle acque con susseguente erosione lungo il versante e che impediscano l'assorbimento naturale nel sottosuolo; inoltre, le recinzioni, che potrebbero fungere da sbarramento al naturale deflusso delle acque superficiali, devono essere di tipo permeabile. Particolare attenzione deve, infine, essere rivolta al riscontro di eventuali acquiferi superficiali.

- **Analisi Mappe Pericolosità e Rischio – Cartografia aree allagabili**

A completamento delle informazioni relative all'inquadramento generale del sito oggetto del presente studio, è stata consultata la cartografia ufficiale delle aree allagabili del PGRA (*Piano di Gestione Rischio Alluvioni*) potenzialmente interessate da alluvioni frequenti, poco frequenti e rare, rappresentate dalle mappe della pericolosità e del rischio aggiornate al 2015 e pubblicate sul GEOPortale della Regione Lombardia, visualizzate attraverso il Servizio di Mappa denominato "*Direttiva alluvioni 2007/60/CE – Revisione 2015*".

Sulla base di questa consultazione, si segnala che le aree oggetto del presente studio *non* ricadono all'interno di alcuno degli ambiti territoriali individuati dalla citata cartografia.

- **Sintesi delle caratteristiche geologiche, idrogeologiche e sismiche territoriali**

Si riportano di seguito, in sintesi, le principali caratteristiche ambientali del sito in esame:

A) Fonte dei dati

Per la sintesi delle informazioni di seguito riportate si è fatto riferimento in particolare ai dati dei seguenti documenti:

- "*Studio geologico del territorio comunale (L.R. n.12/2005 – D.G.R. 28 Maggio 2008 n. 8/7374)*" del Comune di Brebbia, Studio Associato di geologia applicata Dott. Geol Roberto Granata - Dott. Geol. Paolo Granata, Marzo 2013.

B) Caratterizzazione geologico-stratigrafica, idrogeologica e sismica territoriale

Il Comune di Brebbia, ubicato sulla sponda orientale del Lago Maggiore, presenta un'altitudine massima di ca m 297 s.l.m. (Brebbia Superiore) e minima di m 195 s.l.m. (sponda del Lago Maggiore).

Dal punto di vista morfologico, il territorio comunale si presenta pianeggiante, con due rilievi modesti ubicati nel settore occidentale (Brebbia Superiore) e orientale (Motta Pivione). Gli elementi morfogenetici principali sono rappresentati dal Lago Maggiore e dal Fiume Bardello, unico emissario del Lago di Varese. I fenomeni di erosione ed esondazione legati a questi costituiscono i fattori di maggiore pericolosità geologica. Altri problemi geologici sono individuabili nell'erosione agente lungo gli altri corsi d'acqua, nello scorrimento superficiale delle acque meteoriche non incanalate e nelle scarse proprietà geotecniche dei materiali presenti nelle aree più depresse.

Caratteri geologici e geomorfologici

Come si evince dall'estratto della “*Carta litologica con elementi geologico applicativi*” di seguito riportato (Figura 5), dal punto di vista litologico, in corrispondenza dell'area ove sorgeranno i nuovi parcheggi sono presenti i depositi quaternari definiti nella cartografia come “sabbie, ghiaie e ciottoli in matrice limosa”. Si tratta di depositi morenici legati alle varie fasi glaciali che si sono susseguite fino a circa 10.000 anni fa, costituiti da sabbie e ghiaie in matrice limosa con ciottoli e blocchi poligenici poco arrotondati anche di grosse dimensioni.

La struttura dei depositi è estremamente caotica con brusche variazioni di granulometria sia in verticale che in orizzontale.

Questi depositi costituiscono la copertura del rilievo di Brebbia Superiore e l'ossatura del rilievo di Motta Pivione.

La permeabilità è estremamente variabile in funzione dell'eterogeneità del deposito, in genere medio-bassa ($K \text{ (m/s)} = 10^{-6} \div 10^{-5}$).

Infine, si segnala che le caratteristiche geotecniche risultano discrete, in quanto si tratta di **terreni a** comportamento incoerente, con discreto grado di addensamento e angolo di attrito medio, con possibili notevoli variazioni sia verticali che orizzontali.

Dal punto di vista geomorfologico, come si evince dall'estratto della “*Carta della dinamica geomorfologica*” di seguito riportato (Figura 6), in corrispondenza delle aree oggetto del presente studio non sono stati individuati elementi di particolare rilevanza.

Si segnala, tuttavia, che nelle aree limitrofe sono stati individuati fenomeni di ruscellamento concentrato e aree di ristagno di acqua.

Caratteri idrogeologici

Nell'ambito dello studio geologico a supporto del P.G.T. del Comune di Brebbia, è stato ricostruito un modello idrogeologico sotterraneo caratterizzato dalla presenza di tre differenti unità idrogeologiche sovrapposte, costituenti un acquifero a tipologia freatica; sono, infatti, state individuate tre litozone, corrispondenti ad altrettante unità idrogeologiche, nel dettaglio:

- *Litozona sabbioso-limosa* – individuabile dal p.c. fino alla profondità di 15/20 m, costituita da alternanze di sabbie e ghiaie in matrice limosa; la permeabilità è medio-bassa; nella porzione più superficiale è frequente la presenza di frazioni argillose nella matrice, che localmente possono conferire un carattere semiconfinato all'acquifero, altrimenti freatico;

- *Litozona sabbioso ghiaiosa* – caratterizzata da intercalazioni di livelli ghiaioso-sabbiosi e sabbioso-limosi (limitati alla parte più superficiale); la permeabilità media è abbastanza elevata; questa unità è sede di un acquifero semi-confinato o confinato, che costituisce la principale fonte di approvvigionamento idrico;
- *Substrato roccioso* - costituito dai calcari micritici della Formazione della Maiolica, ove la permeabilità è nulla, anche se in funzione del grado di fratturazione locale si possono verificare fenomeni di infiltrazione e circolazione idrica limitati comunque alla parte più superficiale per la chiusura delle fratture con la profondità.

Come si può evincere dalla “*Carta degli elementi idrogeologici*” (Figura 7), in corrispondenza dell’area della Fondazione Gaetano e Piera Borghi e della zona ove sorgerà il nuovo parcheggio, la vulnerabilità intrinseca dell’acquifero si presenta medio-bassa.

Per quanto concerne, infine, le classi di permeabilità, la porzione del sito ove si trova l’edificio oggetto di ampliamento presenta una permeabilità secondaria per fratturazione variabile da bassa a nulla, mentre in corrispondenza del sito ove sorgeranno i nuovi parcheggi, la presenza dei depositi glaciali determina una permeabilità primaria da media a bassa.

Infine, come si può osservare dall’estratto della “*Carta degli elementi idrografici, idrologici e idraulici*” (Figura 8), a sud-ovest rispetto all’area ove sorge la Fondazione Gaetano e Piera Borghi è presente un corso d’acqua minore denominato Fosso Villaggio Europa, ossia un piccolo corso d’acqua che si origina a valle di Brebbia Superiore e viene intubato a monte di piazza A. Moro.

Piezometria

Sulla base di quanto riportato nello studio geologico a supporto del P.G.T. del Comune di Brebbia, la mancanza di un numero significativo di punti di captazione non ha consentito la predisposizione di una carta piezometrica sull’intero territorio comunale. In base ai dati disponibili (rilievo piezometrico dei pozzi comunali e osservazioni in sito) è stata comunque ipotizzata la presenza di una falda superficiale con direzione NNO-SSE, drenata dal lago Maggiore.

Come si può evincere dalla “*Carta degli elementi idrogeologici*” (Figura 7), nell’ambito dello studio geologico a supporto del P.G.T., non è stato possibile realizzare ipotesi in merito alla presenza della falda acquifera in corrispondenza dell’area della Fondazione Gaetano e Piera Borghi.

Caratteri sismici

La risposta a una sollecitazione dinamica è funzione anche delle particolari condizioni geologiche e geomorfologiche proprie di una determinata zona; le condizioni locali possono quindi influenzare, in occasione di eventi sismici, la pericolosità sismica di base producendo effetti diversi da considerare nella valutazione generale della pericolosità sismica dell'area e, di conseguenza, negli indirizzi di pianificazione urbanistica e di progettazione degli interventi edificatori.

La classificazione costituisce la pericolosità sismica di base che deve essere verificata e approfondita in fase di pianificazione territoriale e geologica.

Secondo la D.G.R. di Regione Lombardia 11 luglio 2014 n. X/2129, pubblicata sul B.U.R.L. n. 29 S.O. del 16/07/2014, che ha proposto l'aggiornamento della classificazione sismica del territorio lombardo, il Comune di Brebbia (VA) ricade in zona sismica 4 (quella a minor grado di sismicità).

La suddetta delibera è entrata in vigore a partire dal 10 Aprile 2016 in seguito alla proroga definita da Regione Lombardia con D.G.R. 08 Ottobre 2015 - n. X/4144 "Ulteriore differimento del termine di entrata in vigore della nuova classificazione sismica del territorio approvata con D.G.R. 11 luglio 2014, n. 2129 «Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (L.R. 1/2000, art. 3, comma 108, lett. d)»" (successiva al differimento stabilito precedentemente con D.G.R. 10 Ottobre 2014, n. X/2489).

Inoltre, a partire dal 10 Aprile 2016, pertanto contestualmente all'entrata in vigore della nuova zonazione sismica, decorre anche l'efficacia della D.G.R. 30 Marzo 2016 n. X/5001 "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)" che, dal punto di vista geologico, introduce anche le seguenti novità di carattere geologico:

- indicazione di un percorso guidato per gli approfondimenti sismici richiesti nelle diverse zone di pericolosità sismica locale di livello I individuate nei PGT;
- introduzione dei controlli sui progetti e sulle costruzioni anche nelle zone sismiche 3 e 4.

Tale normativa deve essere applicata in tutto il territorio regionale alle seguenti tipologie di opere:

- nuove costruzioni edilizie;
- costruzioni edilizie esistenti laddove siano previsti interventi di adeguamento sismico;
- sistemi geotecnici (fondazioni, opere di sostegno, ecc.) ove siano previsti interventi di nuova costruzione, adeguamento sismico, miglioramento sismico o riparazione locale.

Per i comuni come Brebbia, ricadenti in zona sismica 4, l'applicazione dei livelli di approfondimento è così regolata (ai sensi della D.G.R. IX/2616/2011):

- *livello II*: si applica in fase pianificatoria solo per edifici strategici e rilevanti di nuova previsione (elenco tipologico di cui al D.D.U.O. n. 19904/03) nelle zone di pericolosità sismica locale suscettibili di amplificazioni topografiche e/o litologiche (PSL Z3 e Z4);
- *livello III*: si applica in fase progettuale nelle aree indagate con il livello II quando il fattore di amplificazione calcolato supera il fattore soglia comunale e nelle zone di pericolosità sismica locale suscettibili di effetti di instabilità o cedimenti e/o liquefazioni (PSL Z1 e Z2) solo per edifici strategici e rilevanti.

Sulla base dell'analisi del rischio sismico condotta nell'ambito della redazione dello strumento urbanistico vigente adottando la procedura di I livello allo scopo di individuare le zone caratterizzate da specifici scenari di pericolosità sismica locale (PSL), come si evince dall'estratto della "*Carta della pericolosità sismica locale*" di seguito riportato (Figura 9), le caratteristiche litologiche descritte nel paragrafo "*Caratteri geologici e geomorfologici*" della presente relazione sono strettamente correlate all'attribuzione dell'area oggetto di studio al seguente scenario di pericolosità sismica locale:

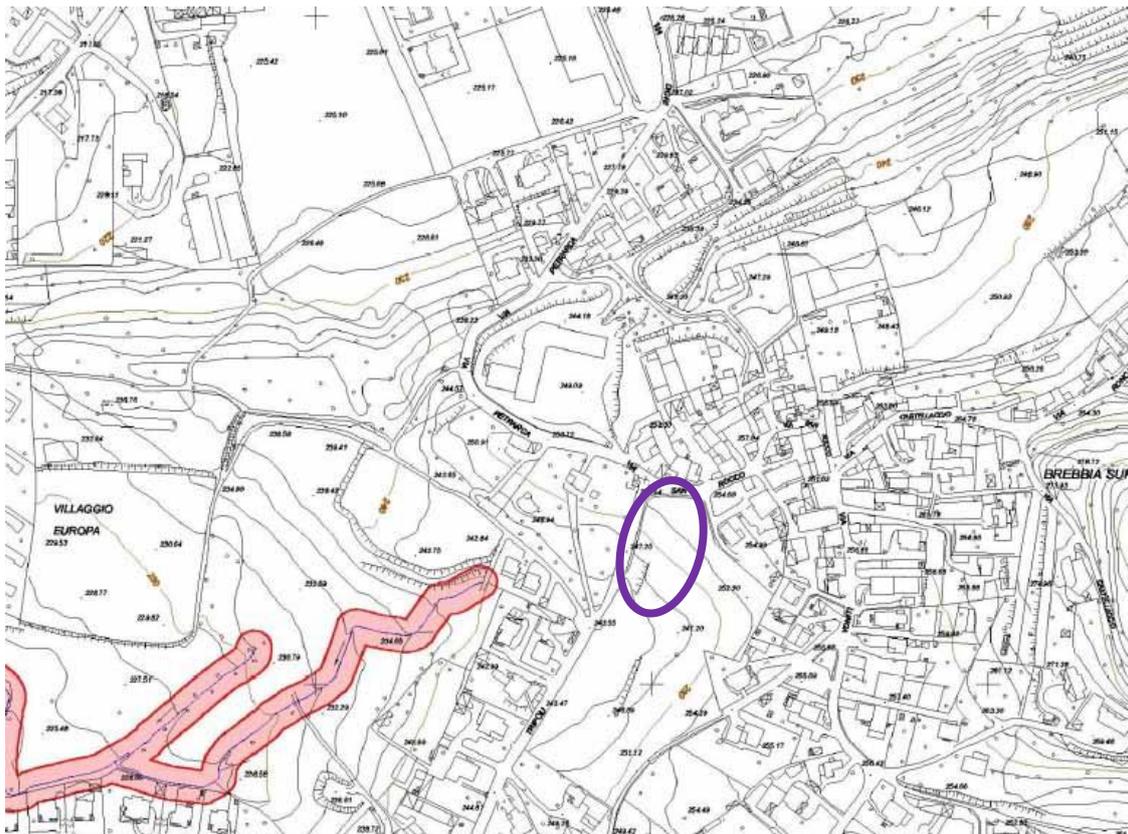
- *Z4c "zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)"* - in questa zona sono comprese le aree dei dossi morenici, caratterizzate da coperture glaciali con spessore consistente.

Estratti tavole tematiche

Di seguito si riportano gli estratti delle tavole corredate al documento "*Studio geologico del territorio comunale (L.R. n.12/2005 – D.G.R. 28 Maggio 2008 n. 8/7374)*" del Comune di Brebbia, redatto a cura dello Studio Associato di geologia applicata Dott. Geol Roberto Granata - Dott. Geol. Paolo Granata (Marzo 2013), utili al fine di fornire un esaustivo inquadramento generale dell'area in esame (evidenziata nelle figure mediante un *simbolo viola*).

Figura 3

Estratto della "Carta dei Vincoli"



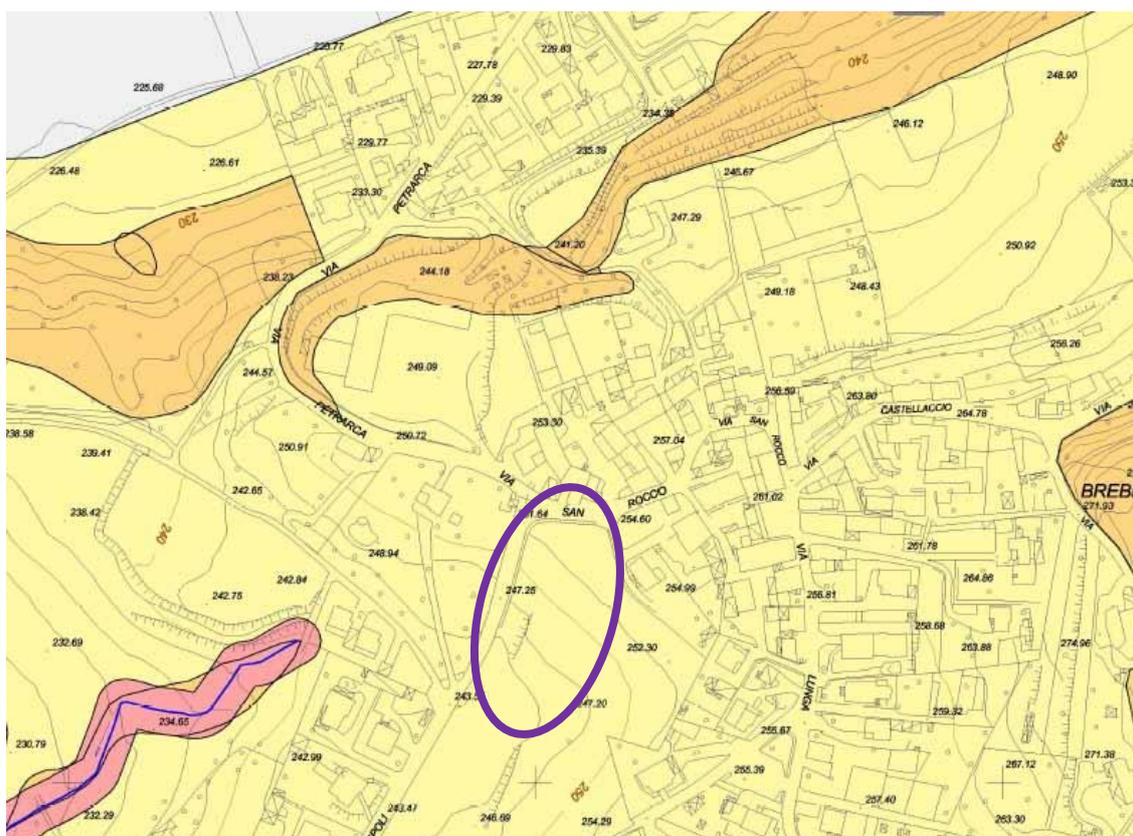
VINCOLI DI POLIZIA IDRAULICA



Fascia di tutela assoluta

Figura 4

Estratto della "Carta della fattibilità geologica"



Classi di fattibilità geologica



Classe 1 - Fattibilità senza particolari limitazioni

F2 - Aree da debolmente acclivi a pianeggianti con fenomeni geologici ed idrogeologici non rilevanti



Classe 2 - Fattibilità con modeste limitazioni

F1 - Aree di versante mediamente acclive interessate da limitati fenomeni di dilavamento



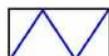
Classe 3 - Fattibilità con consistenti limitazioni

A13 - Aree a pericolosità potenziale legata a possibilità di innesco di fenomeni di dissesto valutate in base alla pendenza e alle caratteristiche geotecniche dei terreni



Classe 4 - Fattibilità con gravi limitazioni

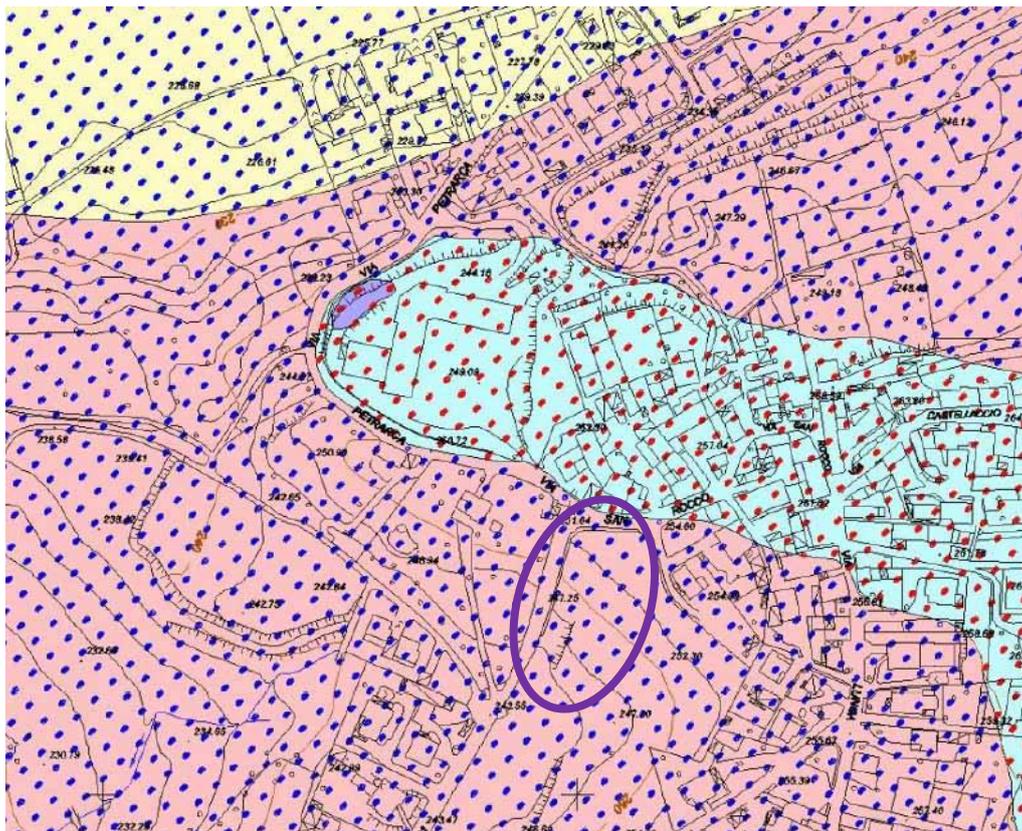
C7 - Aree interessabili da fenomeni di erosione fluviale



Corsi d'acqua (in tratteggio i tratti tombinati)

Figura 5

Estratto della “Carta litologica con elementi geologico applicativi”



Litologia



Ciottoli, ghiaie, sabbie e limi
Litozone: a) Limi argillosi; b) sabbie medio fini;
c) Ciottoli, ghiaie e sabbie



Sabbie, ghiaie e ciottoli in matrice limosa



Calcarei micritici (Formazione della Maiolica)

Elementi di prima caratterizzazione geotecnica



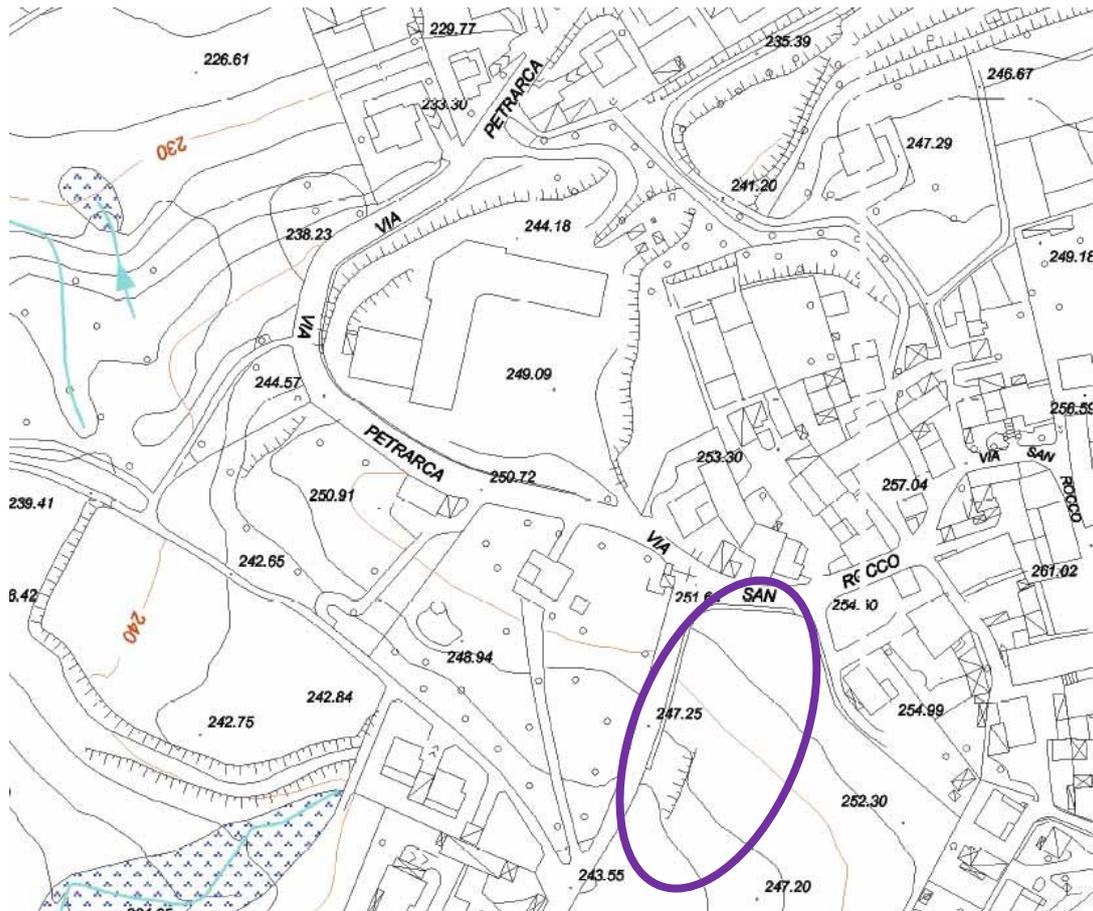
Unità 2 - Caratteristiche geotecniche discrete



Unità 3 - Caratteristiche geotecniche buone (variabili con il grado di fratturazione)

Figura 6

Estratto della carta "Carta della dinamica geomorfologica"



Forme, processi e depositi legati all'azione della gravità



Ruscellamento concentrato

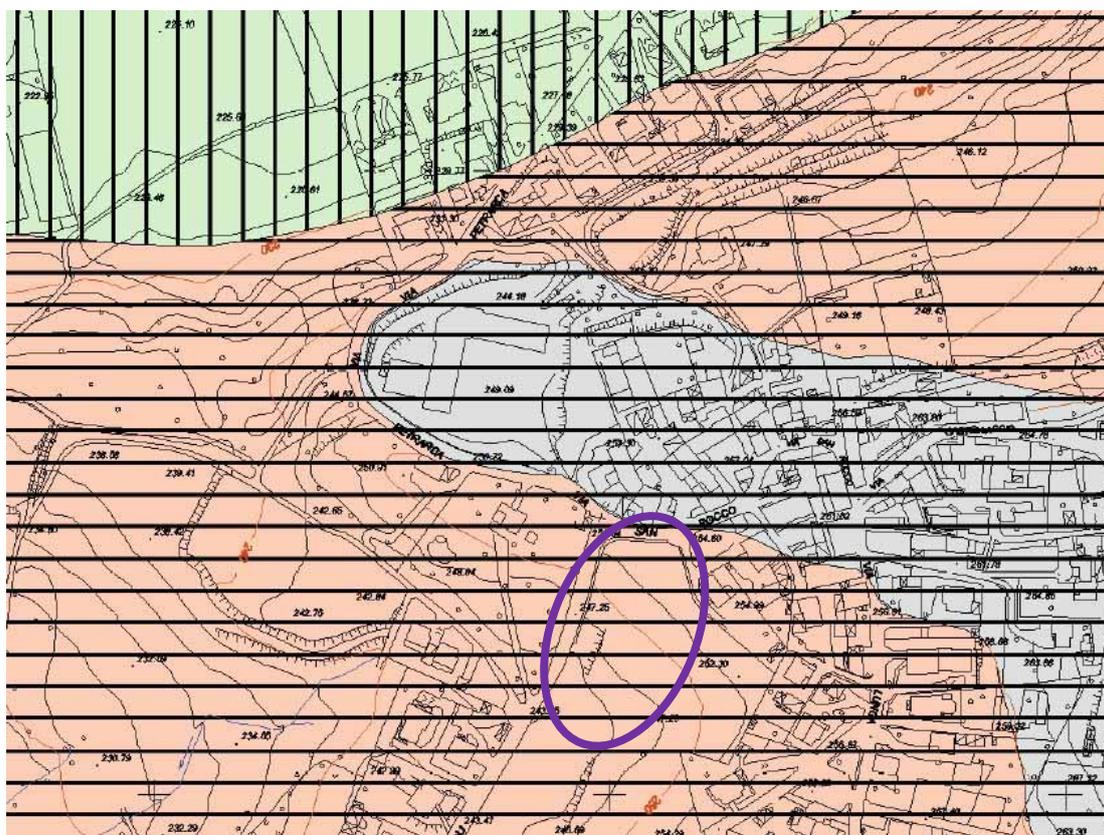
Forme, processi e depositi legati all'azione delle acque incanalate



Area di ristagno d'acqua

Figura 7

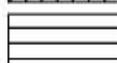
Estratto della "Carta degli elementi idrogeologici"



Vulnerabilità intrinseca dell'acquifero

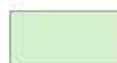


Vulnerabilità media



Vulnerabilità medio-bassa

Classi di permeabilità



Permeabilità primaria da media ad alta



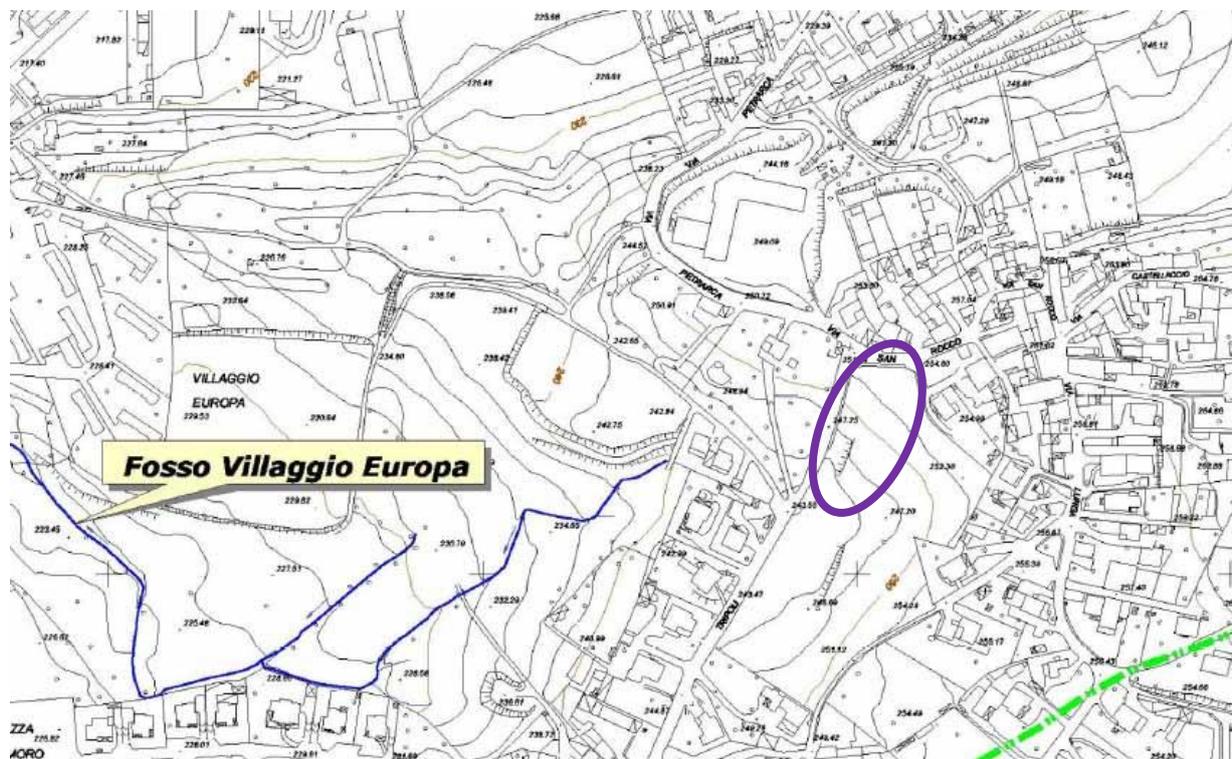
Permeabilità primaria da media a bassa



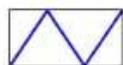
Permeabilità secondaria per fratturazione da bassa a nulla

Figura 8

Estratto della "Carta degli elementi idrografici, idrologici e idraulici"

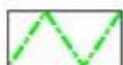


Corsi d'acqua



Corsi d'acqua minori

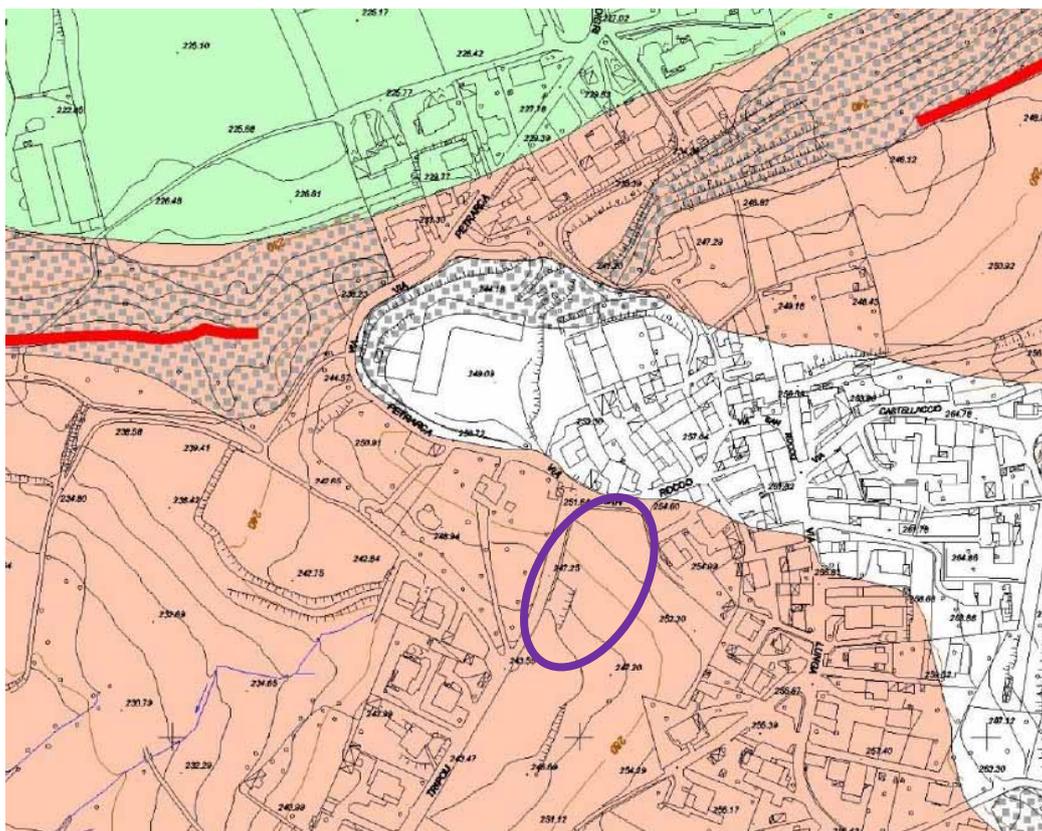
Bacini idrografici



Limite di bacino idrografico principale

Figura 9

Estratto della "Carta della pericolosità sismica locale"



SCENARI DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE

Instabilità



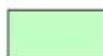
Z1c - Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana

Amplificazioni topografiche



Z3a - Zona di ciglio (H > 10 m)

Amplificazioni litologiche e geometriche



Z4a - Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali



Z4c - Zona morenica

4. INDAGINE GEOGNOSTICA

Per quanto riguarda il settore in cui verranno realizzati i futuri posti auto di pertinenza della struttura al fine di verificare le caratteristiche di permeabilità del primo sottosuolo, nell'ambito del progetto di invarianza idraulica e idrologica, sono state eseguite due prove infiltrometriche in pozzetto la cui ubicazione e riportato nello schema grafico di seguito riportato.

Negli estratti di mappa di seguito riportati sono indicate la posizione dei punti di indagine delle campagne descritte

REALIZZAZIONE DI
NUOVO PARCHEGGIO
PER 29 POSTI AUTO



4.1 PROVE DI PERMEABILITA'

Per la stima del valore della permeabilità è stata eseguita all'interno dell'area prospiciente Via Tripoli e Via San Rocco in cui verranno ricavati i nuovi posti auto di pertinenza della Fondazione Borghi due prove di permeabilità a carico variabile.

La permeabilità è l'attitudine di un deposito a lasciarsi attraversare dall'acqua per effetto di un gradiente idraulico ed esprime la resistenza del mezzo al deflusso dell'acqua che lo attraversa.

Essa viene misurata con il coefficiente di permeabilità (k) e rappresenta il volume di acqua in mc che attraversa con un moto laminare nell'unità di tempo (1 secondo) una unità di sezione (1 mq) ortogonale alla direzione di deflusso sotto l'effetto di un gradiente idraulico unitario ed alla temperatura di 20°C.

Il suo valore dipende dalle caratteristiche del terreno (composizione granulometrica, forma dei grani, stato di addensamento, ecc.) e da quelle del fluido in movimento (viscosità, legata alla temperatura, e densità).

Fra le differenti metodologie di verifica in sito del coefficiente di permeabilità del terreno costituente il primo sottosuolo nel nostro caso sono state eseguite due prove infiltrometriche a carico variabile.

La prova infiltrometrica rappresenta una delle metodologie più affidabili per la determinazione del coefficiente di permeabilità della zona non satura.

Per l'effettuazione della prova è necessaria la realizzazione di una trincea esplorativa per mezzo di escavatore al fine di raggiungere gli orizzonti di terreno alla profondità di interesse.

Eseguita la trincea si è proceduto sul fondo dello scavo a realizzare una tasca (pozzetto) a sezione quadrata all'interno della quale eseguire la prova infiltrometrica in pozzetto.

La prova consiste nel riempire di acqua il pozzetto per un'altezza di 15 - 20 cm e misurare i tempi di abbassamento dell'acqua all'interno dello scavo (prova a carico variabile). Viste le dimensioni dell'area in esame si è deciso di eseguire due prove infiltrometriche posizionate a ridosso dell'area che verrà occupata dal fabbricato in progetto.

Le prove sono state eseguite una, la prova 1, a - 1.2 m mentre. La prova 2, a - 1.7 da quota 0.0 p.c. I pozzetti eseguiti sul fondo delle trincee alla quota suddetta sono stati sagomati al fine di ricavare una sezione di infiltrazione a sezione quadrata di dimensioni pari a 20 cm x 20 cm.



Prova infiltrometrica 1



Prova Infiltrometrica 2

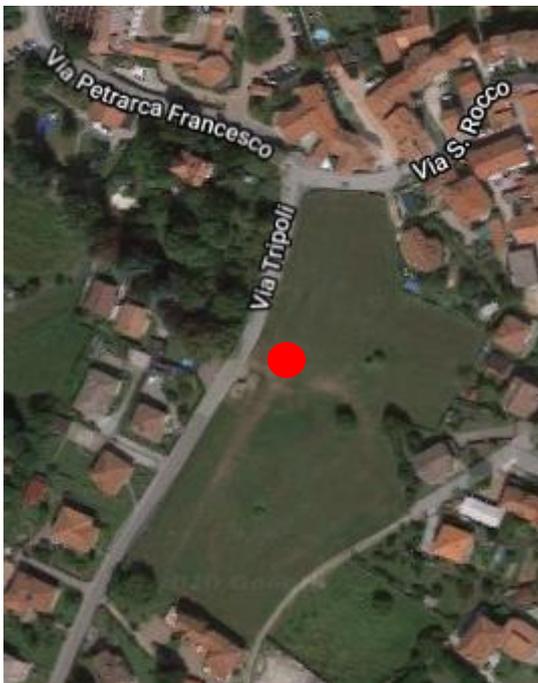
Descrizione stratigrafica fronti di scavo

La realizzazione della trincea ha permesso anche di verificare le caratteristiche geolitologiche dei sedimenti costituenti il primo sottosuolo.

Dall'analisi si sono evidenziate le seguenti successioni stratigrafiche rappresentative del terreno presente in sito.

TRINCEA 1 – Prova infiltrometrica 1

Ubicazione punto di indagine



Ubicazione punto di indagine:

Via Tripoli – Brebbia (VA)

Profondità di scavo:

– 1.2 m da p.c.



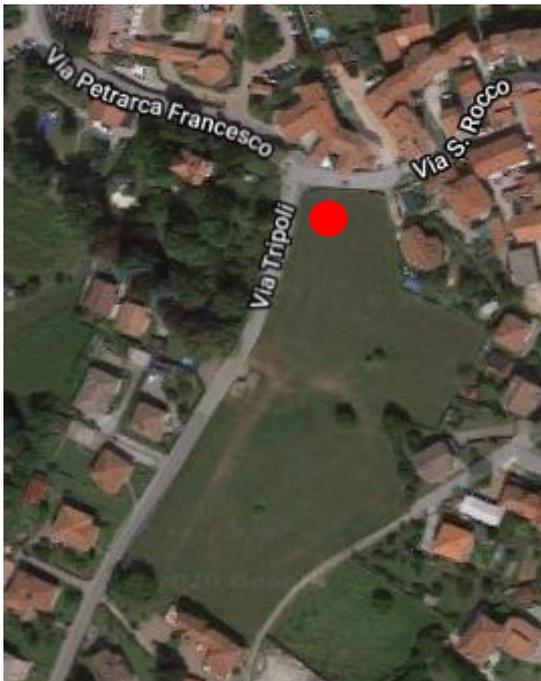
Descrizione stratigrafica:

0,0 – 0.5 m: Orizzonte organico grumoso di pochi centimetri su livello limoso argilloso. Pochi ciottoli scarsamente alterati

0,5 - 1.2 m: orizzonte argilloso molto compatto, molto fine e scaglioso. No fessurazioni, no ciottoli

TRINCEA 2 – Prova infiltrometrica 2

Ubicazione punto di indagine



Ubicazione punto di indagine:

Via San Rocco – Brebbia (VA)

Profondità di scavo:

– 1.7 m da p.c.



Descrizione stratigrafica:

0,0 – 0.5 m: Orizzonte organico
grumoso su livello limoso argilloso.

0,5 - 1.6 m: orizzonte argilloso
compatto sabbioso limoso. Presenza
di rari ciottoli

Risultati

La prova in pozzetto consente di determinare in modo molto semplice la permeabilità di un terreno superficiale al di sopra del livello della falda idrica. Operativamente si realizza uno scavo, lo si riempie d'acqua e si valuta l'abbassamento dell'acqua all'interno dello scavo (prove a carico variabile).

Vengono eseguite due misure del livello, la prima (h_1) al tempo zero (t_1) e la seconda (h_2) dopo un periodo di tempo che viene definito in funzione della velocità di infiltrazione dell'acqua nel terreno (t_2).

Il coefficiente di permeabilità è stato ricavato dalla seguente formula:

$$k = \frac{h_1 - h_2}{t_2 - t_1} \cdot \frac{1 + \left(\frac{2 \cdot h_m}{b}\right)}{\left(\frac{27 \cdot h_m}{b}\right) + 3}$$

Nelle formule tutte le distanze sono espresse in centimetri e i tempi in secondi. Il valore risultante della permeabilità è espresso quindi in cm/sec.

Dove:

K = Permeabilità (m/sec)

h_1 e h_2 = altezze dell'acqua nel pozzetto, misurate dalla base del pozzetto, all'inizio e alla fine della prova a carico variabile (in cm)

$t_2 - t_1$ = durata della prova a carico variabile (in sec)

b = lato del pozzetto

h_m = altezza media dell'acqua nel pozzo durante la prova a carico variabile (in cm)

Nella seguente tabella vengono riassunti i valori di permeabilità ricavati.

Prova	Profondità (m da p.c.)	Permeabilità (m/sec)
N°1	a - 1.20 m	1.7×10^{-7}
N°2	a - 1.70 m	1.5×10^{-6}

Talei grandezze possono essere correlate alla natura litologica secondo tabelle empiriche pubblicate dalla letteratura tecnica; tra queste si illustra quella proposta da Lancellotta (1987), da cui si evince che il terreno dell'area in esame costituente il primo sottosuolo e che andranno a governare la

velocità di drenaggio delle acque meteoriche nel sottosuolo sono ascrivibili a limi sabbiosi debolmente argillosi passanti a sabbie debolmente limose.

Valori orientativi del coefficiente di permeabilità (K) nei diversi terreni (R.Lancellotta, 1987)

Tipo di terreno	K (m/sec)
Ghiaia pulita	$10^{-2} - 1$
Sabbia pulita, sabbia e ghiaia	$10^{-5} - 10^{-2}$
Sabbia molto fine	$10^{-6} - 10^{-4}$
Limo	$10^{-8} - 10^{-6}$
Argilla omogenea al di sotto della falda	$< 10^{-9}$
Argilla sovraconsolidata fessurata	$10^{-8} - 10^{-4}$

6. DETERMINAZIONE PERICOLOSITA' E PARAMETRAZIONE SISMICA DEL SITO INDAGATO

La presente analisi è stata condotta ai sensi delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni contenute nel D.M. 17.01.2018 (sostituenti le norme contenute nel D.M. 14.01.2008).

In base alla nuova normativa i metodi di calcolo di verifica del sistema opere-terreni introdotti si definiscono agli stati limite e prevedono per tali verifiche diverse combinazioni delle azioni, compresa la combinazione sismica nei cui calcoli si inserisce l'azione sismica locale, considerando la componente verticale della stessa nella definizione dell'azione di progetto e la componente orizzontale nei calcoli della resistenza di progetto.

L'analisi dal punto di vista sismico si è resa obbligatoria anche nei comuni in precedenza non classificati come sismici (N.C.), in quanto la recente classificazione sismica nazionale modificata (allegato 1 dell'O.P.C.M. 20/03/03) considera l'intero territorio italiano sismico, senza più alcuna eccezione.

Nel caso in esame, il comune di Brebbia è inserito in zona sismica 4 a cui corrispondono il minore grado di pericolosità e i valori più bassi di accelerazione orizzontale massima su suolo tra le quattro zone sismiche individuate per l'Italia.

Lo studio si è articolato in tre diverse fasi allo scopo finale di determinare l'azione sismica massima di progetto preventivabile per un determinato tempo di ritorno della stessa e una fissata probabilità di eccedenza, azione da inserire successivamente nei calcoli della capacità portante delle fondazioni previste in termini di effetti inerziali.

Tale azione viene ottenuta sulla base di spettri di risposta definiti mediante le seguenti tre diverse fasi:

1. individuazione della pericolosità del sito (sulla base dei risultati del progetto S1-INGV);
2. scelta della strategia di progettazione;
3. determinazione dell'azione di progetto.

Si sottolinea che tutte le tre fasi sono state affrontate con programma “GeoStru PS®” confrontato con programma “Spettri NTC ver.1.0.3” approvato dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici e messo a disposizione dei tecnici di settore.

6.1 Pericolosità sismica del sito

Nella prima fase la “pericolosità sismica di base” del sito di edificazione è definita in termini sia di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido di categoria di sottosuolo A (categorie classificate nella tabella 3.2.2 del D.M.14/01/2008)

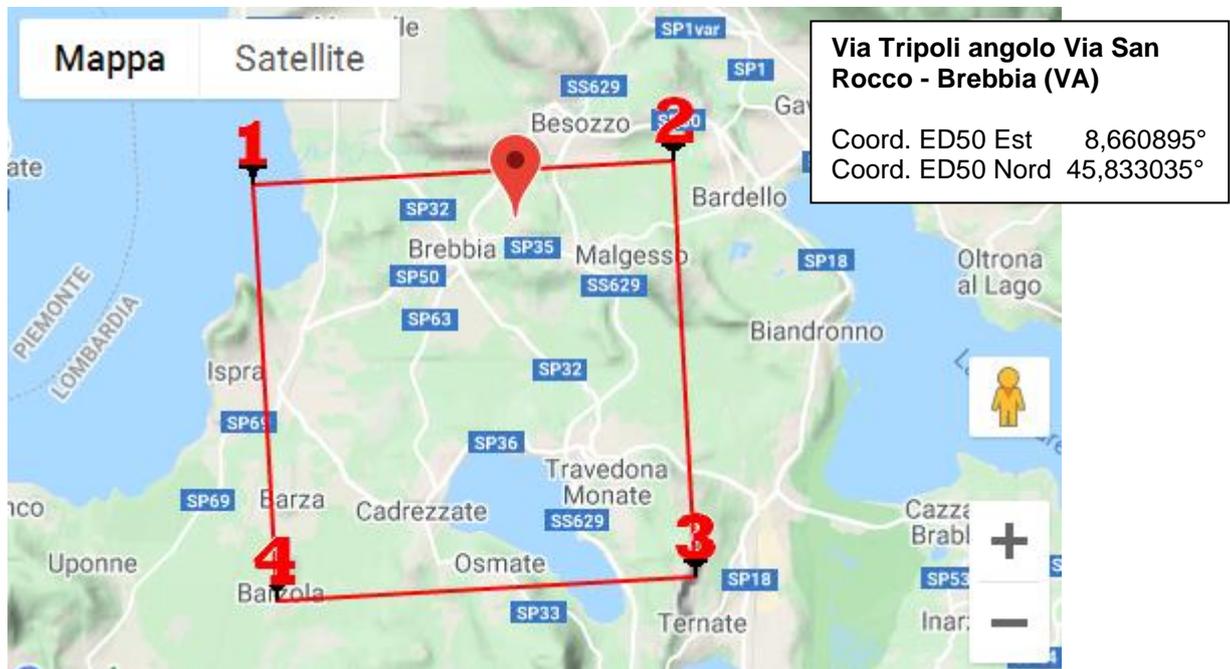
con superficie topografica orizzontale, sia in termini di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente S e (T), con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} (definite nella tabella 3.2.1.delle NTC-18) nella vita di riferimento dell'opera V_R .

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

- a_g accelerazione massima sul sito (espressa in g/10);
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale (valore adimensionale);
- T^*_c periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale (espresso in secondi).

Tali parametri sono forniti nella tabella 1 dell'allegato B delle NTC-18 per 10751 punti (nodi) del reticolo di riferimento in cui è suddiviso il territorio italiano (ad esclusione delle isole per le quali occorre consultare la tabella 2) e per 9 valori del periodo di ritorno T_R .

Tali punti sono definiti in termini di coordinate di latitudine e longitudine.



	ID Punto [-]	Coord. Est [°]	Coord. Nord [°]	Distanza [m]
SITO 1	10477	8.6162	45.8372	3495
SITO 2	10478	8.6877	45.8400	5516
SITO 3	10700	8.6917	45.7901	5335
SITO 4	10699	8.6203	45.07873	5983

Per qualunque punto del territorio non ricadente sui nodi del reticolo di riferimento, come nel caso in esame, i valori dei parametri ag , F_0 , T^*c ad esso corrispondente è ricavato per interpolazione a partire dai dati relativi a prefissati TR (periodo di ritorno dell'azione sismica espresso in anni), utilizzando il valore ottenuto dalla media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici della maglia del reticolo di riferimento contenente il punto in esame.

6.2 Stratigrafia di progettazione con prestazioni dell'opera attese

Nella seconda fase, a partire dai coefficienti che definiscono il tipo di opera e la classe d'uso della costruzione, si valutano alcuni parametri fondamentali (vedasi capitolo 2 NTC-18) che brevemente riassumiamo, alcuni dei quali già menzionati sopra.

V_N => **vita nominale dell'opera** in base al tipo di costruzione "intesa come il numero di anni nel quale la struttura deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata";

Classe d'uso della costruzione in presenza di azioni sismiche;

V_R => **Periodo di riferimento per l'azione sismica**, "che si ricava per ciascun tipo di costruzione moltiplicando la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U ", ove C_U è definito, al variare della classe d'uso, in base alla tabella seguente:

Classe d'uso	I	II	III	IV
Coefficiente C_U	0,7	1	1,5	2

Considerando per periodi ≤ 35 anni un V_R minimo pari a 35 anni

P_{VR} => **Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R** , che si ricava in valore percentuale per ciascuno Stato Limite considerato.

Considerando la struttura in progetto sono stati attribuiti i seguenti valori riferiti alle tabelle relative inserite nel D.M.17/01/2018:

- **$V_N \geq 50$ anni** (tipo di costruzione 2 => tabella 2.4.1)
- **Classe d'uso II:** Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
- **Coefficiente d'uso C_U riferibile a classe II:** 1.0;
- $V_R = 50$ ANNI
- $P_{VR} = 10\%$ per stato limite ultimo (di tipo SLV)

6.3 Stratigrafia di progettazione con prestazioni dell'opera attese

La terza fase permette infine di ottenere il valore di progetto dell'azione sismica (definita al § 3.2.3) preventivamente sul sito in esame con prefissati T_R e P_{VR} .

Al fine di rendere più puntuale l'analisi effettuata, è necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale che si basa sui seguenti parametri:

- categoria sismica del sottosuolo: definita su base bibliografica

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3 del D.M. 2018. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2. Il sempre del D.M. 2018 (riportata di seguito), si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in

funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_S . I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità V_S per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2.

I valori di V_S sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche per i terreni a grana fine a comportamento coesivo.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

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

con:

h_i spessore dell' i -esimo strato;

$V_{S,i}$ velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato;

N numero di strati;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II.

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

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

Sulla base delle risultanze bibliografiche l'area di intervento è stata inserita all'interno della **categoria di sottosuolo C** ovvero "*depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate o di argille mediamente consistenti con spessori variabili da diverse decine a centinaia di metri, caratterizzate da valori di V_{s30} comprese tra 180 m/s e 360 m/s*"

- **coefficiente di amplificazione topografica S_T (ottenuto dalla tabella 3.2.IV delle NTC-08):**

Da un punto di vista morfologico anche se l'area sulla quale verrà realizzato l'edificio in progetto è caratterizzata da una superficie sub pianeggiante; il sito è stato quindi classificato nella categoria T1 "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $\leq 15^\circ$ " a cui corrisponde un valore del coefficiente S_T pari a 1.

- **coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s (ottenuto dalla tabella 3.2.V delle NTC-08 in base a categoria di sottosuolo presente):**

Tale fattore è correlato al tipo di sottosuolo presente e, nel caso in esame, ottengo $S_s=1.20$ (cat. sottosuolo C, $1.00 \leq 1.7 - (0.60 F_o * ag/g) \leq 1.50$).

I valori dei parametri sismici di base per i diversi stati limite sono mostrati nella seguente tabella.

Stato limite	T_R [annj]	a_g [G]	F_o [-]	T_c^* [s]
SLO	120	0.015	2.587	0.158
SLD	201	0.018	2.558	0.167
SLV	1898	0.039	2.652	0.278
SLC	2475	0.047	2.711	0.307

Nell'ipotesi di effettuare analisi semplificate per via pseudostatica, l'azione sismica è schematizzabile come un insieme di forze statiche orizzontali e verticali rappresentative delle forze inerziali prodotte dal passaggio delle onde sismiche nel terreno, date dal prodotto delle forze di gravità per un coefficiente di accelerazione sismica orizzontale k_h e un coefficiente di accelerazione sismica verticale k_v espressi dalle seguenti relazioni:

$$k_h = \beta \cdot \frac{a_{\max}}{g}$$

$$k_v = \pm 0.5 k_h$$

dove:

β = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito, funzione della tipologia di opera, della categoria del suolo di fondazione e del valore di a_g atteso, pari, nel caso in esame, a 0.20 e valido per le verifiche geotecniche delle fondazioni e per l'analisi di stabilità dei fronti di scavo non sostenuti

a_{\max} = accelerazione orizzontale massima attesa al sito

g = accelerazione di gravità

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale, l'accelerazione massima attesa al sito può essere valutata con la relazione:

$$a_{\max} = S \cdot a_g = S_S \cdot S_T \cdot a_g$$

dove:

S = coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_S) e dell'amplificazione topografica (S_T), per il caso in esame rispettivamente pari a 1.5 e 1.0.

a_g = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido; nel caso in esame pari a 0.039 g.

Introducendo i valori numerici sopra specificati si ottengono i seguenti valori dei coefficienti di accelerazione sismica orizzontale e verticale:

$$k_h = 0.012$$

$$k_v = \pm 0.006$$

6.4 Suscettibilità alla liquefazione

Ai fini dello studio del pericolo di liquefazione risultano determinanti sia le caratteristiche stratigrafiche che sismiche ed idrogeologiche del territorio, così come indicato dalle Norme tecniche per le costruzioni (NTC 2018).

Le NTC 2018, infatti, definiscono le condizioni che determinano il fenomeno della liquefazione individuando, nel contempo, anche i criteri che permettono di escludere il fenomeno stesso anche in assenza di verifiche specifiche.

La liquefazione rappresenta lo stato raggiunto da terreni sabbiosi sciolti saturi quando perdono la loro resistenza al taglio come conseguenza di un incremento delle pressioni interstiziali. Tali fenomeni possono verificare grandi deformazioni del terreno, comportando danni sia lievi che catastrofici.

Secondo le NTC18 la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

- accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
- profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ 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 qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
- distribuzione granulometrica esterna a fusi prestabiliti.

Per quanto riguarda il sito d'indagine la verifica della suscettibilità alla liquefazione è stata omessa in quanto:

- l'accelerazione massima attesa al piano campagna risulterebbe essere pari a 0.057 g (quindi minore di 0.1 g – punto 1);
- la profondità media stagionale della falda è a circa 70-75 m da quota 0.0 piano campagna (quindi superiore di 15 metri - punto 2)

è inoltre ragionevole ipotizzare che gli eventi sismici attesi al sito (ovvero con distanza epicentrale nulla) abbiano una magnitudo inferiore a 5 non essendo il sito in esame ricompreso in alcuna zona sismogenetica riportata nella carta sismogenetica ZS9 presa a riferimento nelle analisi di pericolosità sismica nazionale.

Cairate, 8 maggio 2020

Dott. Geol. Luca Fontana

(Ordine Geologi della Lombardia n° iscriz. 1310)



biodata s.n.c.
CAIRATE
Dr. Pani Francesco

