



Comune di Ponte San Pietro (BG)

Committente: Geom Panseri—Parcos srl Costruzioni

**"Rapporto geologico - geotecnico e di caratterizzazione sismica dei terreni siti
in via Papa Giovanni XXIII angolo dia San Carlo Borromeo,
in Comune di Ponte San Pietro (Bg), quale supporto specialistico
al progetto di nuovo edificio residenziale"**

**Elaborato R1 - R 2 - R3 - Redatto ai sensi della DGR 5001/2016,
della L.R. 33/2015, della D.G.R. 2616/2011 e delle NTC 2018
Regolamento regionale 23 novembre 2017 - n. 7 : Invarianza idraulica ed idrogeologica**

Maggio 2018

Tel.: 3489045300

E-mail: progeaconsulting@libero.it

Sede legale : via Garibaldi,40 - 24036 Ponte San Pietro (BG)

Sede operativa : via Garibaldi,50 - 24036 Ponte San Pietro (BG)



PROGEA Consulting S.r.l

Sede legale: via Garibaldi 40 - 24036 Ponte San Pietro (BG)
Sede operativa: via Garibaldi 50 - 24036 Ponte San Pietro (BG)
tel. 348 9045300 - email: progeaconsulting@libero.it



Swiss
Certified

ISO 9001

Premessa

Su incarico del Progettista, Geom. Roberto Panseri e per conto della Parcos srl Costruzioni di Brembate Sopra, abbiamo redatto il presente studio geologico e geologico-tecnico nell'ambito del progetto della realizzazione di nuova unità abitativa con la realizzazione di n°2 piani fuori terra. L'area oggetto dell'intervento si colloca nel terreno sito in via Papa Giovanni XXIII angolo via San Carlo Borromeo in Ponte San Pietro.

In particolare, si ottempera a quanto indicato dalla D.G.R. 8 ottobre 2015 - n. X/4144, a seguito del 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)" e della successiva approvazione della nuova classificazione sismica dei comuni lombardi e dell'entrata in vigore della Legge Regionale 12 ottobre 2015, n. 33 "Disposizioni in materia di opere o di costruzioni e relativa vigilanza in zone sismiche", e redigendo l'adeguamento alla D.G.R. IX/2616 del 30 novembre 2011 ed alle N.T.C. 2018.

Il presente rapporto geologico - geotecnico e di caratterizzazione sismica dei terreni siti in via Papa Giovanni XXIII angolo via San Carlo Borromeo è redatto ai sensi della DGR 5001/2016, della L.R. 33/2015, della D.G.R. 2616/2011 e delle NTC 2018 (DM 17 gennaio 2018 - Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le costruzioni") - Elaborati R1 - R2 - R3

Per la Classificazione dei suoli per la definizione dell'azione sismica di progetto sulla base del parametro sismico Vs30 (EC8) è stata eseguita n. 1 HVSr.

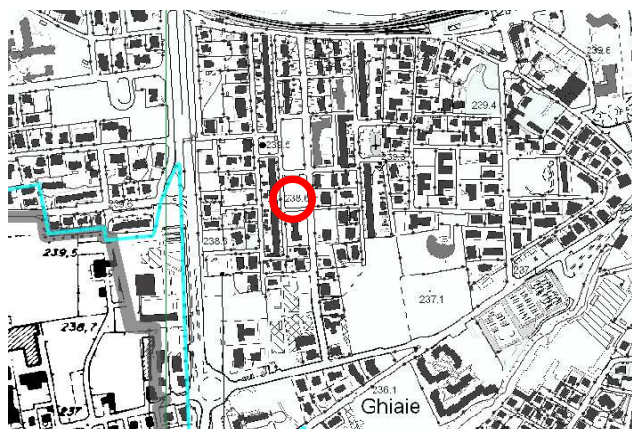
In ottemperanza al Regolamento regionale 23 novembre 2017 - n. 7 recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio), è stata redatta *una valutazione di compatibilità idraulica* al fine di perseguire l'invarianza idraulica e idrologica delle trasformazioni d'uso del suolo e di conseguire, tramite la separazione e gestione locale delle acque meteoriche, la riduzione quantitativa dei deflussi, il progressivo riequilibrio del regime idrologico e idraulico e la conseguente attenuazione del rischio idraulico, nonché la riduzione dell'impatto inquinante sui corpi idrici ricettori tramite la separazione e la gestione locale delle acque meteoriche non esposte ad emissioni e scarichi inquinanti

Inquadramento generale geologico geomorfologico idrogeologico

L'area di indagine, si colloca ad una quota media di 238,6 s.l.m., è inserita nel Foglio C5a2 della Cartografia Tecnica Regionale alla scala 1:10000; è situata a nord ovest del centro storico di Ponte San Pietro, nel quartiere denominato Villaggio S. Maria, a Sud il sedime della ferrovia Milano-Bergamo, ad orientamento est-ovest.

Le impostazioni arboree ed arbustive sono di tipo endemico ed il paesaggio è limitato in giardini delle pertinenze residenziali

Estratto da CTR - Foglio C5a2



Comune di Ponte San Pietro (Bg)

"Rapporto geologico - geotecnico e di caratterizzazione sismica dei terreni siti in via Papa Giovanni angolo via San Carlo Borromeo, quale supporto specialistico al progetto di realizzazione nuovo edificio residenziale"

Elaborato R1 - R2 - R3 - Redatto ai sensi della DGR 5001/2016, della L.R. 33/2015, della D.G.R. 2616/2011 e delle NTC 2018 - compatibilità invarianza idraulica

Foto aerea da Google Map

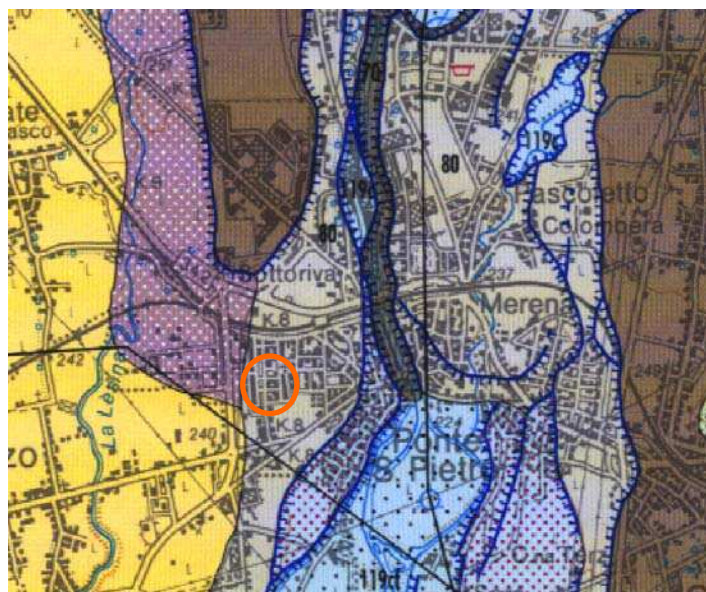


Le informazioni riguardanti l'assetto geologico sono state desunte dalla Carta Geologica della Provincia di Bergamo alla scala 1: 50.000.

Il territorio a cui appartiene l'area oggetto dell'intervento rientra nel Bacino del Brembo ed è costituita da depositi fluvio-glaciali del Complesso del Brembo - Unità di Treviglio (80) (Pleistocene sup.).

Sono ghiaie a supporto clastico con ciottoli arrotondati in matrice sabbiosa, limi e sabbie di esondazione, da massivi a laminati. I ciottoli sono discoidali, con dimensioni da 10 a 45 cm, con grossolana stratificazione.

La superficie limite superiore è caratterizzata da Alfisuoli, con spessore massimo di 1,60 m e copertura loessica assente.

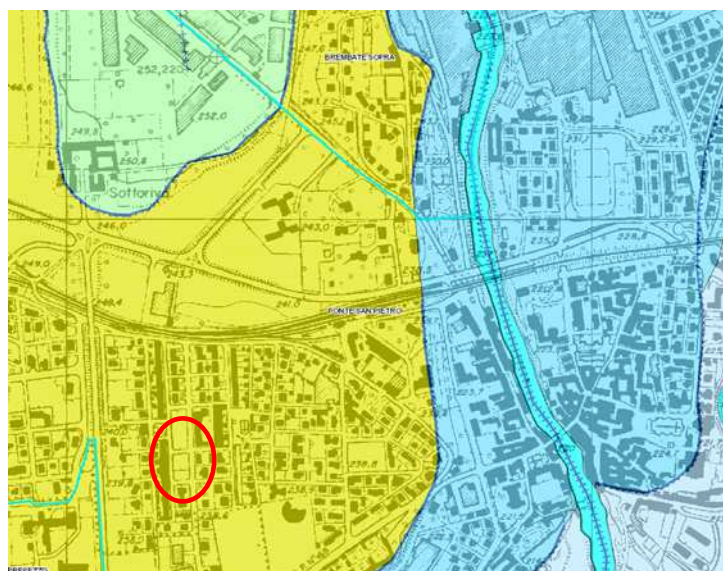


Carta geologica – Provincia di Bergamo
Scala 1:50.000

Dal punto di vista geomorfologico, l'area appartiene al terrazzo fluvio-glaciale recente o Livello Fondamentale della Pianura, ubicato nella parte orientale dell'Isola, delimitato da ripide scarpate boschive.

La scarpata principale, che delimita il LFdP con i sottostanti depositi alluvionali recenti presenta altezze considerevoli (in alcuni punti >10 m), ma è completamente rimodellata dall'antropizzazione.

Maggiormente evidente, invece, la scarpata erosa in Ceppo Lombardo (conglomerato) da parte dell'asta del fiume Brembo.



Carta Geomorfologia per l'ambito di pianura
Siter@ Provincia di Bergamo - Scala grafica

Comune di Ponte San Pietro (Bg)

"Rapporto geologico - geotecnico e di caratterizzazione sismica dei terreni siti in via Papa Giovanni angolo via San Carlo Borromeo, quale supporto specialistico al progetto di realizzazione nuovo edificio residenziale"

Elaborato R1 - R2 - R3 - Redatto ai sensi della DGR 5001/2016, della L.R. 33/2015, della D.G.R. 2616/2011 e delle NTC 2018 - compatibilità invarianza idraulica



Alta pianura



Depositi alluvionali recenti



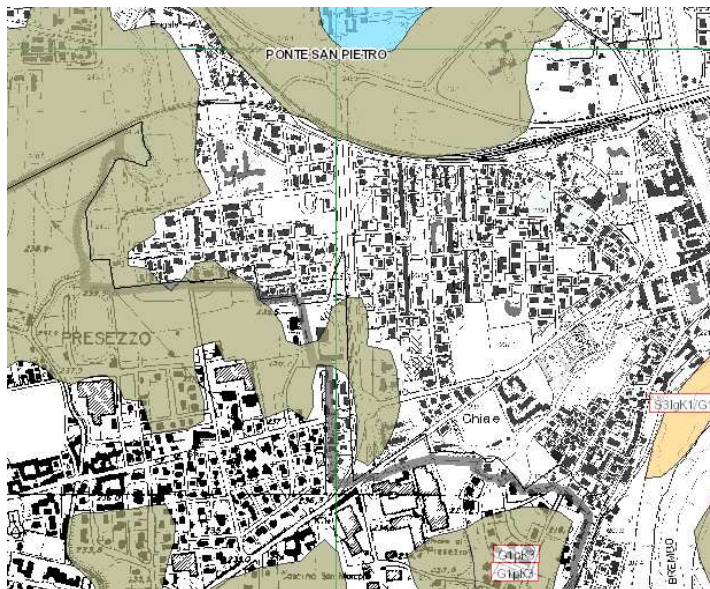
Terrazzi fluviali



Orlo di terrazzo di erosione fluviotorrentizia smussato

Dal punto di vista litologico, i terreni di superficie sono caratterizzati da "Ghiaie poco gradate", scarsamente calcaree (Carbonato di calcio tra lo 0,1% al 2%) e con profondità del contatto tra solum e substrato compresa tra 100 cm e 200 cm, anche se, allo stato attuale, il territorio si presenta totalmente antropizzato.

La superficie modale, a morfologia pianeggiante, è costituita da ghiaia e ciottoli poco alterati di origine fluvioglaciale comunemente presenti in superficie. È intensamente coltivata seminativo, con rari cedui di latifoglie ed è fortemente urbanizzata ed industrializzata. I suoli sono profondi, talora moderatamente profondi e drenaggio buono.

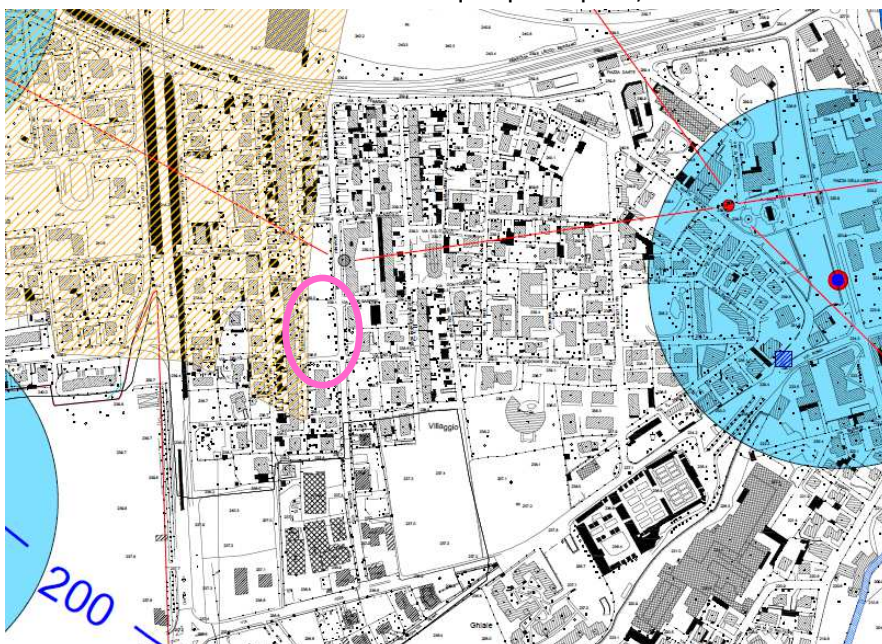


Siter@Bergamo: Carta della litologia di superficie per l'ambito di pianura - SCALA GRAFICA

Lineamenti idrografici ed idrogeologici

Come riportato nella Tav. 6 del PGT (settembre 2016) a firma del Dott. Geol. Ezio Granata di Seriate, l'idrografia del territorio comunale è costituita da un corso d'acqua principale, il fiume Brembo che scorre incassato in una profonda forra nel conglomerato in direzione nord - sud, ad una distanza, in linea d'aria, di circa 600 m. La soggiacenza della falda freatica varia in funzione dell'altimetria e della distanza dal fiume e si attesta intorno a 33 m dal p.c. in ragione della naturale oscillazione legata agli afflussi delle piogge e si attesta principalmente all'interno dei depositi conglomeratici, sia per processi di fatturazione sia alla sua scarsa cementazione.

L'andamento delle isofreatiche mostra un andamento Nord - Sud del flusso sotterraneo, con un gradiente di circa 0,04 %.

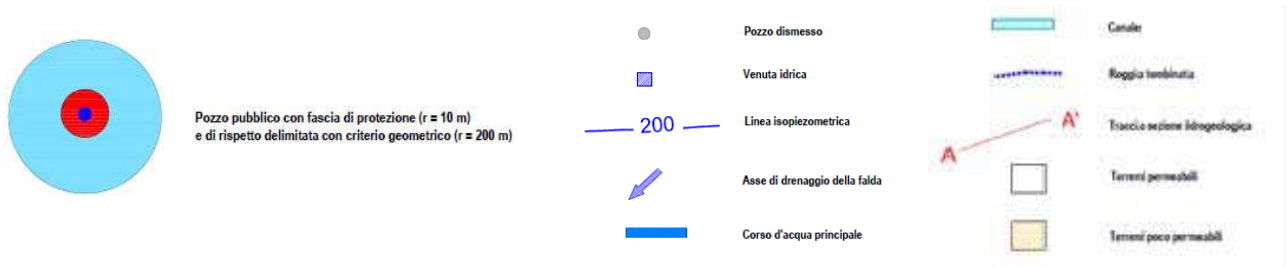


Dall'indagine eseguita non è stata riscontrata la presenza di falda, anche se non si escludono possibili e locali falde sospese in ragione della naturale oscillazione legata agli afflussi delle piogge. L'area non viene indicata dal PGT come allagabile in occasione di eventi meteorici eccezionali, né soggetta a fenomeni di esondazione, né a problematiche connesse con lo scorrimento superficiale delle acque.

Comune di Ponte San Pietro (Bg)

"Rapporto geologico - geotecnico e di caratterizzazione sismica dei terreni siti in via Papa Giovanni angolo via San Carlo Borromeo, quale supporto specialistico al progetto di realizzazione nuovo edificio residenziale"

Elaborato R1 - R2 - R3 - Redatto ai sensi della DGR 5001/2016, della L.R. 33/2015, della D.G.R. 2616/2011 e delle NTC 2018 - compatibilità invarianza idraulica



La vulnerabilità dell'acquifero rappresenta la caratteristica con cui un inquinante riesce a raggiungere la falda trasportato dall'acqua che la contamina.

Il grado di vulnerabilità dipende essenzialmente da vari fattori:

- permeabilità della zona non satura
- soggiacenza della falda
- caratteristiche idrogeologiche dell'acquifero
- presenza di corpi idrici superficiali

I terreni di questa area sono caratterizzati dalla presenza di depositi ghiaiosi in matrice sabbiosa limosa.

Nel territorio in oggetto la protezione della falda è condizionata dallo spessore e dalla permeabilità del terreno sopra la falda e dalla presenza di suoli argillosi.

La copertura abbastanza continua limoso-argillosa offre sufficienti garanzie di protezione nei confronti dei depositi del "non saturo" sottostanti, principalmente fluvio-glaciali, a granulometria grossolana in matrice fine, talora abbondante e con una permeabilità medio - bassa.

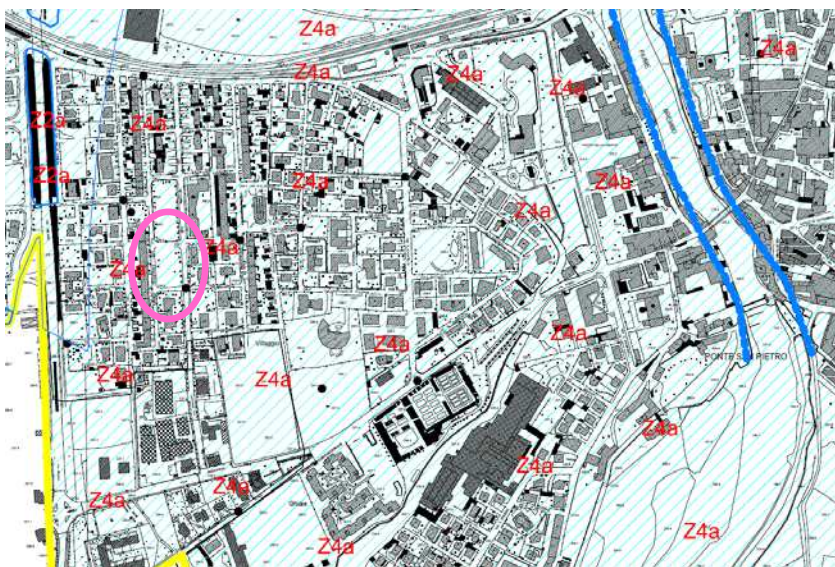
Inoltre i valori di soggiacenza sono intorno ai 30 m dal piano campagna, con la presenza orizzonti fini continui che limitano la diffusione di inquinanti;

Di conseguenza si può affermare che la vulnerabilità dell'area oggetto di studio è medio basso

Dal punto della Pericolosità Sismica Locale, l'area in esame ricade, secondo quanto riportato nella Tavola 1: "Carta della Pericolosità Sismica Locale" del PGT nella Classe Z4a:

Zone di pianura con depositi alluvionali / fluvio-glaciali granulari e/o coesivi, dove l'amplificazione sismica F_a è inferiore a $F_{asoglia}$ da valutazioni puntuali sul territorio mediante analisi semiquantitativa.

Pertanto, come prescritto dal D.M. 14.01.2008 e s.m.i. è obbligatorio verificare nei siti appartenenti allo scenario di pericolosità sismica locale Z4a, in fase progettuale, la categoria di appartenenza del sottosuolo.



Per l'analisi di 2° Livello è stata considerata un'indagine di tipo sismico con la metodologia HVSR realizzata nel comparto per le opportune valutazioni sito specifiche.

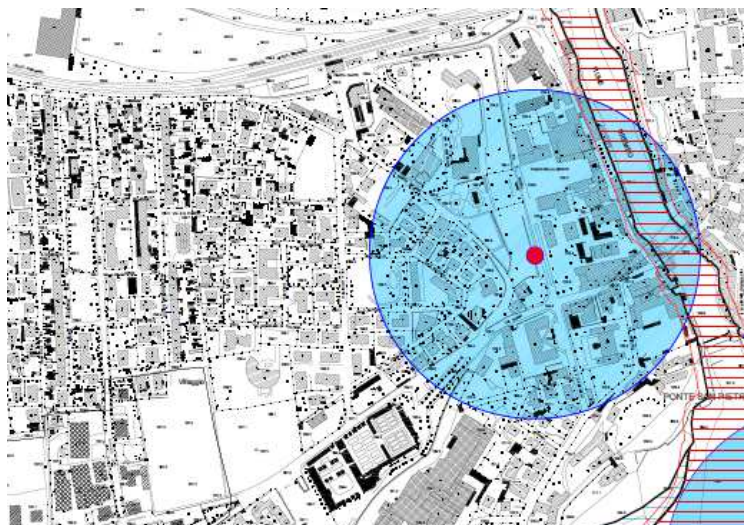
Questa metodologia permette di ricavare la velocità delle onde sismiche di taglio Vs30 entro la profondità di 30 m dal piano campagna, assegnando in tal modo il sottosuolo ad una delle classi previste dalla Norme Tecniche vigenti. Questa valutazione sarà approfondita nel capitolo relativo.

Comune di Ponte San Pietro (Bg)

"Rapporto geologico - geotecnico e di caratterizzazione sismica dei terreni siti in via Papa Giovanni angolo via San Carlo Borromeo, quale supporto specialistico al progetto di realizzazione nuovo edificio residenziale"

Elaborato R1 - R2 - R3 - Redatto ai sensi della DGR 5001/2016, della L.R. 33/2015, della D.G.R. 2616/2011 e delle NTC 2018 - compatibilità invarianza idraulica

Dal punto di vista dei vincoli, nella Carta dei vincoli (Tavola 3 del PGT), l'area **non ricade** all'interno di alcun vincolo definito sul territorio (*vincoli di carattere idraulico ed idrogeologico* quali le aree di dissesto idraulico riferite ai fenomeni di esondazione ed alla pericolosità di fenomeni torrentizi relativi ai torrenti Lesina e Quisa, le fasce PAI lungo il Brembo; *vincoli di Polizia idraulica* - DGR 25 gennaio 2002 n. 7/7868 ed identificazione del Reticolo Idrico Minore e di Bonifica e relative fasce di rispetto ed agli articoli 95, 96, 97 e 98 del R.D. 523 del 25.07.1904 che riportano le attività vietate e consentite previa autorizzazione, all'interno delle fasce di rispetto dei corsi d'acqua pubblici; *vincoli di carattere idrogeologico* che riguardano le aree di salvaguardia dei pozzi ad uso idropotabile e precisamente delle fasce di protezione ristretta (raggio 10 m) e della fascia di rispetto delimitata sempre con *criterio geometrico* (raggio = 200 m).



Classe di fattibilità

L'area in esame ricade, secondo quanto riportato nella Carta della Fattibilità geologica: "**Classe 2 - Fattibilità con modeste limitazioni** La classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate modeste limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso, che possono essere superate mediante approfondimenti di indagine ed accorgimenti tecnico- costruttivi e senza l'esecuzione di opere di difesa.



Come da "Norme tecniche di Piano" dell'Adeguamento della componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT (GEA - 2010) fatte proprie dalla Variante del 2016 del Dott. Geol.

Granata con opportune modifiche ed integrazioni, si precisa che: "Le relazioni geologiche redatte per eventuali interventi ricadenti in questo ambito, dovranno comprendere obbligatoriamente ai punti riportati: GT1 - GT3 - GT4 - GT5 - GT6 - GT7 - GT8 - GT12 - GT15

Indagini in sito

Il progetto in questione prevede la formazione di un nuovo edificio residenziale mediante formazione di fondazioni a travi rovesce posate a circa - 1,5 m da p.c. attuale. Mediante specifiche indagini in sito sono stati attribuiti ai terreni in oggetto i parametri geotecnici, sismici ed idrogeologici caratteristici, indispensabili alle verifiche e alle valutazioni geologiche - geotecniche ed idrogeologiche illustrate nella presente relazione; tali verifiche si propongono di definire la fattibilità geologica dell'intervento di progetto, in relazione alle specifiche locali condizioni, e definire i valori di capacità portante e dei cedimenti totali, procedere al dimensionamento di massima del sistema di dispersione delle acque meteoriche di dilavamento della aree variamente impermeabilizzate, nonché fornire agli Enti interessati, gli strumenti necessari al rilascio dei relativi pareri.

Per l'ambito di intervento sono state eseguite N° 2 prove penetrometriche dinamiche continue SCPT e n° 1 indagine sismica HVSr (microtremori) ubicate come da schema allegato.

Comune di Ponte San Pietro (Bg)

"Rapporto geologico - geotecnico e di caratterizzazione sismica dei terreni siti in via Papa Giovanni angolo via San Carlo Borromeo, quale supporto specialistico al progetto di realizzazione nuovo edificio residenziale"

Elaborato R1 - R 2 - R3 - Redatto ai sensi della DGR 5001/2016, della L.R. 33/2015, della D.G.R. 2616/2011 e delle NTC 2018 - compatibilità invarianza idraulica

Prove penetrometriche dinamiche continue SCPT

Per la caratterizzazione litotecnica dei terreni interessati dalle opere di progetto, sono state eseguite n° 2 prove penetrometriche dinamiche continue SCPT, ubicate come da schema allegato.

Le prove sono state eseguite con l'impiego del penetrometro dinamico Compac DPSH – 75 le cui caratteristiche tecniche sono di seguito riportate:

Peso massa battente 63,5 Kg - altezza caduta libera 0,75 m - Diametro punta conica 50,8 mm - Lunghezza delle aste 1 m - Peso aste per metro 6,3 Kg - Profondità di giunzione della prima asta 0,90 m - Avanzamento punta 0,20 m.

L'impiego di tale strumento consente la registrazione continua dei dati relativi alla resistenza all'avanzamento della punta penetrometrica ogni 20 cm permettendo la discretizzazione ottimale dei singoli livelli di terreno attraversato. Le successive elaborazioni ed interpretazioni dei dati forniti dalle prove penetrometriche consentono di attribuire a ciascun livello di terreno attraversato i parametri litotecnici significativi per il calcolo della capacità portante ammissibile e dei cedimenti totali applicando le formule maggiormente descritte in letteratura. I risultati conseguiti dalle prove penetrometriche dinamiche eseguite nell'area di studio sono illustrati nei grafici e nelle tabelle allegate:

Profondità da p.c. fino a cui sono state spinte le prove SCPT	
N° prova	Profondità in m da p.c.
1	2.20
2	2.80

Durante l'esecuzione delle prove non è stata riscontrata la presenza di acqua.

Si raccomanda in ogni caso di impermeabilizzare le fondazioni e le strutture interrato per evitare fenomeni di risalita capillare a seguito di precipitazioni meteoriche abbondanti e/o di infiltrazioni di acqua nel terreno.



Correlazione SCPT – SPT ed interpretazioni geotecniche

Poiché le correlazioni empiriche esistenti in letteratura tra i risultati di una prova penetrometrica dinamica continue SCPT ed i principali parametri geotecnici del terreno fanno riferimento essenzialmente alle prove SPT (Standar Penetration Test), è necessario applicare una correzione ai risultati delle prove SCPT, per tenere conto delle diverse modalità esecutive. Nel caso specifico la correzione è stata operata sulla base delle differenti modalità esecutive della prova SCPT e della prova SPT (peso del maglio, volata, area della punta, ecc.) che comportano energie di infissione ovviamente differenti; per rapportare il numero di colpi dell' SPT con quelli del dinamico continuo diversi Autori propongono l'applicazione del seguente fattore correttivo:

$$C_f = \frac{M1 \cdot H1 \cdot P11 \cdot Ap1}{M2 \cdot H2 \cdot P12 \cdot Ap2}$$

Comune di Ponte San Pietro (Bg)

"Rapporto geologico - geotecnico e di caratterizzazione sismica dei terreni siti in via Papa Giovanni angolo via San Carlo Borromeo, quale supporto specialistico al progetto di realizzazione nuovo edificio residenziale"

Elaborato R1 - R 2 - R3 - Redatto ai sensi della DGR 5001/2016, della L.R. 33/2015, della D.G.R. 2616/2011 e delle NTC 2018 - compatibilità invarianza idraulica

dove:

M2	=	peso del maglio SPT (63.5 kg);
H2	=	volata del maglio SPT (75 cm);
PI2	=	passo di lettura SPT (15 cm);
Ap2	=	area della punta SPT (20.4 cmq);
M1	=	peso del maglio del dinamico continuo;
H1	=	volata del maglio del dinamico continuo;
PI1	=	passo di lettura del dinamico continuo;
Ap1	=	area della punta del dinamico continuo.

Il numero di colpi da utilizzare nel calcolo dei parametri geotecnici sarà dato da:

$$N_{spt} = C_f N_{spt}$$

Nel caso specifico il coefficiente di correlazione è stato assunto pari a 1,5 in accordo con i risultati ottenuti da Muromachi e Kobayashi (1981), che hanno presentato una correlazione fra N30 (colpi per 30 cm di penetrazione) ed Nspt attraverso l'utilizzo del penetrometro l'RTRI-HEAVY, giapponese, con maglio di 63,5 Kg, caduta 75 cm, dpunta = 5,08 cm, il quale è simile al penetrometro italiano tipo EMILIA-DPSH (e al penetrometro utilizzato per le seguenti prove). I due autori trovano che i dati, rilevati in materiali compresi in un'ampia gamma granulometrica, tenendo conto dell'influenza dell'attrito laterale la relazione diventa:

$$\frac{N_{30}}{N_{spt}} = 1,5$$

L'interpretazione e l'elaborazione dei dati forniti dalla prova penetrometrica SCPT n° 2, risultata essere la più rappresentativa ai fini del presente lavoro, ha consentito di attribuire agli orizzonti attraversati i parametri litotecnici illustrati nelle tabelle allegate.

Le prove eseguite hanno riscontrato la presenza di una condizione litotecnica sostanzialmente favorevole costituita da un primo livello superficiale limoso argilloso con rari ciottoli, dotato di scadenti caratteristiche geotecniche, che si spinge da p.c. fino a circa - 1,3 m di profondità; oltre tale quota compaiono rapidamente i termini ghiaiosi essere posate le fondazioni di progetto.

La condizione più rappresentativa è stata riscontrata in SCPT n° 2. Di tale situazione litotecnica si dovrà tener conto in fase di esecuzione degli sbancamenti al fine di accertare scrupolosamente la reale condizione stratigrafica litotecnica del sottofondo e verificare che il modello concettuale caratteristico di riferimento illustrato nel seguente rapporto, ed utilizzato nelle relative verifiche geotecniche, sia coerente con la reale condizioni del sottofondo e, che tutte le fondazioni, risultino posate in ogni punto entro il livello ghiaioso limoso ben addensato, non esitando, qualora necessario, ad approfondire localmente il piano di posa delle fondazioni.

Quanto riportato nel modello stratigrafico - litotecnico concettuale caratteristico di riferimento proposto, andrà attentamente valutato e verificato in fase di esecuzione degli scavi, per confermare la presenza al piano di posa e per i volumi di terreni coinvolti dalle fondazioni, di orizzonti che autorizzino, dal punto di vista geotecnico, ad estendere il modello stratigrafico - geotecnico caratteristico concettuale di riferimento, desunto dalle indagini in sito eseguite, a tutto il lotto da edificare.

In fase di esecuzione degli scavi si raccomanda pertanto la massima cautela al fine di escludere la presenza, al piano di posa, di cavità e/o sacche di materiali geotecnicamente più scadenti e/o altre anomalie, che in tal caso andranno adeguatamente verificate e bonificate e/o trattate opportunamente per migliorarne le caratteristiche geotecniche.

Indagini Sismiche passive HVSR (microtremori)

Il rumore sismico, generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica, è presente ovunque sulla superficie terrestre. Si chiama anche microtremore poiché riguarda oscillazioni con frequenza molto più piccole di quelle indotte dai terremoti nel campo prossimo all'epicentro. I metodi che si basano sulla sua acquisizione si dicono passivi in quanto il rumore non è generato ad hoc, come ad esempio le esplosioni della sismica attiva.

Comune di Ponte San Pietro (Bg)

"Rapporto geologico - geotecnico e di caratterizzazione sismica dei terreni siti in via Papa Giovanni angolo via San Carlo Borromeo, quale supporto specialistico al progetto di realizzazione nuovo edificio residenziale"

Elaborato R1 - R 2 - R3 - Redatto ai sensi della DGR 5001/2016, della L.R. 33/2015, della D.G.R. 2616/2011 e delle NTC 2018 - compatibilità invarianza idraulica

Tali componenti spettrali vengono attenuate relativamente poco anche dopo tragitti di migliaia di chilometri per effetto di guida d'onda. A questo rumore di fondo, che è sempre presente, si sovrappongono le sorgenti locali, antropiche (traffico, industrie ecc.) e naturali, che però si attenuano fortemente a frequenze superiori a 20 Hz, a causa dell'assorbimento anelastico originato dall'attrito interno delle rocce.

I microtremori sono solo in parte costituiti da onde di volume, P o S. In essi giocano un ruolo fondamentale le onde superficiali, che hanno velocità prossima a quella delle onde S, il che spiega la dipendenza di tutta la formulazione dalla velocità di queste ultime.

Basi teoriche del metodo H/V e metodologia d'indagine

Dai primi studi di Kanai (1957) in poi, diversi metodi sono stati proposti per estrarre l'informazione relativa al sottosuolo dal rumore sismico registrato in un sito. Tra questi, la tecnica che si è maggiormente consolidata nell'uso è quella dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSR o H/V), proposta da Nogoshi e Igarashi (1970).

La tecnica è universalmente riconosciuta come efficace nel fornire stime affidabili della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo. Inoltre, attraverso alcune metodologie (FK, SPAC) con l'impiego di opportuni algoritmi (es. Neighbourhood algorithm - Sambridge 1999), è possibile ottenere l'inversione delle curve dei rapporti H/V finalizzata alla determinazione dei profili di velocità delle onde S nel sottosuolo e quindi delle Vs30 richiesta dalle NTC.

Le basi teoriche dell'H/V sono relativamente semplici in un mezzo del tipo strato + bedrock (o strato assimilabile al bedrock) in cui i parametri sono costanti in ciascuno strato (1-D). Consideriamo il sistema in cui gli strati 1 e 2 si distinguono per le diverse densità (ρ_1 e ρ_2) e le diverse velocità delle onde sismiche (V_1 e V_2). Un'onda che viaggia nel mezzo 1 viene (parzialmente) riflessa dall'interfaccia che separa i due strati. I microtremori sono solo in parte costituiti da onde di volume P o S, e in misura molto maggiore da onde superficiali, in particolare da onde di Rayleigh. Tuttavia ci si può ricondurre a risonanza delle onde di volume, poiché le onde di superficie sono prodotte da interferenza costruttiva di queste ultime e poiché la velocità dell'onda di Rayleigh è molto prossima a quella delle onde S. Questo effetto è sommabile, anche se non in modo lineare e senza una corrispondenza 1:1. Ciò significa che la curva H/V relativa ad un sistema a più strati contiene l'informazione relativa alle frequenze di risonanza (e quindi allo spessore) di ciascuno di essi, ma non è interpretabile semplicemente applicando l'equazione di calcolo. L'inversione richiede l'analisi delle singole componenti e del rapporto H/V, che fornisce un'importante normalizzazione del segnale per:

- a) il contenuto in frequenza,
- b) la risposta strumentale
- c) l'ampiezza del segnale quando le registrazioni vengono effettuate in momenti con rumore di fondo più o meno alto.

La situazione, nel caso di un suolo reale, è spesso più complessa. Innanzitutto il modello di strato piano al di sopra del bedrock si applica molto raramente. Poi, la velocità aumenta con la profondità, possono esserci eterogeneità laterali importanti ed infine la topografia può non essere piana. L'inversione delle misure di tremore a fini stratigrafici, nei casi reali, sfrutta quindi la tecnica del confronto degli spettri singoli e dei rapporti H/V misurati con quelli 'sintetici', cioè con quelli calcolati relativamente al campo d'onde completo di un modello 1D, derivati con software di analisi sismica tipo EERA e/o PROSHAKE.

L'interpretazione è tanto più soddisfacente, e il modello tanto più vicino alla realtà, quanto più i dati misurati e quelli sintetici sono vicini. Ciò avviene attraverso la stima di un parametro, scostamento (Misfit - M), che, varia solitamente tra 0 e 1 ove 0 rappresenta la perfetta corrispondenza del valore sperimentale con quello sintetico e 1 rappresenta uno scostamento notevole.

Per calcolare la dispersion - curve, la funzione $V_i(z)$ è discretizzata in un numero fisso di sublayers omogenei. Il loro numero è generalmente mantenuto il più basso possibile (tra 5 e 10) per evitare un aumento drastico nel tempo di calcolo di inversione.

Nei casi più complessi per calcolare la dispersion - curve si creano una serie di modelli teorici (costituiti combinazioni di una successione di strati con spessore H, Vs, Vp e densità γ variabili) da confrontare con quello sperimentale, fino a considerare per buono il modello teorico più vicino alle curve sperimentali.

Comune di Ponte San Pietro (Bg)

"Rapporto geologico - geotecnico e di caratterizzazione sismica dei terreni siti in via Papa Giovanni angolo via San Carlo Borromeo, quale supporto specialistico al progetto di realizzazione nuovo edificio residenziale"

Elaborato R1 - R2 - R3 - Redatto ai sensi della DGR 5001/2016, della L.R. 33/2015, della D.G.R. 2616/2011 e delle NTC 2018 - compatibilità invarianza idraulica

Strumentazione di misura

Nel caso specifico sono state eseguite n° 2 registrazioni di microtremore ambientale, della durata minima di 15 minuti, le misure sono state effettuate con un tromografo digitale progettato specificamente per l'acquisizione del rumore sismico. Lo strumento (SR04S3 - SARA electronic instruments) è un Sismografo triassiale con geofoni da 4.5 Hz dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente, con banda utile di lettura 0.2 – 100 Hz, alimentato da 1 batteria 12V esterna, collegato ad un Notebook Toshiba - Satellite - DualCore 1.6 GHz. I dati di rumore, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti alla frequenza di campionamento di 128 Hz tramite il software SEISMOLOG-MT della SARA electronic instruments. I segnali così acquisiti, relativi alle componenti Verticale (Z), Est-Ovest (E) e Nord-Sud (N), sono stati successivamente analizzati col software GEOHVSr della Programgeo - Ver. 2016.



Esiti delle misure eseguite

In particolare, dalle registrazioni del rumore sismico sono state ricavate e analizzate due serie di dati:

1. le curve HVSR, con parametri:
 - a) larghezza delle finestre d'analisi 25 s,
 - b) lisciamento secondo finestra triangolare con ampiezza pari al 5% della frequenza centrale,
 - c) rimozione delle finestre con rapporto STA/LTA (media a breve termine / media a lungo termine) superiore a 2
2. le curve dello spettro di velocità delle tre componenti del moto (ottenute dopo analisi con gli stessi parametri del punto 1).

Dall'inversione delle misure di tremore a fini stratigrafici col metodo testé descritto, si è ricostruito il modello del sottosuolo in termini di profili di velocità Vs e Vs più vicino (v. scheda allegata) al dato sperimentale.

L'elaborazione della registrazione seguita è compatibile con la presenza di un suolo sismico di Classe B.

Elementi di microzonazione sismica

Dal punto di vista sismico il territorio comunale di Ponte San Pietro (Bg) è stato classificato dalla D.G.R. della Lombardia n. X/2129 dell'11 luglio 2014 "Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (L.R. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d)", come comune in zona 3. Lo studio geologico di PGT ha affrontato, per tutto il territorio comunale, l'analisi sismica di I e di II livello del territorio comunale ed includendo i terreni dell'area di intervento in Pericolosità Sismica Z4a, per potenziali amplificazioni stratigrafiche/litologiche. Nel seguente rapporto vengono pertanto affrontati gli aspetti relativi alla microzonazione sismica dell'area e all'analisi sismica di II Livello, così come prescritto dalla DGR 2616/2011 e dalla DGR 5001/2016. A supporto di tale analisi di II Livello è stata eseguita n° 1 indagine sismica in sito mediante HVSR (microtremori), i cui esiti ed elaborazioni sono compatibili con la presenza di terreni di Classe Sismica B.

Le NTC, prevedono, in luogo delle accelerazioni sismiche per l'intero territorio comunale e per classi di sismicità, previste dall'O.P.C.M. 3274, l'adozione dei valori di accelerazione sismica di base considerando l'intero territorio suddiviso secondo griglie con un lato di circa 5,5 km, a ciascuna delle quali è attribuito un caratteristico ed uniforme valore di accelerazione sismica ag. La "pericolosità sismica di base" del sito di intervento costituisce pertanto l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche attraverso la definizione di tre parametri: ag = accelerazione orizzontale massima del sito; Fo = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale; T*c= periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale. 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. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della

Comune di Ponte San Pietro (Bg)

"Rapporto geologico - geotecnico e di caratterizzazione sismica dei terreni siti in via Papa Giovanni angolo via San Carlo Borromeo, quale supporto specialistico al progetto di realizzazione nuovo edificio residenziale"

Elaborato R1 - R 2 - R3 - Redatto ai sensi della DGR 5001/2016, della L.R. 33/2015, della D.G.R. 2616/2011 e delle NTC 2018 - compatibilità invarianza idraulica

velocità di propagazione delle onde di taglio, V_s . Per il caso in esame è stato adottato il metodo semplificato mediante la stima del valore di V_s attraverso specifiche indagini in sito. 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 ovvero, 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. 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 para-metro $V_{s,30}$, 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	Descrizione
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>

Per queste cinque categorie di sottosuolo, le azioni sismiche sono definibili come descritto al § 3.2.3 delle presenti norme. Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di ri-sposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

Condizioni topografiche

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione (Tab. 3.2.III):

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

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

Per l'area di intervento, ai fini della classificazione sismica, si è fatto ricorso all'indagine eseguita oltre che a indagini disponibili per aree contermini e allo studio sismico di PGT, che riferiscono i suoli in questione alla Classe B. Tali analisi di II Livello sismico eseguite a supporto del PGT indicano inoltre che nel caso specifico, per suoli di classe B, i valori di amplificazione sismica locale sono inferiori ai valori soglia definiti dalla Regione; pertanto la normativa risulta adeguata a considerare i possibili effetti di amplificazione sismica locale. Nelle verifiche geotecniche dovranno pertanto essere adottati suoli di Classe Sismica B "Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati oppure di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30} < 180$ m/s ($N_{spt,30} < 15$ nei terreni a grana grossa, $cu_{30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina)". Considerata la morfologia pianeggiante dei terreni, la categoria topografica è riferibile alla Classe T1.

Analisi sismica di II Livello

A supporto dello studio geologico di PGT, nel rispetto dei riferimenti normativi dettati dalla DGR 2616/2011 e della DGR 5001/2016, è stata eseguita un'analisi sismica di II Livello, adottando i metodi di approfondimento previsti dalla Regione Lombardia – Allegato 5 - DGR 2616/2011 e App 5 – DGR 5001/2016.

La procedura per la caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti d'amplificazione consiste nella stima quantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di amplificazione (F_a); lo studio nel caso specifico è stato condotto con metodi quantitativi semplificati, validi per la valutazione delle amplificazioni litologiche. Il valore di F_a si riferisce agli intervalli di periodo tra 0.1 - 0.5 s e 0.5 - 1.5 s: in particolare l'intervallo tra 0.1 - 0.5 s si riferisce a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide (indicativamente strutture fino a 5 piani fuori terra, come quella di progetto), mentre l'intervallo tra 0.5 - 1.5 s si riferisce a strutture più alte e più flessibili. La procedura semplificata richiede la conoscenza dei seguenti parametri:

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

In funzione della litologia prevalente presente nel sito, del gradiente di velocità V_s e del gradiente del peso di volume naturale con la profondità si sceglie l'abaco di riferimento.

In funzione dello spessore e della velocità $V_{s(2)}$ dello strato superficiale si sceglie la curva più appropriata per la valutazione del valore di F_a nell'intervallo 0,1 – 0,5 s.

La valutazione del grado di protezione è effettuata in termini di contenuti energetici, confrontando il valore di F_a ottenuto con un parametro di analogo significato calcolato per ciascun Comune e per le diverse categorie di suolo (Norme Tecniche per le Costruzioni) soggette ad amplificazioni litologiche (B, C, D ed E) e per i due intervalli di periodo 0,1 – 0,5 e 0,5 – 1,5 s.

Il parametro calcolato per ciascun Comune della Regione Lombardia è riportato nella banca dati in formato.xls (soglie_lomb.xls) e rappresenta il valore di soglia oltre il quale lo spettro proposto

Comune di Ponte San Pietro (Bg)

"Rapporto geologico – geotecnico e di caratterizzazione sismica dei terreni siti in via Papa Giovanni angolo via San Carlo Borromeo, quale supporto specialistico al progetto di realizzazione nuovo edificio residenziale"

Elaborato R1 – R 2 – R 3 – Redatto ai sensi della DGR 5001/2016, della L.R. 33/2015, della D.G.R. 2616/2011 e delle NTC 2018 – compatibilità invarianza idraulica

dalla normativa risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito.

La procedura prevede pertanto di valutare il valore di F_a e di confrontarlo con il corrispondente valore di soglia, considerando una variabilità di $+ 0,1$ che tiene conto della variabilità del valore di F_a ottenuto.

L'applicazione di questa metodologia richiede quindi l'esecuzione delle seguenti fasi:

1 - Scelta della litologia prevalente lungo la verticale indagata, tra le classi litologiche messe a disposizione dalla Regione Lombardia (nella DGR 2616/2011) e quindi verifica della congruità del profilo di propagazione delle onde di taglio con il campo di validità messo a disposizione nelle norme. Se il profilo rientra nel campo di validità si passa al punto 2. Da evidenziare che la Regione Lombardia non indica come operare

2 - Selezione della curva da utilizzare per il calcolo del F_a nell'intervallo $0,1 - 0,5$ s, sulla base di:

- velocità di propagazione delle onde di taglio (VS) del primo strato (la cui identificazione è incerta, in quanto non è specificato se il primo strato deve essere individuato sulla base della stratigrafia oppure sulla base degli intervalli di velocità VS individuati);
- profondità del bedrock sismico.

3 - Calcolo del F_a (nei periodi $0,1 - 0,5$ s e $0,5 - 1,5$ s) in relazione al periodo fondamentale del terreno.

4 - Selezione della curva da utilizzare per il calcolo del F_a nell'intervallo $0,1 - 0,5$ s, sulla base di:

- velocità di propagazione delle onde di taglio (VS) del primo strato (la cui identificazione è incerta, in quanto non è specificato se il primo strato deve essere individuato sulla base della stratigrafia oppure sulla base degli intervalli di velocità VS individuati),
- profondità del bedrock sismico.

5 - Calcolo del F_a (nei periodi $0,1 - 0,5$ s e $0,5 - 1,5$ s) in relazione al periodo fondamentale del terreno.

Una volta calcolati i F_a , l'ultimo passo da compiere prevede il loro confronto con dei valori predeterminati dalla Regione Lombardia. Per il caso specifico, come già accennato, il periodo di riferimento da adottare nelle verifiche è $T = 0.1 - 0.5$ s riferito a strutture fino a 5 piano di altezza.

Si possono presentare quindi due situazioni:

1 - il valore di F_a è inferiore o uguale al valore di soglia corrispondente: la nuova normativa è da considerarsi sufficiente per 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 del sito e quindi è necessario, in fase di progettazione edilizia, o effettuare analisi più approfondite (III° Livello) o, in alternativa, utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore, con il seguente schema (punto 1.4.3 della DGR VIII/7374/2008 e Allegato 5 della DGR 2626/2011):

- anziché lo spettro della categoria B di suolo si utilizzerà quello della categoria di suolo C; nel caso in cui la soglia non fosse ancora sufficiente si utilizzerà lo spettro della categoria di suolo D;
 - anziché lo spettro della categoria C di suolo si utilizzerà quello della categoria di suolo D;
- anziché lo spettro della categoria E di suolo si utilizzerà quello della categoria di suolo D

L'indagine sismica in sito di II Livello, eseguita a supporto dello specifico intervento, ha verificato che i terreni di sottofondo dell'area sono riferibili alla Classe Sismica B.

I valori di F_a (fattore di amplificazione sismica di soglia) che, per il comune di Ponte San Pietro, sono i seguenti:

Le prove eseguite hanno riscontrato una condizione litotecnica molto favorevole, per la presenza, al di sotto del piano di posa delle fondazioni, di un potente livello ghiaioso sabbioso ben addensato con elevata resistenza dinamica all'avanzamento della punta penetrometrica.

Verifica liquefazione terreno di sottofondo

Le NTC consentono di omettere la verifica a liquefazione quando si manifestino, per l'ambito in esame, almeno una delle seguenti condizioni:

- 1) accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
- 2) profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- 3) depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $q_{ciN} > 180$ 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) distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nei fusi granulometrici di cui alle figure 7.11.1 (a) e b delle NTC.

Per il caso specifico i depositi in questione non rientrano nel fuso granulometrico dei terreni potenzialmente liquefacibili e la falda idrica è presente solo a partire da quote superiori ai - 30 m dal piano di posa delle fondazioni; viene pertanto omessa la relativa verifica.

Verifiche geotecniche terreni

Per procedere alle verifiche geotecniche risulta necessario conoscere i parametri geotecnici dei terreni di sottofondo dell'area di intervento e procedere con le verifiche a liquefazione.

Verifica al carico limite dell'insieme fondazione-terreno

Per ogni stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione $E_d \leq R_d$, dove E_d è il valore di progetto dell'azione e dove R_d è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico (in questo caso del terreno di fondazione). Al fine di consentire l'esecuzione delle verifiche allo Stato Limite Ultimo (SLU) dell'opera in progetto, viene determinata la resistenza di progetto del terreno di fondazione al collasso per carico limite (R_d), che si ottiene dividendo la resistenza caratteristica del terreno R_k (coincidente con la capacità portante limite), per un fattore di sicurezza R variabile a seconda dell'approccio scelto per le suddette verifiche. Il calcolo della resistenza del sottofondo è stato condotto sia in condizioni statiche (assenza di sisma), sia in condizioni dinamiche (presenza di sisma). In condizioni dinamiche si è tenuto conto, nel calcolo della resistenza, dei coefficienti riduttivi dei fattori di portanza N_q , N_c ed N_g , legati all'accelerazione sismica orizzontale al piano di posa delle fondazioni, secondo quanto prescritto da Paolucci & Pecker (1997). Gli stati limite ultimi delle fondazioni superficiali si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno e al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che compongono la fondazione stessa. Nelle verifiche di sicurezza devono essere presi in considerazione tutti i meccanismi di stato limite ultimo, sia a breve sia a lungo termine.

Gli stati limite ultimi delle fondazioni superficiali si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno e al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che compongono la fondazione stessa.

Nel caso di fondazioni posizionate su o in prossimità di pendii naturali o artificiali deve essere effettuata la verifica anche con riferimento alle condizioni di stabilità globale del pendio includendo nelle verifiche le azioni trasmesse dalle fondazioni.

Le verifiche devono essere effettuate almeno nei confronti dei seguenti stati limite, accertando che la condizione 6.2.1 sia soddisfatta per ogni stato limite considerato:

Comune di Ponte San Pietro (Bg)

"Rapporto geologico - geotecnico e di caratterizzazione sismica dei terreni siti in via Papa Giovanni angolo via San Carlo Borromeo, quale supporto specialistico al progetto di realizzazione nuovo edificio residenziale"

Elaborato R1 - R2 - R3 - Redatto ai sensi della DGR 5001/2016, della L.R. 33/2015, della D.G.R. 2616/2011 e delle NTC 2018 - compatibilità invarianza idraulica

SLU di tipo geotecnico (GEO)

- collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno;
- collasso per scorrimento sul piano di posa;
- stabilità globale.

SLU di tipo strutturale (STR)

- raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

La verifica di stabilità globale deve essere effettuata, secondo la Combinazione 2 (A2+M2+R2) dell'Approccio 1, tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II per le azioni e i parametri geotecnici e nella Tab. 6.8.I per le resistenze globali.

Le rimanenti verifiche devono essere effettuate applicando la combinazione (A1+M1+R3) di coefficienti parziali prevista dall'Approccio 2, tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.4.I.

Nelle verifiche nei confronti di SLU di tipo strutturale (STR), il coefficiente γ_R non deve essere portato in conto.

Tab. 6.4.I – Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali

Verifica	Coefficiente parziale (R3)
Carico limite	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$

Verifiche gli stati limite di esercizio (SLE)

- Al fine di assicurare che le fondazioni risultino compatibili con i requisiti prestazionali della struttura in elevazione (§§ 2.2.2 e 2.6.2), si deve verificare il rispetto della condizione 6.2.7, calcolando i valori degli spostamenti e delle distorsioni nelle combinazioni di carico per gli SLE specificate al §2.5.3, tenendo conto anche dell'effetto della durata delle azioni. Forma, dimensioni e rigidezza della struttura di fondazione devono essere stabilite nel rispetto dei summenzionati requisiti prestazionali, tenendo presente che le verifiche agli stati limite di esercizio possono risultare più restrittive di quelle agli stati limite ultimi.

Nelle verifiche geotecniche per la stima della capacità portante si sono adottati i metodi più diffusi in letteratura, applicando i relativi effetti sismici sulla base dei parametri scaturiti dalla caratterizzazione sismica del sito utilizzando il software commerciale LoadCap, versione 2018 implementato dalla Geostru.

Nelle verifiche geotecniche sono state ipotizzate le azioni e combinazioni di carico riportate nella tabella di seguito riportata; sarà cura dello strutturista verificare la congruenza di tali dati con le azioni effettivamente agenti sulle fondazioni e qualora necessario, saranno eseguite ulteriori iterazioni di verifica sulla base delle azioni di progetto.

Nelle verifiche sono stati considerate fondazioni a travi rovesce di larghezza $B = 0,7$ m posate a – 1,5 m da p.c.

Fondazione a travi rovesce di larghezza $B = 0,7$ m posate a – 1.5 m da p.c. Rinterro 90 cm Combinazione delle azioni sulle fondazioni (Kg/cmq) Ipotesi orientativa (da verificare)	
A1+M1+R3	2
SLO sisma	2
SLD sisma	2
SLV sisma	2
SLC sisma	2

Comune di Ponte San Pietro (Bg)

"Rapporto geologico - geotecnico e di caratterizzazione sismica dei terreni siti in via Papa Giovanni angolo via San Carlo Borromeo,
quale supporto specialistico al progetto di realizzazione nuovo edificio residenziale"

Elaborato R1 - R 2 - R3 - Redatto ai sensi della DGR 5001/2016, della L.R. 33/2015, della D.G.R. 2616/2011 e delle NTC 2018 - compatibilità invarianza idraulica

Esiti delle verifiche geotecniche relative alla resistenza dei terreni allo SLU

Nelle verifiche sono state considerate fondazioni nelle condizioni più critiche riscontrate in SCPT n° 2. Nella tabella allegata sono riportati gli esiti delle verifiche geotecniche eseguite con le combinazioni di calcolo indicate, sia in condizioni statiche che in condizioni dinamiche. Le condizioni più cautelative si sono riscontrate adottando l'Approccio 2 - Combinazione Unica. Le verifiche geotecniche eseguite hanno fornito i seguenti esiti:

Fondazioni a travi rovesce

Fondazioni	Sigma massima a compressione SLU - Qultima (K/cm ²)	Resistenza di progetto Rd (Kg/cm ²)	Tensione massima esercizio Ed (Kg/cm ²)	Coefficiente di sicurezza	Verifica geotecnica	Cedimenti totali (mm)
Travi rovesce B= 0,7 m	6,98	3,03	2	> 2,3	Verificata	< 20 mm

Nel dimensionamento esecutivo delle fondazioni si raccomanda di adottare in ogni caso un valore di Tensione Massima di Esercizio Ed non superiore a Ed = 2Kg/cmq.

Nella verifica dei cedimenti totali, considerando fondazioni con carichi di esercizio indicati, i valori dei cedimenti totali risultano inferiori a 20 mm.

Per migliorare ulteriormente l'interazione tra fondazione e sottofondo si raccomanda di realizzare l'ultimo strato a contatto con la fondazione, con magrone di spessore non inferiore a 20 cm., armato con rete in Fe elettrosaldato standard di maglia 20 x 20 cm e diametro 8 mm.

I suddetti calcoli costituiscono una valutazione preliminare della Tensione Massima di Esercizio per consentire al Progettista delle strutture di operare le scelte ottimali.

Per le verifiche geotecniche ai sensi del punto 6.2.4. delle NTC, si rimanda alla relazione sulle fondazioni redatta dal Progettista.

Comunque, in fase di scavo, la DL dovrà porre la massima cura al fine di verificare che in ogni punto le fondazioni risultino posate entro l'orizzonte individuato durante l'esecuzione delle prove SCPT accertando l'assenza di cavità/sacche colmate con materiale geotecnicamente scadente al di sotto del piano di posa, che in tal caso andranno adeguatamente bonificate; qualora dovessero ravvisarsi difformità o anomalie, dovrà essere tempestivamente contattato lo scrivente per un sopralluogo di verifica e per prevedere, se il caso, supplementi di indagini integrative a partire da fondo scavo.



Comune di Ponte San Pietro (Bg)

"Rapporto geologico - geotecnico e di caratterizzazione sismica dei terreni siti in via Papa Giovanni angolo via San Carlo Borromeo, quale supporto specialistico al progetto di realizzazione nuovo edificio residenziale"

Elaborato R1 - R 2 - R3 - Redatto ai sensi della DGR 5001/2016, della L.R. 33/2015, della D.G.R. 2616/2011 e delle NTC 2018 - compatibilità invarianza idraulica

Valutazione di compatibilità idraulica

La trasformazione del suolo secondo il principio dell'invarianza idraulica sancisce il principio in base al quale le portate di deflusso meteorico scaricate dalle aree urbanizzate nei ricettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelli preesistenti all'urbanizzazione (**Invarianza idraulica**) e che sia le portate sia i volumi di deflusso meteorico scaricate dalle aree urbanizzate nei ricettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelli preesistenti all'urbanizzazione (**Invarianza idrologica**)

L'unico modo per garantire l'invarianza idraulica delle trasformazioni è quello di prevedere volumi di stoccaggio temporaneo dei deflussi che compensino, mediante un'azione laminante, l'accelerazione dei deflussi e la riduzione dell'infiltrazione al suolo.

I principi di invarianza idraulica e idrologica (L.r. 4/2016, art. 7, comma 2) si applicano agli interventi edilizi definiti dall'art. 27, comma 1, lettere d), e, f) della l.r. 12/2005 e a tutti gli interventi che comportano una riduzione della permeabilità del suolo rispetto alla sua condizione preesistente all'urbanizzazione, secondo quanto specificato nel regolamento regionale di cui al comma 5.

Sono ricompresi gli interventi relativi a infrastrutture stradali e autostradali e loro pertinenze e parcheggi.

Con l'espressione "sua condizione preesistente all'urbanizzazione" si intende che le misure di invarianza idraulica sono da calcolare non rispetto alla condizione urbanistica pre-intervento, eventualmente già alterata, ma rispetto alla condizione "zero" preesistente all'urbanizzazione, con riferimento alla SOLA superficie interessata dall'intervento.

Gli interventi edilizi a cui si applica il nuovo Regolamento (art. 3) sono:

1. **nuova costruzione**, compresi gli ampliamenti
2. demolizione, totale o parziale fino al piano terra, e ricostruzione indipendentemente dalla modifica o dal mantenimento della superficie edificata preesistente
3. ristrutturazione urbanistica comportanti un ampliamento della superficie edificata o una variazione della permeabilità rispetto alla condizione preesistente all'urbanizzazione

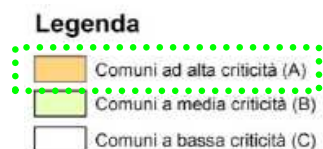
Ambiti territoriali di applicazione (art. 7)

Il territorio regionale è suddiviso in:

- | | |
|--|--------------------------------------|
| 1. aree A ad alta criticità idraulica ---> | bacini idrografici critici |
| 2. aree B a media criticità idraulica ---> | compensori di bonifica e irrigazione |
| 3. aree C a bassa criticità idraulica ---> | aree non rientranti nelle aree A e B |

Con l'espressione "bacini idrografici critici" si intendono quei bacini idrografici in cui gli allagamenti sono connessi alla presenza di elevata urbanizzazione

Il territorio comunale di Barzana rientra nell'area A



Comune di Ponte San Pietro (Bg)

"Rapporto geologico - geotecnico e di caratterizzazione sismica dei terreni siti in via Papa Giovanni angolo via San Carlo Borromeo, quale supporto specialistico al progetto di realizzazione nuovo edificio residenziale"

Elaborato R1 - R2 - R3 - Redatto ai sensi della DGR 5001/2016, della L.R. 33/2015, della D.G.R. 2616/2011 e delle NTC 2018 - compatibilità invarianza idraulica

Le acque di riferimento per l'applicazione delle misure di invarianza idraulica e idrologica (Art. 4) sono le acque pluviali di cui all'articolo 2, comma 1, lettera h): *le acque meteoriche di dilavamento, escluse le acque di prima pioggia scolanti dalle aree esterne elencate all'articolo 3 del regolamento regionale 24 marzo 2006, n. 4 (Disciplina dello smaltimento delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne, in attuazione dell'articolo 52, comma 1, lettera a) della legge regionale 12 dicembre 2003, n. 26)*

I sistemi di controllo e gestione delle acque pluviali (Art. 5)

Devono essere effettuati, ove possibile, mediante sistemi che garantiscono l'infiltrazione, l'evapotraspirazione e il riuso. *La realizzazione di uno scarico delle acque pluviali in un ricettore è dovuta in caso di capacità di infiltrazione dei suoli inferiore rispetto all'intensità delle piogge più intense.* Il medesimo scarico deve avvenire a valle di invasi di laminazione dimensionati per rispettare le portate massime ammissibili di cui all'articolo 8.

Lo smaltimento dei volumi invasati deve avvenire secondo il seguente ordine decrescente di priorità:

- a) mediante il riuso dei volumi stoccati, in funzione dei vincoli di qualità e delle effettive possibilità, quali innaffiamento di giardini, acque grigie e lavaggio di pavimentazioni e auto;
- b) ***mediante infiltrazione nel suolo o negli strati superficiali del sottosuolo, compatibilmente con le caratteristiche pedologiche del suolo e idrogeologiche del sottosuolo, con le normative ambientali e sanitarie e con le pertinenti indicazioni contenute nella componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio (PGT) comunale;***
- c) scarico in corpo idrico superficiale naturale o artificiale, con i limiti di portata di cui all'articolo 8;
- d) scarico in fognatura, con i limiti di portata di cui all'articolo 8.

I **tempi di ritorno** da adottare per il dimensionamento delle opere di invarianza, per un accettabile grado di sicurezza delle stesse, in considerazione dell'importanza ambientale ed economica degli insediamenti urbani (art. 11) **sono pari a 50 anni.**

Nella progettazione degli interventi di invarianza idraulica e idrologica è necessario analizzare i **processi di interscambio** che intervengono durante i fenomeni piovosi intensi **tra la superficie del suolo e il sistema idrico sotterraneo per valutare la soggiacenza della superficie piezometrica rispetto al piano campagna.**

Se la falda più superficiale è a quota sufficientemente inferiore al piano campagna è possibile infiltrare una parte dell'afflusso meteorico, in funzione della capacità di infiltrazione del suolo.

Se la falda più superficiale è prossima o coincidente con il piano campagna, non è ammissibile l'infiltrazione dell'afflusso meteorico.

In ogni caso il progetto deve valutare ogni possibilità di **incentivare l'infiltrazione delle acque meteoriche afferenti da superfici non suscettibili di inquinamento allo scopo di tendere alla restituzione delle stesse ai naturali processi di infiltrazione preesistenti all'intervento.** Il progetto deve conseguentemente valutare la realizzazione di strutture di infiltrazione quali aree verdi di infiltrazione, trincee drenanti, pozzi drenanti, cunette verdi, pavimentazioni permeabili, adeguate a tale obiettivo;

Nel caso dell'intervento in oggetto, si presentano le seguenti caratteristiche del territorio:

- *soggiacenza della superficie freatica* ad una quota significativa dal piano campagna (circa - 33 m)
- *lontananza* da ogni possibile recettore nel quale si potrebbe scaricare le acque pluviali afferenti al lotto

Di conseguenza il progetto degli interventi di invarianza idraulica e idrologica prevede la valutazione di strutture di infiltrazione quali pozzi perdenti, oltre a pavimentazioni permeabili ed aree verdi di infiltrazione.

Superficie totale lotto edificabile = 721.76 m² = 7.2176 ha
Superficie impermeabile = 390 m² = 3,90 ha
Superficie verde = 331,76 m² = 3,3176 ha

Ai fini dell'individuazione delle diverse modalità di calcolo dei volumi da gestire per il rispetto del principio di invarianza idraulica e idrologica, gli interventi di cui all'articolo 3 richiedenti misure di invarianza idraulica e idrologica sono suddivisi nelle classi di cui alla tabella 1, a seconda della superficie interessata dall'intervento e del coefficiente di deflusso medio ponderale, calcolato ai sensi dell'articolo 11, comma 2, lettera c), numero 7).

Ai fini della definizione della superficie interessata dall'intervento, lo stesso deve essere considerato nella sua unitarietà e non può essere frazionato.

Tabella 1

CLASSE DI INTERVENTO		SUPERFICIE INTERESSATA DALL'INTERVENTO	COEFFICIENTE DEFUSSO MEDIO PONDERALE	MODALITÀ DI CALCOLO	
				AMBITI TERRITORIALI (articolo 7)	
				Aree A, B	Aree C
0	Impermeabilizzazione potenziale qualsiasi	$\leq 0,01 \text{ ha } (\leq 100 \text{ mq})$	qualsiasi	Requisiti minimi articolo 12 comma 1	
1	Impermeabilizzazione potenziale bassa	$da > 0,01 \text{ a } \leq 0,1 \text{ ha } (\leq 1.000 \text{ mq})$	$\leq 0,4$	Requisiti minimi articolo 12 comma 2	
2	Impermeabilizzazione potenziale media	$da > 0,01 \text{ a } \leq 0,1 \text{ ha } (\leq 1.000 \text{ mq})$	$> 0,4$	Metodo delle sole piogge (vedi articolo 11, comma 2, lettera d)	Requisiti minimi articolo 12 comma 2
		$da > 0,1 \text{ a } \leq 1 \text{ ha } (da > 1.000 \text{ a } \leq 10.000 \text{ mq})$	qualsiasi		
		$da > 1 \text{ a } \leq 10 \text{ ha } (da > 10.000 \text{ a } \leq 100.000 \text{ mq})$	$\leq 0,4$		
3	Impermeabilizzazione potenziale alta	$da > 1 \text{ a } \leq 10 \text{ ha } (da > 10.000 \text{ a } \leq 100.000 \text{ mq})$	$> 0,4$	Procedura dettagliata (vedi articolo 11, comma 2, lettera d)	
		$> 10 \text{ ha } (> 100.000 \text{ mq})$	qualsiasi		

Regolamento regionale 23 novembre 2017 - n. 7 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)

Calcolo delle acque meteoriche ricadenti sull'area: Analisi idrologica - Curve di possibilità pluviometrica

La determinazione della pioggia di progetto che ricade nell'area in esame viene effettuata sulla base del calcolo della linea di possibilità pluviometrica i cui parametri per la costruzioni sono forniti da ARPA Lombardia.

Le curve di possibilità pluviometrica sono delle curve che permettono di ricavare l'altezza di pioggia che si abbatte sull'area in esame assegnato un determinato tempo di ritorno corrispondente ad una certa durata dell'evento.

La curva ha il seguente andamento:

$$h = a \cdot t^n$$

dove h rappresenta l'altezza per un assegnato tempo di ritorno corrispondente alla durata t, mentre a ed n sono i parametri della curva di possibilità pluviometrica.

Nel caso in esame, per il dimensionamento e il calcolo dell'acqua meteorica da smaltire, si fa riferimento ad un tempo di ritorno pari a 50 anni, ovvero si accetta che tale valore possa risultare superato per eventi meteorici che in media si presentano una volta ogni cinquanta anni.

Tale valore è quello a cui generalmente si fa riferimento per questo tipo di calcolo.

Viene riportato il foglio di calcolo così come viene predisposto da Arpa stessa, con riportate le coordinate UTM32 della stazione usata come riferimento:

X=: 1545220 Y=5060496 per i parametri della curva segnalatrice risultano:
a = 30.41 n = 0.298

Comune di Ponte San Pietro (Bg)

"Rapporto geologico - geotecnico e di caratterizzazione sismica dei terreni siti in via Papa Giovanni angolo via San Carlo Borromeo, quale supporto specialistico al progetto di realizzazione nuovo edificio residenziale"

Elaborato R1 - R 2 - R3 - Redatto ai sensi della DGR 5001/2016, della L.R. 33/2015, della D.G.R. 2616/2011 e delle NTC 2018 - compatibilità invarianza idraulica

Nella prima riga della tabella del calcolo si vede, in particolare, il valore di altezza di pioggia che si abbatte sull'area in esame per i diversi tempi di ritorno per la durata critica di 1 ora, ed in particolare nell'ultima colonna, evidenziato in rosso emerge il valore di portata per tempo di ritorno dell'intervallo considerato.

Si riportano inoltre i grafici delle linee segnalatrici per diversi tempi di ritorno, dove è stata evidenziata in rosso la linea segnalatrice usata per il calcolo ($T_{\text{ritorno}} = 50$ anni).

La stima della pioggia di massima piena è stata basata sulle serie storiche dei massimi annuali delle precipitazioni della durata di 1- 3 - 6 - 12 - 24 ore riferite al lotto in oggetto.

Nella tabella sottostante sono riportati i valori di queste piogge; il valore di ogni cella indica la massima pioggia caduta, di quelle particolare durata, con uno specifico tempo di ritorno.

Calcolo della linea segnatrice 1-24 ore

Località:	<i>Ponte San Pietro</i>	Evento pluviometrico	
Coordinate UTM32:	X=: 1545220 Y=5060496	Durata dell'evento [ore]	24
Tempo di ritorno (anni)	50	Precipitazione cumulata [mm]	158.6
Parametri ricavati da:	http://idro.arpalombardia.it		
A1 - Coefficiente pluviometrico orario			30.41
N - Coefficiente di scala			0.29890001
GEV - parametro alpha			0.29960001
GEV - parametro kappa			-0.0106
GEV - parametro epsilon			0.82370001

Formulazione analitica

$$h_T(D) = a_1 w_T D^n$$

$$w_T = \varepsilon + \frac{\alpha}{k} \left\{ 1 - \left[\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right]^k \right\}$$

Bibliografia ARPA Lombardia:

<http://idro.arpalombardia.it/manual/lspg.pdf> http://idro.arpalombardia.it/manual/STRADA_report.pdf

Dai dati pluviometrici si ricava la curva di possibilità pluviometrica (figura 1). Tale curva, per assegnati tempi di ritorno, correla l'altezza di precipitazione alla durata della stessa.

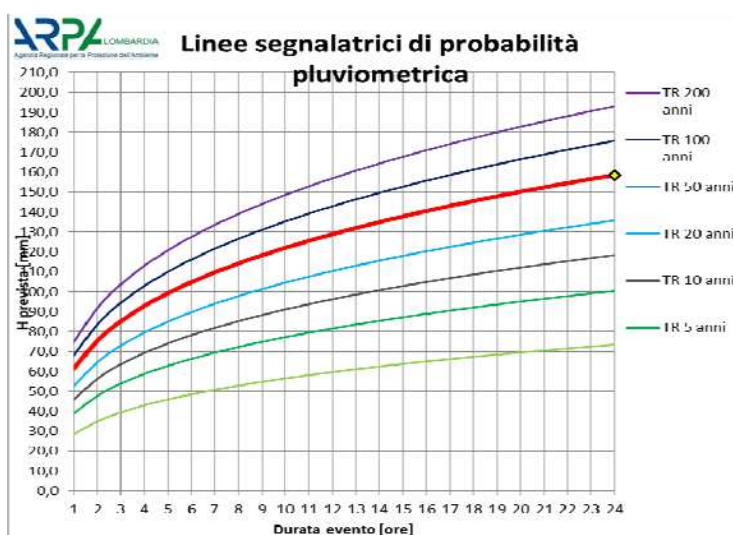


Figura 1

Comune di Ponte San Pietro (Bg)

"Rapporto geologico - geotecnico e di caratterizzazione sismica dei terreni siti in via Papa Giovanni angolo via San Carlo Borromeo, quale supporto specialistico al progetto di realizzazione nuovo edificio residenziale"

Elaborato R1 - R 2 - R3 - Redatto ai sensi della DGR 5001/2016, della L.R. 33/2015, della D.G.R. 2616/2011 e delle NTC 2018 - compatibilità invarianza idraulica

Tabella delle precipitazioni previste al variare delle durate e dei tempi di ritorno

Tr	2	5	10	20	50	100	200	Tr = 50
wT	0,93372	1,27667	1,50602	1,72773	2,01723	2,23606	2,45570	50
Durata (ore)	TR 2 anni	TR 5 anni	TR 10 anni	TR 20 anni	TR 50 anni	TR 100 anni	TR 200 anni	2,01723333
1	28,4	38,8	45,8	52,5	61,3	68,0	74,7	TR 50 anni
2	34,9	47,8	56,3	64,6	75,5	83,7	91,9	61,3440654
3	39,4	53,9	63,6	73,0	85,2	94,4	103,7	75,4658422
4	43,0	58,8	69,3	79,5	92,8	102,9	113,0	85,1891141
5	45,9	62,8	74,1	85,0	99,2	110,0	120,8	92,8385378
6	48,5	66,3	78,2	89,8	104,8	116,2	127,6	99,2418144
7	50,8	69,5	81,9	94,0	109,7	121,6	133,6	104,800166
8	52,9	72,3	85,3	97,8	114,2	126,6	139,0	109,741873
9	54,8	74,9	88,3	101,3	118,3	131,1	144,0	114,210534
10	56,5	77,3	91,1	104,6	122,1	135,3	148,6	118,302971
11	58,1	79,5	93,8	107,6	125,6	139,2	152,9	122,087883
12	59,7	81,6	96,3	110,4	128,9	142,9	156,9	125,615965
13	61,1	83,6	98,6	113,1	132,0	146,4	160,7	128,925801
14	62,5	85,4	100,8	115,6	135,0	149,7	164,4	132,047515
15	63,8	87,2	102,9	118,0	137,8	152,8	167,8	135,005119
16	65,0	88,9	104,9	120,3	140,5	155,7	171,0	137,818095
17	66,2	90,5	106,8	122,5	143,1	158,6	174,2	140,502493
18	67,4	92,1	108,7	124,7	145,5	161,3	177,2	143,071704
19	68,5	93,6	110,4	126,7	147,9	164,0	180,1	145,537034
20	69,5	95,1	112,1	128,6	150,2	166,5	182,8	147,908121
21	70,5	96,5	113,8	130,5	152,4	168,9	185,5	150,193256
22	71,5	97,8	115,4	132,4	154,5	171,3	188,1	152,399631
23	72,5	99,1	116,9	134,1	156,6	173,6	190,6	154,533524
24	73,4	100,4	118,4	135,8	158,6	175,8	193,1	156,600454

Dai dati ARPA disponibili (curve di possibilità pluviometrica) risulta che per la località in oggetto prevista per un tempo di ritorno Tr pari a 50 anni un'altezza di pioggia per la durata di 1 ora uguale a 61,3 mm.

Determinazione del tempo di corrivazione

Il tempo di corrivazione si definisce come il tempo necessario alla particella d'acqua di percorrere l'intero bacino fino alla sezione di chiusura dove viene eseguito il calcolo della portata seguendo il percorso idraulicamente più lungo. Nei sistemi di drenaggio urbano il tempo di corrivazione **Tc** viene generalmente definito come la somma di due contributi: il tempo di accesso alla rete **Ta** e il tempo di percorrenza della rete **Tr**:

$$Tc = Ta + Tr$$

Il tempo di accesso alla rete è sempre di incerta determinazione, variando con la pendenza dell'area, la natura della stessa e il livello di realizzazione dei drenaggi minori, nonché con l'altezza della pioggia precedente l'evento critico di progetto, anche se il valore normalmente assunto nella progettazione è compreso tra 5 – 15 minuti (valori più bassi per aree di minore estensione, più attrezzate e di maggiore pendenza ed i valori più alti nei casi opposti).

Recenti studi svolti presso il Politecnico di Milano (Mambretti e Paoletti, 1996 – 1997) hanno portato ad una stima del tempo di accesso a mezzo del modello del *condotto equivalente*, sviluppato partendo dalla considerazione che il deflusso superficiale è, in realtà, un deflusso in una rete di piccole canalizzazioni incognite (grondaie, cunette, canalette, piccoli condotti) che raccolgono le acque scolanti lungo le singole falde dei tetti e delle strade.

Comune di Ponte San Pietro (Bg)

"Rapporto geologico - geotecnico e di caratterizzazione sismica dei terreni siti in via Papa Giovanni angolo via San Carlo Borromeo, quale supporto specialistico al progetto di realizzazione nuovo edificio residenziale"

Elaborato R1 - R 2 - R3 - Redatto ai sensi della DGR 5001/2016, della L.R. 33/2015, della D.G.R. 2616/2011 e delle NTC 2018 - compatibilità invarianza idraulica

Nel nostro caso, vista la modesta estensione delle aree scolanti viene assunto pari a **ta = 10 minuti**

Per il progetto in questione, viste la dimensione comunque modesta dell'edificio e nell'ipotesi di realizzare un buon numero di caditoie e punti di raccolta dell'acqua si ipotizza un tempo di percorrenza della rete pari a:

$$tr = (L_{max}) / (1,5 * Vp) = 24,18 \text{ m} / (1,5 * 0,8 \text{ m/s}) = 20,15 \text{ s}$$

in cui Lmax è lo sviluppo del percorso idraulicamente più lungo e Vp la velocità di progetto del flusso nello stesso (posta pari a Vp = 0.8 m/s).

Non avendo a disposizione dati significativi in riguardo al percorso idraulicamente più lungo, è possibile pervenire alla determinazione del parametro attraverso la relazione di seguito evidenziata:

$$L_{max_teorico} = (1,5 * A)^{1/2} = 24,18 \text{ m}$$

$$Tc = 20,15 \text{ s} + 600 \text{ s} = 620,15 \text{ s} = 11,33 \text{ minuti}$$

Il valore dell'intensità media di pioggia **i** [mm/h] per una durata di tempo pari a tc è pari a **11,57 mm**

Calcolo della portata complessiva di pioggia

La determinazione della portata di pioggia di progetto viene effettuato tramite l'applicazione della formula razionale, utilizzata nella progettazione di collettori fognari o canali ed è semplicemente una formula che sotto determinate ipotesi permette di calcolare la massima portata che una data pioggia determinerà, per un dato bacino idrologico, in una sezione idraulica di controllo. la cui espressione risulta:

$$Q = \phi i A / 360$$

dove:

ϕ : coefficiente di deflusso medio ponderale del bacino

- pari a 1 per tutte le sotto-aree interessate da tetti, coperture, tetti verdi e giardini pensili sovrapposti a solette comunque costituite e pavimentazioni continue quali strade, vialetti, parcheggi;
- pari a 0,7 per le pavimentazioni drenanti o semipermeabili, quali strade, vialetti, parcheggi;
- pari a 0,3 per le sotto-aree permeabili di qualsiasi tipo, escludendo dal computo le superfici incolte e quelle di uso agricolo;

In tabella vengono riportati i valori dei coefficienti di afflusso e delle relative aree, nonché il valore dell'area ragguagliata, ovvero quell'area ottenuta come prodotto del coefficiente di afflusso per la relativa area:

Tipologia di area	Coefficiente di afflusso	A [mq]	A ragguagliata [mq]
area impermeabile/tetti	1.00	390	390
parcheggi/piazzali di manovra	0.70	-	-
area permeabile/aree verdi	0.30	331.76	99.53

- **i** (in mm/ora) è l'intensità media oraria, data dal rapporto di **h**, altezza d'acqua caduta, su **T**, durata della pioggia;
- **A** (in ettari) è la superficie interessata dalla pioggia

Il metodo razionale, nella sua estrema semplicità, è universalmente affermato nella stima della massima portata dovuta ad un evento di pioggia.

$$Q = 0,16 \text{ m}^3/\text{s} = 157,33 \text{ l/s}$$

Utilizzando una durata critica pari a 15 minuti (> 3,43 minuti del tempo di corrivazione, e dunque cautelativo) come suggerito dal R.R. del 24 marzo 2006, per cui l'intensità di pioggia è pari a 15.475 mm/ora, e un tempo di ritorno di 50 anni risulta:

Comune di Ponte San Pietro (Bg)

"Rapporto geologico - geotecnico e di caratterizzazione sismica dei terreni siti in via Papa Giovanni angolo via San Carlo Borromeo, quale supporto specialistico al progetto di realizzazione nuovo edificio residenziale"

Elaborato R1 - R2 - R3 - Redatto ai sensi della DGR 5001/2016, della L.R. 33/2015, della D.G.R. 2616/2011 e delle NTC 2018 - compatibilità invarianza idraulica

$$Q = 0.210 \text{ m}^3/\text{s} = 210.43 \text{ l/s}$$

Tale valore di portata risulta essere il contributo globale dovuto ad una precipitazione di breve durata ed elevata intensità che si abbatte sull'area in esame e che, sulla base del principio di invarianza idraulica ed idrogeologica, è previsto che venga smaltito mediante la realizzazione di pozzi perdente.

Ipotizzando, da dati di letteratura, una valore di permeabilità dei terreni in un intervallo compreso tra di 10^{-5} e 10^{-6} (Sabbia - Ghiaia - Pietrisco con Limo), dalla procedure di calcolo appare come sia necessario un pozzo perdenti per laminare la portata delle acque di dilavamento provenienti dall'area impermeabile.

Considerato che la capacità di infiltrazione delle acque, dovuta al pozzo perdente, tende a decadere con il tempo a causa dell'ostruzione della naturale porosità dei terreni in posto con polveri e materiale fine trasportato, si consiglia l'installazione di un sistema di dispersione costituito dal pozzo perdente dotato di un dissabbiatore, da ubicare nell'area verde.

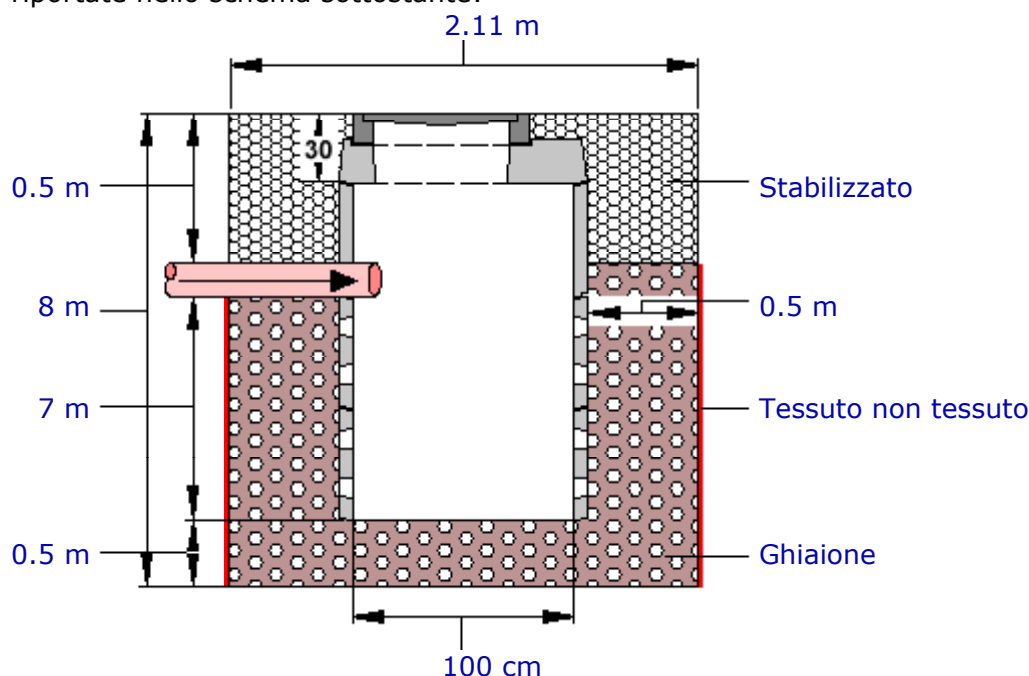
Il pozzetto dissabbiatore, immediatamente a monte dei pozzi, sarà del tipo prefabbricato di quelli usualmente in commercio con dimensione minime sufficienti del tipo: 175 cm * 240 cm * 1.65 cm per un volume pari a 4,9 m³.

Cautelativamente, nel procedimento di calcolo non si è tenuto conto del volume fornito dalle tubazioni e dai collettori delle acque bianche, ma si è fatto riferimento solamente al volume utile dei pozzi perdenti.

Realizzazione di pozzi perdenti per lo scarico di acque meteoriche nel sottosuolo: descrizione del progetto

Il progetto prevede la raccolta delle acque meteoriche delle superfici impermeabili (coperture) che saranno convogliate in un pozzo perdente interno all'area di progetto.

In relazione alle caratteristiche geologiche e idrogeologiche del sottosuolo, si è convenuto di considerare come soluzione migliore la realizzazione di un pozzo perdente delle caratteristiche riportate nello schema sottostante:



- Diametro interno dell'anello perdente: 1 metro
- Spessore ghiaione esterno al perdente: 0,50 m
- Spessore ghiaione sottostante al perdente: 0,50 m
- Altezza dal pc: 8 m

Comune di Ponte San Pietro (Bg)

"Rapporto geologico - geotecnico e di caratterizzazione sismica dei terreni siti in via Papa Giovanni angolo via San Carlo Borromeo, quale supporto specialistico al progetto di realizzazione nuovo edificio residenziale"

Elaborato R1 - R2 - R3 - Redatto ai sensi della DGR 5001/2016, della L.R. 33/2015, della D.G.R. 2616/2011 e delle NTC 2018 - compatibilità invarianza idraulica

In allegato al testo

- **Ubicazione prove penetrometriche**
- **Grafici SCPT**
- **Tabulati SCPT**
- **Indagine HVSR**
- **Parametri sismici suoli B**
- **Verifiche fondazioni Travi**
- **Modulo 9: dichiarazione/asseverazione del geologo di congruità dei contenuti della relazione geologica ai requisiti richiesti dal punto 6.2.1 delle N.T.C. DM 14/01/08 e/o dalla D.G.R. ix 2616/2011**
- **Modulo 10: dichiarazione/asseverazione dell'estensore della relazione geotecnica di congruità dei contenuti della relazione geotecnica ai requisiti richiesti dal punto 6.2.2 delle N.T.C. DM 14/01/08**

-



Legenda:

● **P1** – Prova penetrometrica dinamica continua SCPT n° 1

■ **HVSRI** – Indagini sismica passiva HVSR 1

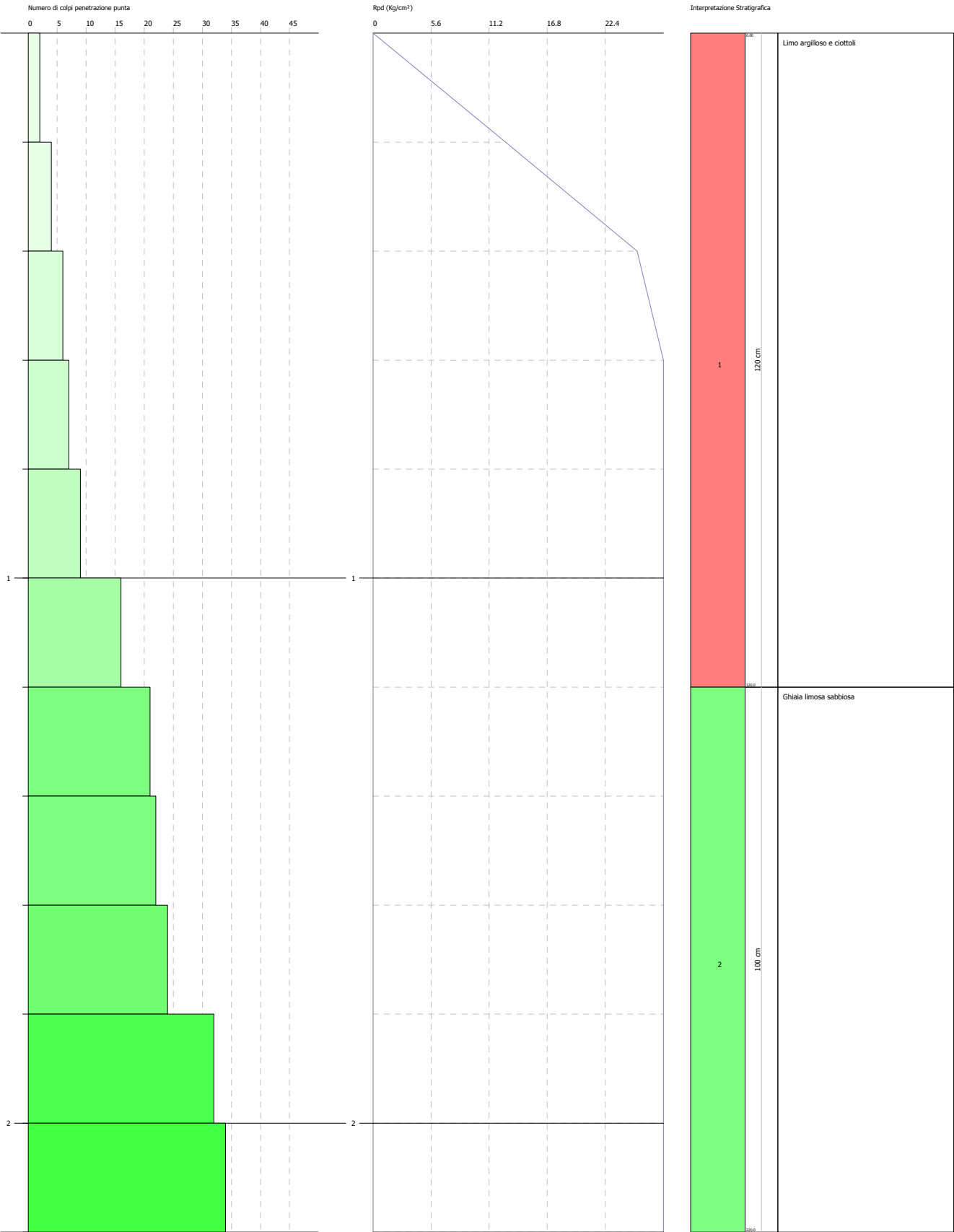
Schema di ubicazione indagini in sito
Non in scala

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1
Strumento utilizzato... Compac DPH 75

Committente:
Descrizione: Via Papa Giovanni XXIII
Località: Ponte San Pietro (Bg)

Data: 07/05/2018

Scala 1:10

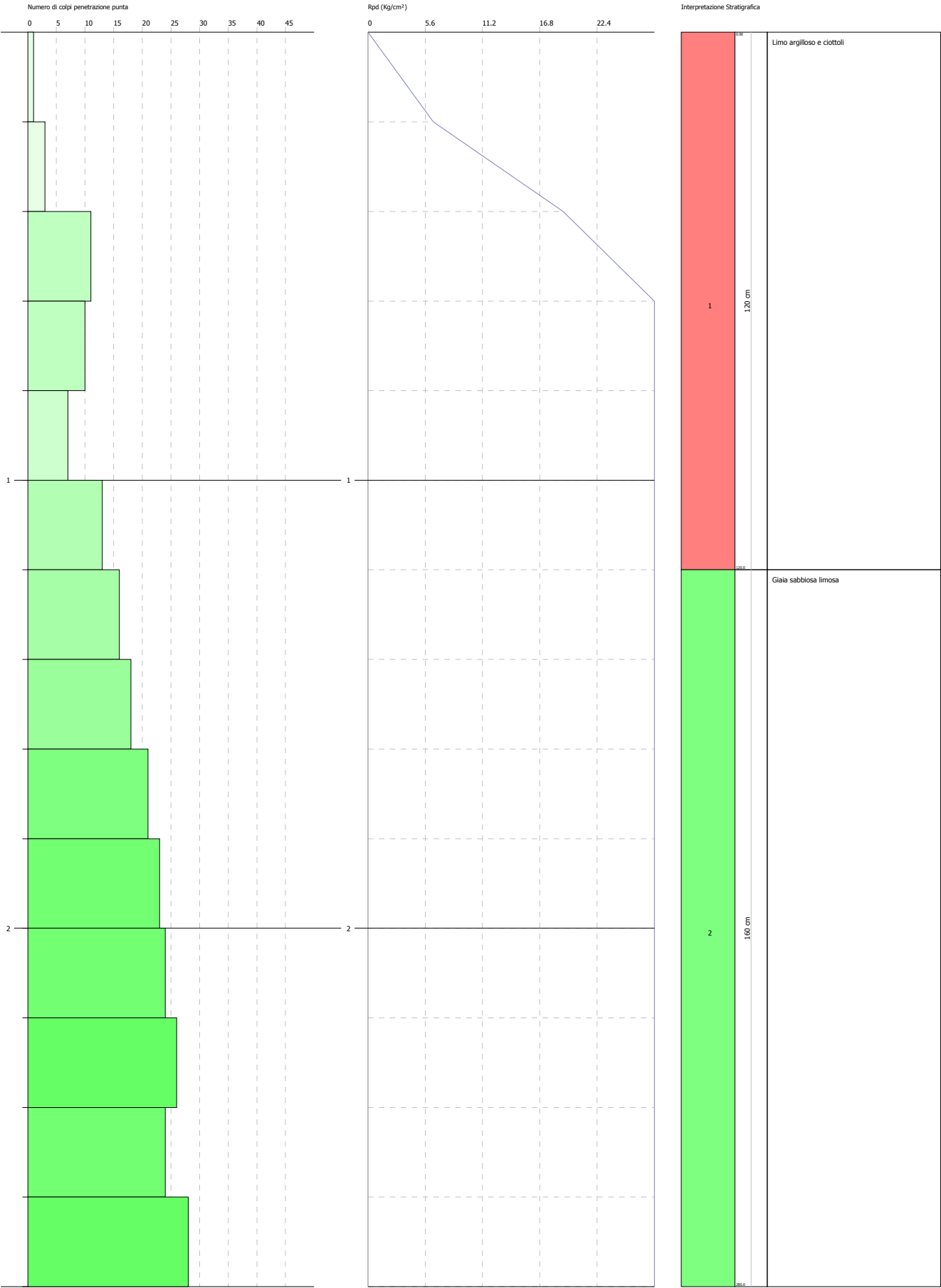


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2
Strumento utilizzato... Compac DPH 75

Commitente:
Descrizione: Via Papa Giovanni XXIII
Località: Ponte San Pietro (Bg)

Data: 07/05/2018

Scala 1:12



PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE SCPT

Cantiere: Papa Giovanni XXIII

Località: Ponte San Pietro (Bg)

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: SCPT Compac DPSH 75

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,75 m
Peso sistema di battuta	30 Kg
Diametro punta conica	50,46 mm
Area di base punta	20 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6,2 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,80 m
Avanzamento punta	0,20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1,493
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	60 °

PROVA ... Nr.1

Strumento utilizzato...

Compac DPSH 75

Prova eseguita in data

07/05/2018

Profondità prova

2.20 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.20	2	0.855	12.79	14.96	0.64	0.75
0.40	4	0.851	25.46	29.93	1.27	1.50
0.60	6	0.847	38.02	44.89	1.90	2.24
0.80	7	0.843	44.17	52.37	2.21	2.62
1.00	9	0.840	53.19	63.34	2.66	3.17
1.20	16	0.786	88.54	112.61	4.43	5.63
1.40	21	0.733	108.31	147.79	5.42	7.39
1.60	22	0.730	112.96	154.83	5.65	7.74
1.80	24	0.726	122.68	168.91	6.13	8.45
2.00	32	0.673	143.11	212.59	7.16	10.63
2.20	34	0.670	151.36	225.87	7.57	11.29

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m ³)	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Tensione efficace (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
1.2	7.33	53.02	Incoerente	0	1.76	1.92	0.11	1.49	10.89	Limo argilloso e ciottoli
2.2	26.6	182	Incoerente	0	2.2	2.1	0.32	1.49	39.5	Ghiaia limosa sabbiosa

PROVA ... Nr.2

Strumento utilizzato...

Prova eseguita in data

Profondità prova

Falda non rilevata

Compac DPSH 75

07/05/2018

2.80 mt

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0.20	1	0.855	6.39	7.48	0.32	0.37
0.40	3	0.851	19.10	22.45	0.95	1.12
0.60	11	0.847	69.71	82.30	3.49	4.12
0.80	10	0.843	63.10	74.82	3.15	3.74
1.00	7	0.840	41.37	49.26	2.07	2.46
1.20	13	0.786	71.94	91.49	3.60	4.57
1.40	16	0.783	88.15	112.61	4.41	5.63
1.60	18	0.780	98.75	126.68	4.94	6.33
1.80	21	0.726	107.35	147.79	5.37	7.39
2.00	23	0.723	110.50	152.80	5.53	7.64
2.20	24	0.720	114.82	159.44	5.74	7.97
2.40	26	0.717	123.87	172.73	6.19	8.64
2.60	24	0.714	113.88	159.44	5.69	7.97
2.80	28	0.711	132.33	186.01	6.62	9.30

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm²)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m³)	Peso unità di volume saturo (t/m³)	Tensione efficace (Kg/cm²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
1.2	7.5	54.63	Incoerente	0	1.77	1.92	0.11	1.49	11.14	Limo argilloso e ciottoli
2.8	22.5	152.19	Incoerente	0	2.16	2.06	0.39	1.49	33.41	Giaia sabbiosa limosa

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2

TERRENI INCOERENTI I

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) Limo argilloso e ciottoli	11.14	0.00-1.20	11.14	Meyerhof 1957	78.06
Strato (2) Giaia sabbiosa limosa	33.41	1.20-2.80	33.41	Meyerhof 1957	100

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) Limo argilloso e ciottoli	11.14	0.00-1.20	11.14	Japanese National Railway	30.34
Strato (2) Giaia sabbiosa limosa	33.41	1.20-2.80	33.41	Japanese National Railway	37.02

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato (1) Limo argilloso e ciottoli	11.14	0.00-1.20	11.14	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	132.15
Strato (2) Giaia sabbiosa limosa	33.41	1.20-2.80	33.41	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	394.94

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato (1) Limo argilloso e ciottoli	11.14	0.00-1.20	11.14	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	50.35
Strato (2) Ghiaia sabbiosa limosa	33.41	1.20-2.80	33.41	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	96.09

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) Limo argilloso e ciottoli	11.14	0.00-1.20	11.14	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (2) Ghiaia sabbiosa limosa	33.41	1.20-2.80	33.41	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m ³)
Strato (1) Limo argilloso e ciottoli	11.14	0.00-1.20	11.14	Terzaghi-Peck 1948	1.49
Strato (2) Ghiaia sabbiosa limosa	33.41	1.20-2.80	33.41	Terzaghi-Peck 1948	1.73

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m ³)
Strato (1) Limo argilloso e ciottoli	11.14	0.00-1.20	11.14	Terzaghi-Peck 1948	1.93
Strato (2) Ghiaia sabbiosa limosa	33.41	1.20-2.80	33.41	Terzaghi-Peck 1948	2.08

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (1) Limo argilloso e ciottoli	11.14	0.00-1.20	11.14	(A.G.I.)	0.33
Strato (2) Ghiaia sabbiosa limosa	33.41	1.20-2.80	33.41	(A.G.I.)	0.29

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato (1) Limo argilloso e ciottoli	11.14	0.00-1.20	11.14	Ohsaki (Sabbie pulite)	626.59
Strato (2) Ghiaia sabbiosa limosa	33.41	1.20-2.80	33.41	Ohsaki (Sabbie pulite)	1759.37

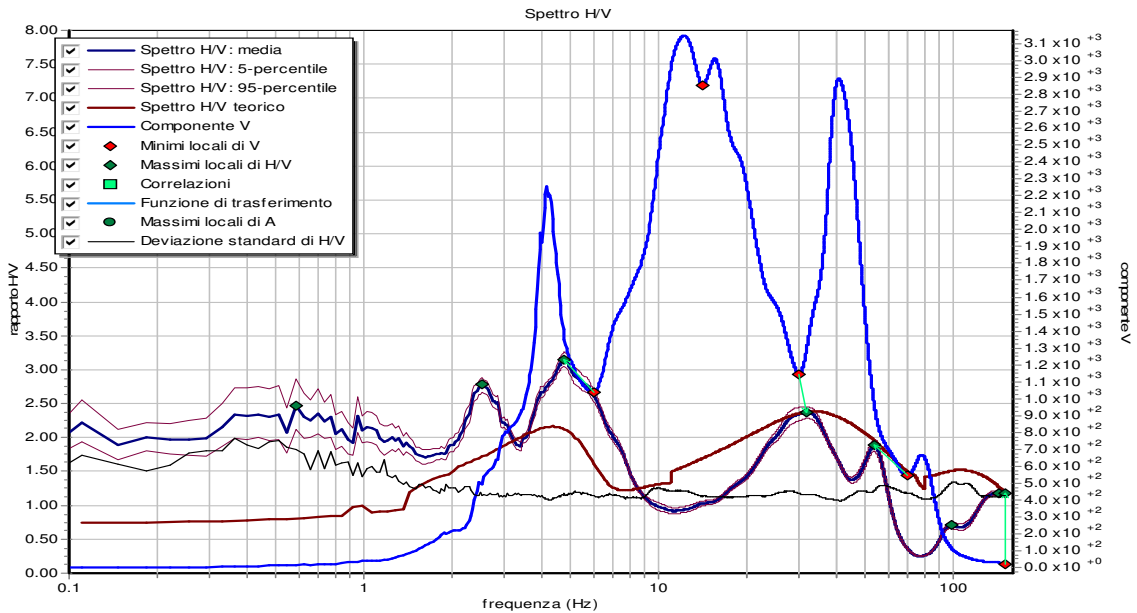
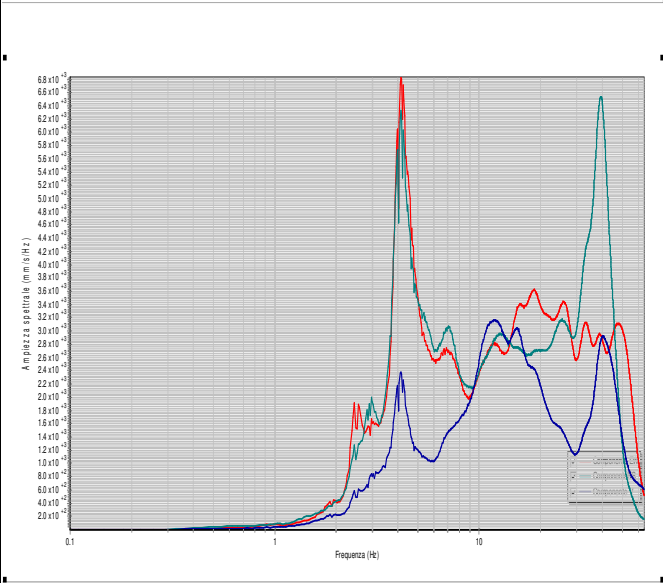
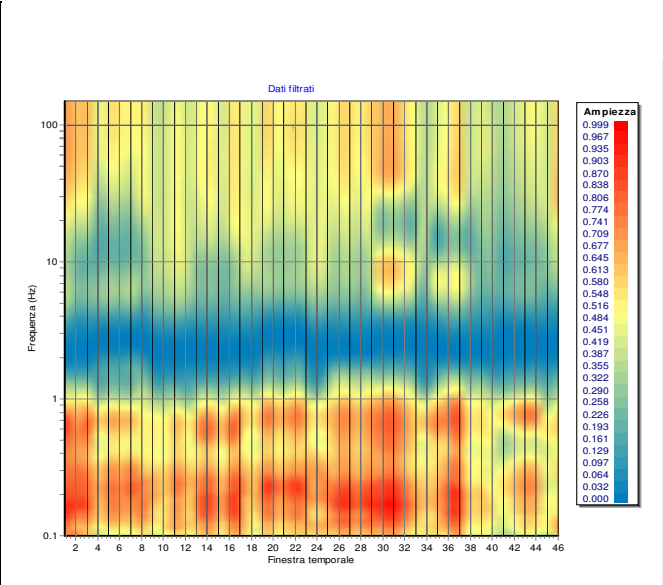
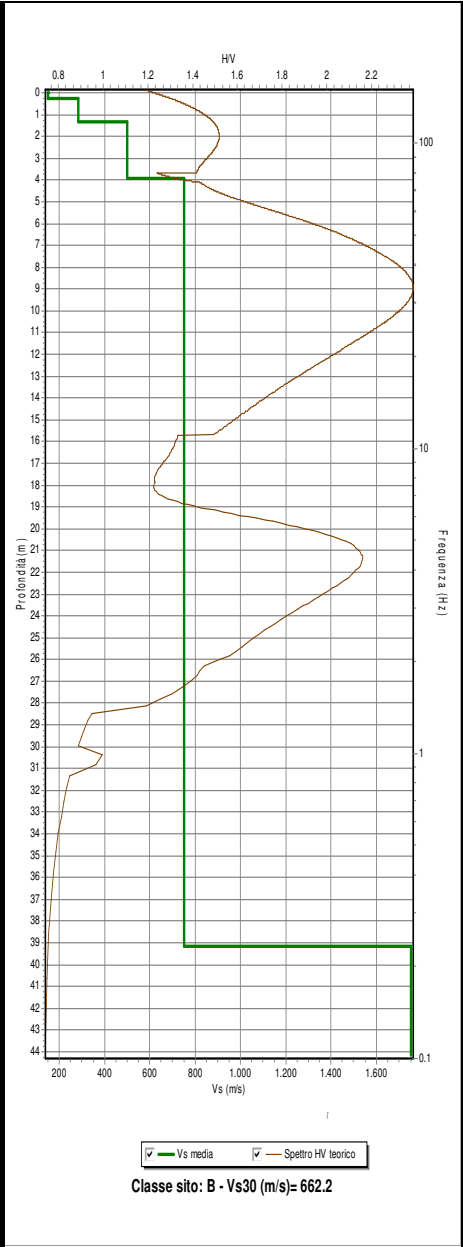
STRATIGRAFIA TERRENO - MODELLO STRATIGRAFICO GEOTECNICO CONCETTUALE CARATTERISTICO DI RIFERIMENTO - PROVA RAPPRESENTATIVA SCPT N° 2

DH: Spessore dello strato; Gam: Peso unità di volume; Gams: Peso unità di volume saturo; Fi: Angolo di attrito; Ficorr: Angolo di attrito corretto secondo Terzaghi; c: Coesione; c Corr: Coesione corretta secondo Terzaghi; Ey: Modulo Elastico; Ed: Modulo Edometrico; Ni: Poisson; Cv: Coeff. consolidaz. primaria; Cs: Coeff. consolidazione secondaria; cu: Coesione non drenata

Spessore strato [m]	Peso unità di volume [Kg/m ³]	Peso unità di volume saturo [Kg/m ³]	Angolo di attrito [°]	Coesione [Kg/cm ²]	Coesione non drenata [Kg/cm ²]	Modulo Elastico [Kg/cm ²]	Modulo Edometrico [Kg/cm ²]	Poisson	Descrizione
1.2	1491.85	1928.75	30.0	0.0	0.0	130.0	50.0	0.33	Limo argilloso e ciottoli
5.0	1728.84	2075.28	34.0	0.0	0.0	390.0	95.0	0.29	Ghiaia sabbiosa limosa

Riassunto interpretazione HVSR V1

N.	H(m)	Vs(m/s)
1	0.25	150
2	1.32	286
3	3.94	500
4	39.16	752
5	Oltre	1754



Parametri sismici

determinati con **GeoStru PS**

Le coordinate geografiche espresse in questo file sono in ED50

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii e fondazioni

Sito in esame.

latitudine: 45,697319 [°]

longitudine: 9,581515 [°]

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.

Vita nominale: 50 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Siti di riferimento.

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	11156	45,721070	9,556310	3287,1
Sito 2	11157	45,723370	9,627694	4609,5
Sito 3	11379	45,673420	9,630919	4668,0
Sito 4	11378	45,671130	9,559601	3373,2

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: B

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50 anni

Coefficiente cu: 1

	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	30	0,027	2,452	0,194
Danno (SLD)	63	50	0,035	2,491	0,211
Salvaguardia della vita (SLV)	10	475	0,097	2,438	0,273
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	975	0,128	2,453	0,280

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii e fondazioni

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,200	1,530	1,000	0,007	0,003	0,319	0,200
SLD	1,200	1,500	1,000	0,008	0,004	0,415	0,200
SLV	1,200	1,430	1,000	0,023	0,012	1,143	0,200
SLC	1,200	1,420	1,000	0,037	0,018	1,510	0,240

Verifiche geotecniche fondazioni continue di larghezza B = 0,7 m
Fondazioni posate a – 1,5 m da p.c. Incastro Df = 0,90 m
NTC 2018 – Zona Sismica 3 - Metodo SLU – Approccio 2 – Combinazione Unica (A1 + M1 + R3)

DATI GENERALI

Normativa	NTC 2018
Zona	3
Larghezza fondazione	0.7 m
Lunghezza fondazione	10.0 m
Profondità piano di posa	1.5 m
Altezza di incastro	0.9 m

SISMA

Accelerazione massima (ag/g)	0.038
Effetto sismico secondo	Paolucci e Pecker (1997)
Coefficiente sismico orizzontale	0.0076

STRATIGRAFIA TERRENO

Spessore strato [m]	Peso unità di volume [Kg/m³]	Peso unità di volume saturo [Kg/m³]	Angolo di attrito [°]	Coesione [Kg/cm²]	Coesione non drenata [Kg/cm²]	Modulo Elastico [Kg/cm²]	Modulo Edometrico [Kg/cm²]	Poisson	Coeff. consolidazione primaria [cmq/s]	Coeff. consolidazione secondaria	Descrizione
1.2	1491.85	1928.75	30.0	0.0	0.0	130.0	50.0	0.33	0.0	0.0	Limo argilloso e ciottoli
5.0	1728.84	2075.28	34.0	0.0	0.0	390.0	95.0	0.29	0.0	0.0	Ghiaia sabbiosa limosa

Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazione	Pressione normale di progetto [Kg/cm²]	N [Kg]	Mx [Kg·m]	My [Kg·m]	Hx [Kg]	Hy [Kg]	Tipo
1	A1+M1+R3	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
2	SISMA	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto
3	S.L.E.	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Servizio
4	S.L.D.	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Servizio

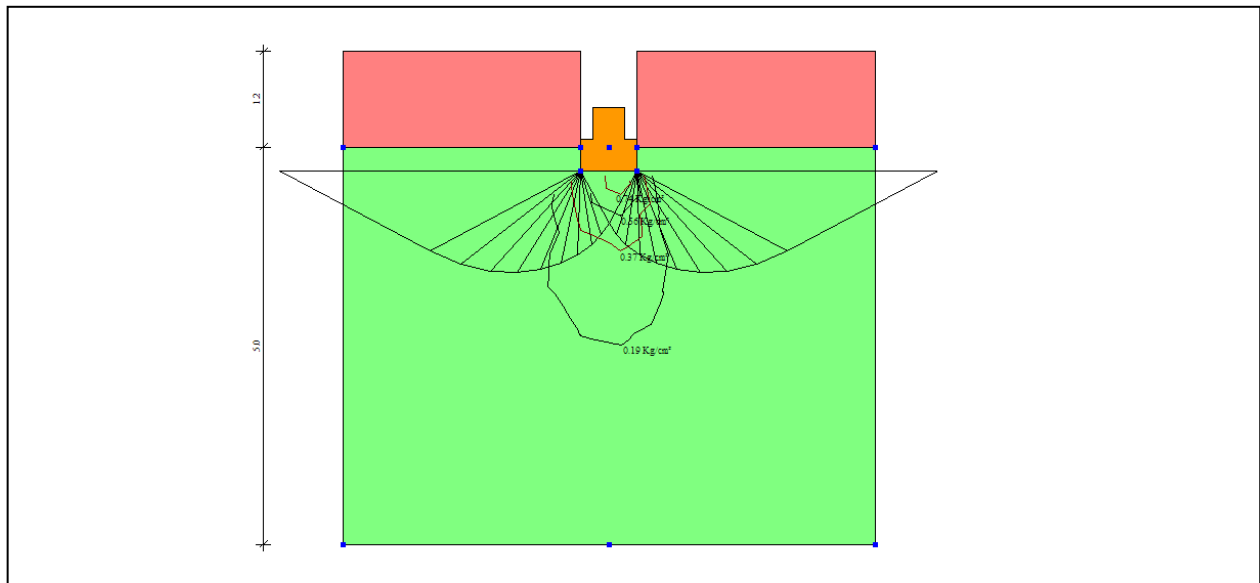
Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Correzione Sismica	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coesione efficace	Coesione non drenata	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume copertura	Coef. Rid. Capacità portante verticale	Coef. Rid. Capacità portante orizzontale
1	No	1	1	1	1	1	2.3	1.1
2	Si	1	1	1	1	1	2.3	1.1
3	No	1	1	1	1	1	1	1
4	No	1	1	1	1	1	1	1

Carico limite verticale

Nome combinazione	Autore	Carico limite [Qult] (Kg/cm ²)	Resistenza di progetto [Rd] (Kg/cm ²)	Tensione [Ed] (Kg/cm ²)	Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed]	Condizione di verifica [Ed<Rd]	Costante sottofondo (Kg/cm ³)
A1+M1+R3							
	HANSEN (1970)	7.35	3.19	2.00	3.67	Verificata	2.94
	TERZAGHI (1955)	7.40	3.22	2.00	3.7	Verificata	2.96
	MEYERHOF (1963)	8.69	3.78	2.00	4.35	Verificata	3.48
	VESIC (1975)	8.07	3.51	2.00	4.03	Verificata	3.23
	Brinch - Hansen 1970	7.88	3.43	2.00	3.94	Verificata	3.15
*	Meyerhof and Hanna (1978)	6.98	3.03	2.00	3.49	Verificata	3.15
SISMA							
	HANSEN (1970)	7.32	3.18	2.00	3.66	Verificata	2.93
	TERZAGHI (1955)	7.37	3.20	2.00	3.68	Verificata	2.95
	MEYERHOF (1963)	8.66	3.76	2.00	4.33	Verificata	3.46
	VESIC (1975)	8.04	3.49	2.00	4.02	Verificata	3.22
	Brinch - Hansen 1970	7.85	3.41	2.00	3.93	Verificata	3.14
	Meyerhof and Hanna (1978)	6.98	3.03	2.00	3.49	Verificata	3.14

Con * i valori più cautelativi di verifica



CEDIMENTI ELASTICI

Pressione normale di progetto	2.0 Kg/cm ²
Modulo Elastico	390.0 Kg/cm ²
Coefficiente di Poisson	0.29
Cedimento al centro della fondazione	2.39 mm



**DICHIARAZIONE / ASSEVERAZIONE DEL GEOLOGO
DI CONGRUITA' DEI CONTENUTI DELLA RELAZIONE GEOLOGICA AI REQUISITI RICHIESTI DAL PUNTO
6.2.1 DELLE N.T.C. DM 14/01/08 e/o DALLA D.G.R. IX 2616/2011**

Il sottoscrittoCristina.Iarabek.....
iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione...Lombardia.....n. AP...982..... incaricato in
data 28/04/18 da Geometra Panseri Roberto
per conto diParcos srl Costruzioni via Donizetti 109-111 Brembate Sopra 24030 (BG)
di redigere la relazione geologica relativa al seguente intervento
.....
.....nuovo edificio residenziale.....
.....
.....
eseguito in Comune di Ponte San Pietro..... LocalitàBergamo.....
Via Papa Giovanni XXIII ang. via S. Carlo Borromeo..... n°sn..... CAP24036.....
Comune Catastale Ponte San Pietro..... Foglio n. 2..... Mappale o Particella758.....

consapevole che in caso di dichiarazione mendace sarà punito ai sensi del Codice Penale secondo quanto prescritto dall'art. 76 del succitato D.P.R. 445/2000 e che, inoltre, qualora dal controllo effettuato emerga la non veridicità del contenuto di taluna delle dichiarazioni rese, decadranno i benefici conseguenti al provvedimento eventualmente emanato sulla base della dichiarazione non veritiera (art. 75 D.P.R. 445/2000),

DICHIARA

A. che la relazione geologica in oggetto è stata redatta ai sensi di:

- ☐ D.M. 14 gennaio 2008 (N.T.C. p.to 6.2.1)
- ☐ D.G.R. IX/2616 del 30 novembre 2011 e D.M. 14 gennaio 2008 (N.T.C. p.to 6.2.1)
- ☐ D.M. 14 gennaio 2008 (N.T.C. p.to 6.2.1), recependo quanto contenuto in una relazione geologica già depositata, redatta ai sensi della D.G.R. IX/2616 del 30 novembre 2011 per il rilascio del titolo abilitativo relativo all'intervento in questione

B. che, ai sensi dello studio geologico comunale redatto in attuazione dell'art. 57 comma 1 della L.R. 12/2005, le caratteristiche geologiche del sito di intervento sono:

1. SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE PSL 1 LIV – DGR IX 2616/2011 all. 5 p.to 2.1

- | | | |
|---|---|---|
| ☐ Z1 Instabilità dei versanti | ☐ Z2a Cedimenti | ☐ Z2b Liquefazione |
| ☐ Z3 Amplificazione topografica | ☒ Z4 Amplificazione Stratigrafica | |
| ☐ Z5 Comportamenti differenziali | ☐ Nessuno scenario | |

1.1 VERIFICA SISMICA DI SECONDO LIVELLO PSL 2 LIV – DGR IX 2616/2011 all. 5 p.to 2.2

- ☐ Fattore di amplificazione sismica calcolato (FAC) > Soglia comunale (FAS)*
- ☐ Fattore di amplificazione sismica calcolato (FAC) <= Soglia comunale (FAS)*
- ☐ Analisi di secondo livello non effettuata

* tenuto conto delle tolleranze ammesse nell'Allegato 5 della D.G.R. IX/2616/2011

2. CLASSE DI FATTIBILITA' GEOLOGICA – DGR IX 2616/2011 p.to 3.1

- ☐ 1 senza particolari limitazioni
- ☒ 2 con modeste limitazioni
- ☐ 3 con consistenti limitazioni
- ☐ 4 con gravi limitazioni

2.1 TIPO DI LIMITAZIONE ALLA FATTIBILITA' GEOLOGICA – DGR IX 2616/2011 p.to 3.2

- ☐ a) Instabilità dei versanti dal punto di vista statico
- ☐ b) Vulnerabilità idrogeologica
- ☐ c) Vulnerabilità idraulica
- ☐ d) Scadenti caratteristiche geotecniche
- ☐ nessuna particolare limitazione

DICHIARA INOLTRE

C. di aver seguito tutte le prescrizioni previsti dalle norme geologiche di piano vigenti riportate nel piano delle regole del PGT del Comune diPonte San Pietro.....

D. di aver eseguito ai sensi degli allegati alla DGR IX/2616 del 30 novembre 2011:

- ☐ Approfondimento relativo all'instabilità dei versanti dal punto di vista statico (App1)
- ☐ Approfondimento relativo alla vulnerabilità idrogeologica (App2)
- ☐ Approfondimento relativo alla vulnerabilità idraulica (App3)
- ☐ Approfondimento relativo alle scadenti caratteristiche geotecniche (App4)
- ☒ Approfondimento relativo agli aspetti sismici (App5), la cui tipologia e grado sono dettagliatamente descritte nelle successive schede
- ☐ Nessun particolare approfondimento

E. di aver redatto il modello geologico del sito sulla base di:

- ☒ indagini appositamente eseguite nel sito d'interesse o nel suo immediato intorno, del tipogeotecnico.(prove SCPT).e sismico.(HVSr).....
.....
.....
- ☐ indagini pregresse, la cui estendibilità al sito d'interesse è stata adeguatamente motivata in relazione, del tipo
.....
.....

F. di aver valutato i fenomeni di amplificazione sismica di tipo stratigrafico attraverso:

- ☐ analisi di risposta sismica locale
☒ procedura semplificata basata sulla definizione della seguente categoria di sottosuolo, di cui al punto 3.2.2 delle NTC, la cui applicabilità è stata adeguatamente motivata in relazione :

○ A ☒ B ○ C ○ D ○ E

mediante la seguente tipologia d'indaginesismica HVSR.....

la cui idoneità al caso specifico è stata adeguatamente motivata in relazione

G. di aver valutato i fenomeni di amplificazione sismica di tipo topografico attraverso:

- ☐ analisi di risposta sismica locale
☒ procedura semplificata basata sulla definizione della seguente categoria topografica, di cui al punto 3.2.2 delle NTC, la cui applicabilità è stata adeguatamente motivata in relazione:

☒ T1 ○ T2 ○ T3 ○ T4

mediante analisi morfologica condotta su base topografica a scala1:5000.....

la cui idoneità al caso specifico è stata adeguatamente motivata in relazione

H. di aver adeguatamente considerato la sicurezza nei confronti del fenomeno della liquefazione, mediante:

- ☒ esclusione della verifica (punto 7.11.3.4.2 NTC), opportunamente motivata in relazione
☐ verifica di stabilità (punto 7.11.3.4.3 NTC) mediante la seguente metodologia

I. che l'intervento previsto risulta fattibile e compatibile con l'assetto geologico del sito:

- ☐ senza esecuzione di opere e/o interventi specifici per la mitigazione del rischio
☒ previa esecuzione di opere e/o accorgimenti costruttivi da eseguirsi durante i lavori relativi all'intervento in oggetto
☐ previa esecuzione di specifiche opere e/o interventi per la mitigazione del rischio da eseguirsi prima dei lavori relativi all'intervento in oggetto; in relazione a questo si specifica che tali lavori:
☐ non sono stati eseguiti o sono stati eseguiti solo parzialmente
☐ sono stati eseguiti nel rispetto delle prescrizioni contenute nello studio specifico e con il quale risultano compatibili

ASSEVERA

ai sensi dell'art. 481 del Codice Penale la conformità di quanto eseguito ai fini della relazione in oggetto alla normativa nazionale e regionale vigente e la piena osservanza della relazione alle norme sismiche vigenti.

Dichiara infine di essere informato, ai sensi e per gli effetti di cui all'art. 10 della legge 675/96 che i dati personali raccolti saranno trattati, anche con strumenti informatici, esclusivamente nell'ambito del procedimento per il quale la presente dichiarazione viene resa.

Data 15 maggio 2018



Cristina Zucchi
(timbro e firma)

MODULO 9: Approfondimento 5 relativo agli aspetti sismici (App5) – INSTABILITA’

Nel caso di scenari PSL di tipo Z1a, Z1b e Z1c (Tabella 1 p.to 2.1 Allegato 5 D.G.R. IX/2616) per tipologia di frane in terra

	1° grado	2° grado	3° grado
Conoscenze minime obbligatorie al 1° grado di approfondimento	☐ Modello geologico del sito ☐ Classificazione USCS dei materiali ☐ Modello geotecnico del sito		
Verifiche e modellazioni al 1° grado di approfondimento	☐ Analisi all’equilibrio limite in condizioni statiche (FS) e pseudo-statiche (FS _{PS})		
Risultati al 1° grado di approfondimento	☐ FS _{PS} ≥ 1.3 Fine approfondimento SITO STABILE	☐ 1.1 ≤ FS _{PS} < 1.3 Obbligo del 2° grado di approfondimento	☐ FS _{PS} < 1.1 Obbligo del 3° grado di approfondimento
Indagini integrative minime obbligatorie al 2° grado di approfondimento		☐ Prove in sito per determinazione indiretta dei parametri di resistenza	
Verifiche e modellazioni al 2° grado di approfondimento		☐ Stima dello spostamento atteso mediante relazioni empiriche disponibili in letteratura opportunamente scelte e motivate	
Risultati al 2° grado di approfondimento		☐ Spostamento ≤ 2 cm Fine approfondimento SITO STABILE	☐ Spostamento > 2 cm Obbligo del 3° grado di approfondimento
Indagini integrative minime obbligatorie al 3° grado di approfondimento			☐ Rilievo topografico di dettaglio ☐ Indagine di sismica rifrazione ☐ Indagini in sito di tipo diretto tramite sondaggio/i a carotaggio continuo ☐ Prove in foro ☐ Prove di laboratorio su campioni indisturbati
Verifiche e modellazioni al 3° grado di approfondimento			☐ Analisi dinamiche semplificate (metodo degli spostamenti)
Risultati al 3° grado di approfondimento			☐ Spostamento ≤ 5 cm Fine approfondimento SITO STABILE ☐ Spostamento > 5 e ≤ 15 cm Verifica DI AMMISSIBILITA’ DELLO SPOSTAMENTO ☐ Spostamento > 15 cm OPERE DI SISTEMAZIONE E MITIGAZIONE DEL RISCHIO
☐ Eventuali verifiche di stabilità con metodi avanzati di analisi dinamica (da non intendere come sostitutivi dei metodi precedenti)			

MODULO 9: Approfondimento 5 relativo agli aspetti sismici (App5) – AMPLIFICAZIONE

Nel caso di scenari PSL di tipo Z3, Z4 e relativi sottotipi (Tabella 1 p.to 2.1 Allegato 5 D.G.R. IX/2616), qualora l'analisi sismica di II° livello non fosse stata eseguita nel sito d'indagine, sebbene obbligatoria, o fosse stata eseguita ma il fattore di amplificazione sismica calcolato (FAC) risulti maggiore del valore di soglia comunale (FAS), *previo specifica tolleranza ammessa dalla normativa regionale (Allegato 5 D.G.R. IX/2616); tali approfondimenti saranno da prevedere anche nel caso dello scenario PSL di tipo Z5 (Tabella 1 p.to 2.1 Allegato 5 D.G.R. IX/2616)

	1° grado	2° grado	3° grado
Conoscenze minime obbligatorie al 1° grado di approfondimento	✓ Modello sismo-stratigrafico del sito		
Verifiche e modellazioni al 1° grado di approfondimento	✓ Analisi di II° livello ai sensi dell'Allegato 5 DGR IX/2616 applicata al sito oggetto di intervento, previa verifica dei requisiti di applicabilità, ovvero: 1- Assenza di fenomeni 2D legati alla risonanza di bacino 2- Assenza di inversioni di velocità significative 3- Contrasti di impedenza sismica < 3 4- Valori di $V_{SH} > 250$ m/s		
Risultati al 1° grado di approfondimento	✓ $FAC \leq FAS^*$ Fine approfondimento Compatibilità energetica del metodo semplificato proposto dalle NTC con i fenomeni attesi al sito: utilizzo della Cat. Sottosuolo corrispondente al V_{S30} misurato ☐ $FAC > FAS^*$ Fine approfondimento Non compatibilità energetica del metodo semplificato proposto dalle NTC con i fenomeni attesi al sito: utilizzo della Cat. Sottosuolo superiore a quella corrispondente al V_{S30} misurato	☐ $FAC > FAS^*$ Nel caso non siano disponibili schede di II° livello valide per la situazione investigata o nel caso si voglia aumentare il grado di accuratezza delle previsioni 2° grado di approfondimento	☐ Non applicabilità dell'analisi di II° livello Obbligo del 3° grado di approfondimento Oppure nel caso ☐ $FAC > FAS^*$ e nel caso si scelga di NON utilizzare la Categoria di Sottosuolo superiore a quella corrispondente al V_{S30} misurato 3° grado di approfondimento
Indagini integrative minime obbligatorie al 2° grado di approfondimento		☐ Indagine sismica di tipo MASW e/o rifrazione onde SH	
Verifiche e modellazioni al 2° grado di approfondimento		☐ Verifica ed integrazione del modello geofisico del sottosuolo e analisi numeriche, utilizzando gli accelerogrammi di input regionali e calcolo di FAC	
Risultati al 2° grado di approfondimento		☐ $FAC \leq FAS^*$ Fine approfondimento Compatibilità energetica del metodo semplificato proposto dalle NTC con i fenomeni attesi al sito: utilizzo della Cat. Sottosuolo corrispondente al V_{S30} misurato ☐ $FAC > FAS^*$ Fine approfondimento Non compatibilità energetica del metodo semplificato proposto dalle NTC con i fenomeni attesi al sito: utilizzo della Cat. Sottosuolo superiore a quella corrispondente al V_{S30} misurato	Nel caso ☐ $FAC > FAS^*$ e nel caso si scelga di NON utilizzare la Categoria di Sottosuolo superiore a quella corrispondente al V_{S30} misurato 3° grado di approfondimento
Indagini integrative minime obbligatorie al 3° grado di approfondimento			☐ Indagine di sismica superficiale combinata con più tecniche, compreso ARRAY2D con velocimetri ad acquisizione sincrona nei casi di substrato rigido posto a profondità maggiori di 20-30 m
Verifiche e modellazioni al 3° grado di approfondimento			☐ Analisi di risposta sismica locale con sets accelerometrici di input opportunamente selezionati (almeno due gruppi ciascuno da 7 accelerogrammi per SLV e SLD)
Risultati al 3° grado di approfondimento			☐ Spettri di risposta elastici e/o accelerogrammi calcolati al piano di fondazione Fine approfondimento

MODULO 9: Approfondimento 5 relativo agli aspetti sismici (App5) – LIQUEFAZIONE

Nel caso di scenari PSL di tipo Z2b (Tabella 1 p.to 2.1 Allegato 5 D.G.R. IX/2616) soggetti a fenomeni di liquefazione

	1° grado	2° grado	3° grado
Conoscenze minime obbligatorie al 1° grado di approfondimento	☐ Valore di Magnitudo massima attesa ☐ Valore di a_{max} in superficie ☐ Soggiacenza della falda ☐ Curva granulometrica e valori di resistenza penetrometrica normalizzata negli orizzonti non coesivi saturi presenti entro il volume significativo di sottosuolo		
Verifiche e modellazioni al 1° grado di approfondimento	☐ Valutazione dei requisiti per l'esclusione della verifica di sicurezza alla liquefazione		
Risultati al 1° grado di approfondimento	☐ Assenza dei fattori scatenanti e/o predisponenti Fine approfondimento SITO STABILE	☐ Presenza dei fattori scatenanti e predisponenti Obbligo del 2° grado di approfondimento	
Indagini integrative minime obbligatorie al 2° grado di approfondimento		☐ Prove in sito per la determinazione indiretta del parametro di resistenza ciclica CRR ☐ Determinazione sperimentale della frazione di fine FC alle profondità di analisi	
Verifiche e modellazioni al 2° grado di approfondimento		☐ Stima del coefficiente di sicurezza alla liquefazione (FL) tramite applicazione puntuale di metodi storico-empirici ad almeno 3 diverse profondità ritenute significative	
Risultati al 2° grado di approfondimento		☐ $FL \geq 1.0$ (per tutti i punti d'analisi) Fine approfondimento SITO STABILE	☐ $FL < 1.0$ (per almeno un punto d'analisi) Obbligo del 3° grado di approfondimento
Indagini integrative minime obbligatorie al 3° grado di approfondimento			☐ Prove penetrometriche statiche con punta elettrica (CPTe) o piezocono (CPTu)
Verifiche e modellazioni al 3° grado di approfondimento			☐ Stima dell'andamento del coefficiente di sicurezza alla liquefazione con la profondità tramite applicazione di metodi storico-empirici e calcolo del potenziale di liquefazione I_L valido per una profondità critica almeno pari al volume significativo di sottosuolo
Risultati al 3° grado di approfondimento			☐ $I_L \leq 2.0$ Fine approfondimento SITO STABILE ☐ $2.0 < I_L \leq 5.0$ Verifica DI AMMISSIBILITA' DEL CEDIMENTO ATTESO STIMATO ☐ $I_L > 5.0$ OPERE DI SISTEMAZIONE E MITIGAZIONE DEL RISCHIO
☐ Eventuali verifiche di sicurezza con metodi avanzati di analisi dinamica (da non intendere come sostitutivi dei metodi precedenti)			



Regione
Lombardia

MODULO 10

**DICHIARAZIONE / ASSEVERAZIONE DELL'ESTENSORE DELLA RELAZIONE GEOTECNICA DI
CONGRUITA' DEI CONTENUTI DELLA RELAZIONE GEOTECNICA AI REQUISITI RICHIESTI DAL
PUNTO 6.2.2 DELLE N.T.C. DM 14/01/08**

Il sottoscritto Cristina Iarabek
iscritto all'Ordine dei Geologi della Lombardia n° 982....., incaricato in data 28/04/18
da Geometra Panseri Roberto
per conto di Parcos srl Costruzioni via Donizetti 109 -111 Brembate Sopra 24030 (BG).....
di redigere la relazione geotecnica relativa al seguente intervento

..... nuovo edificio residenziale

.....
eseguito in Comune di Ponte San Pietro..... Località Bergamo.....
Via Papa Giovanni XXIII ang. via S. Carlo Borromeo n° sn..... CAP 24036.....
Comune Catastale Ponte San Pietro Foglio n. 2 Mappale o Particella 756.....

consapevole che in caso di dichiarazione mendace sarà punito ai sensi del Codice Penale secondo quanto prescritto dall'art. 76 del succitato D.P.R. 445/2000 e che, inoltre, qualora dal controllo effettuato emerga la non veridicità del contenuto di taluna delle dichiarazioni rese, decadranno i benefici conseguenti al provvedimento eventualmente emanato sulla base della dichiarazione non veritiera (art. 75 D.P.R. 445/2000),

DICHIARA

- A. di aver fatto riferimento al modello geologico desunto da specifica relazione a firma del Geologo Cristina Iarabek
- B. di aver redatto il modello geotecnico del sito considerando un volume significativo di terreno compatibile con le caratteristiche dell'intervento e la natura e caratteristiche del sottosuolo
- C. di aver considerato nei relativi calcoli geotecnici l'effetto delle azioni sismiche attese, tenendo adeguatamente in considerazione:
1. gli effetti di amplificazione stratigrafica, attraverso:
 - ☐ analisi di risposta sismica locale
 - ☒ procedura semplificata basata sulla definizione della seguente categoria di sottosuolo (punto 3.2.2 delle NTC2008):
 - ☐ A
 - ☐ B
 - ☐ C
 - ☐ D
 - ☐ E

2. gli effetti di amplificazione topografica, attraverso:

☐ analisi di risposta sismica locale

☒ procedura semplificata basata sulla definizione della seguente categoria topografica (punto 3.2.2 delle NTC2008):

☒ T1

☐ T2

☐ T3

☐ T4

D. di aver adeguatamente tenuto in considerazione i risultati della verifica di sicurezza del terreno di fondazione nei confronti della liquefazione

E. di aver individuato i seguenti parametri geotecnici caratteristici:

peso dell'unità di volume: 1728 kg/mc.....

angolo di resistenza al taglio: 34°.....

coesione efficace:

coesione non drenata:

F. di aver eseguito i calcoli geotecnici:

☐ in condizioni drenate

☒ in condizioni non drenate

G. di avere redatto la presente relazione conformemente a quanto previsto dalle norme tecniche per le costruzioni di cui al DM 14-01-2008

ASSEVERA

ai sensi dell'art. 481 del Codice Penale la conformità di quanto eseguito ai fini della relazione in oggetto alla normativa nazionale vigente e la piena osservanza della relazione alle norme sismiche vigenti e delle relative istruzioni applicative.

Dichiara infine di essere informato, ai sensi e per gli effetti di cui all'art. 10 della legge 675/96 che i dati personali raccolti saranno trattati, anche con strumenti informatici, esclusivamente nell'ambito del procedimento per il quale la presente dichiarazione viene resa.

L'ESTENSORE DELLA RELAZIONE GEOTECNICA



Crystina Iarabek

(timbro e firma)