



Provincia di  
Brescia



Regione  
Lombardia



Comune di  
Cazzago San  
Martino

*OGGETTO: Opere di manutenzione ordinaria,  
straordinaria e di mitigazione del rischio idraulico  
lungo l'asta del Longherone nel territorio del  
Comune di Cazzago San Martino*

## PROGETTO ESECUTIVO

CIG: Z6B1B77F28

DOCUMENTO:

**Doc\_02**

DATA:

Ottobre 2019

RELAZIONE GEOLOGICA

IL R.U.P.:

IL PROGETTISTA:

Dott. Ing. Luca Campana  
via Achille Papa, 36  
25128 Brescia (BS)  
tel. 030/2005886  
e-mail: campana@studiocrb.it

COMPONENTE GEOLOGICA:

Dott. Geol. Luca Maffeo Albertelli  
Sede legale: via Manifattura 29/G  
25047 Darfo B.T.(BS)  
tel. 035/4340011  
e-mail: luca@cogeo.info

## INDICE

<b>PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>INQUADRAMENTO .....</b>	<b>4</b>
OPERE PREVISTE .....	5
<b>FASE DI INDAGINE.....</b>	<b>6</b>
ASPETTI GEOLOGICI GENERALI.....	6
ASPETTI GEOMORFOLOGICI .....	8
ASPETTI IDROGEOLOGICI.....	9
<b>INDAGINI ESEGUITE .....</b>	<b>12</b>
<b>FASE DI ELABORAZIONE INTERPRETAZIONE DATI .....</b>	<b>13</b>
RISCHI GEOLOGICI NATURALI E INDOTTI.....	13
VINCOLI .....	15
CARATTERI SISMICI DEL SITO .....	18
PARAMETRI TECNICI (SCPT).....	24
<b>FASE DI SINTESI.....</b>	<b>25</b>
MODELLO GEOLOGICO SEMPLIFICATO .....	25
INDICAZIONI PROGETTUALI.....	26

### **Allegati alla relazione:**

#### **01 – Report indagini penetrometriche DPSH**

## PREMESSA

La presente relazione GEOLOGICA è stata commissionata alla scrivente società, dall'Ing. Luca Campana, relativamente all'intervento di manutenzione ordinaria, straordinaria e mitigazione del rischio, lungo il Torrente Longherone, in Comune di Cazzago San Martino.

Il progetto prevede una serie di opere idrauliche poco impattanti, volte alla mitigazione delle condizioni di rischio idraulico del corso d'acqua, che in occasione di temporali forti, sempre più frequenti, comporta continui allagamenti delle aree agricole e dell'area di abitato in prossimità della stazione ferroviaria delle Ferrovie Nord, Linea Brescia-Iseo-Edolo.

La presente relazione geologica ha lo scopo di definire i caratteri geologici, geomorfologici ed idrogeologici delle aree interessate dagli interventi, secondo quanto contenuto nella normativa vigente, con particolare riferimento a:

- O.P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".
- O.P.C.M. 28.04.2006 N°3519 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone"
- D.M. 18 gennaio 2018 Norme tecniche per costruzioni e relativa circolare esplicativa.
- D.G.R. 11 luglio 2014 n.2129 "aggiornamento delle zone sismiche di Regione Lombardia"

In riferimento alla normativa sopra richiamata, il presente documento analizza gli aspetti geologici finalizzati all'individuazione del modello geologico di sito, secondo quanto specificato nelle NTC 2018 § 6.2.1 e § 6.2.1 della Circolare esplicativa.

La relazione analizza inoltre gli aspetti sismici del sito di costruzione in larga massima poiché non vi sono opere strutturali in c.a., che possono subire effetti gravosi in caso di sisma.

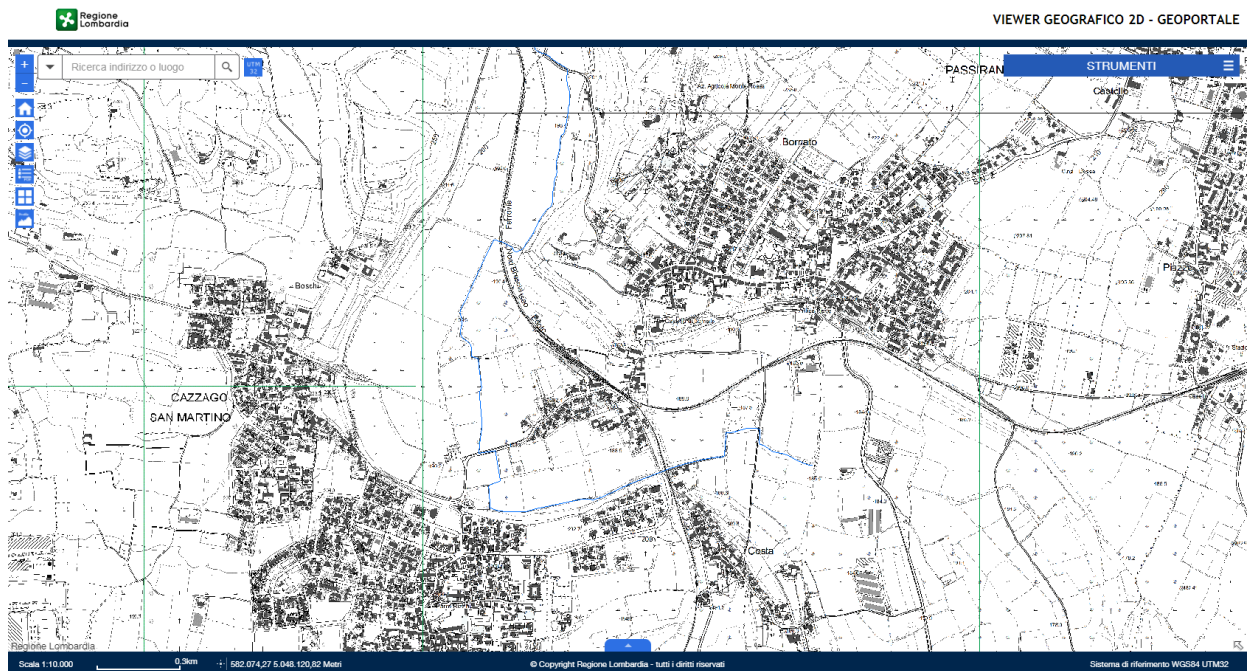
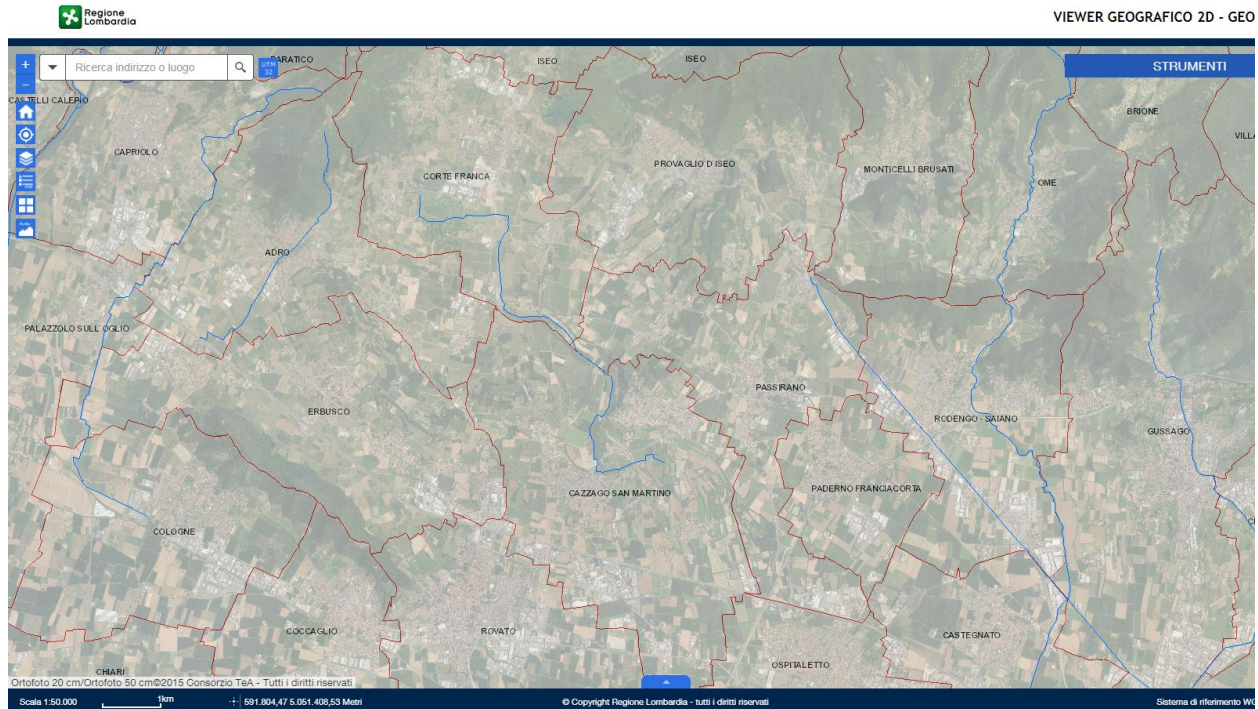
Per la stesura del presente documento, sono state eseguite n°2 prove penetrometriche in sito che, con l'appoggio di dati desunti dalla bibliografia, hanno permesso di determinare la natura e la conformazione del territorio.

La relazione si compone di una serie di documenti a corredo, che sono allegati al presente documento.

## INQUADRAMENTO

L'intervento si colloca in Comune di Cazzago San Martino, nella parte a nord del centro edificato, al confine con il Comune di Corte Franca e tra le due località di Bornato e Calino, per poi interessare la parte di territorio a sud della località Calino.

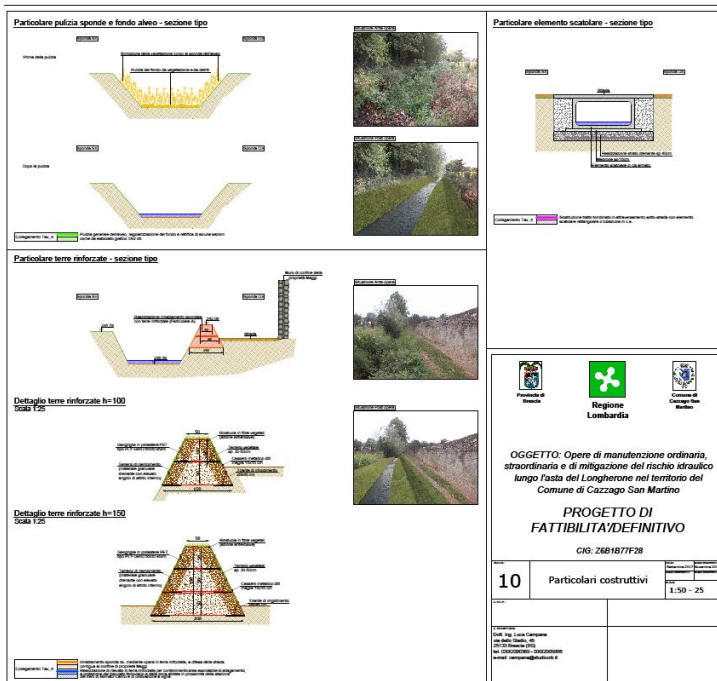
Si tratta del corso d'acqua del Torrente Longherone, inserito nel reticolo Principale di Regione Lombardia.



Stralcio dell'area di indagine tratta dal Geoportale della Regione Lombardia.

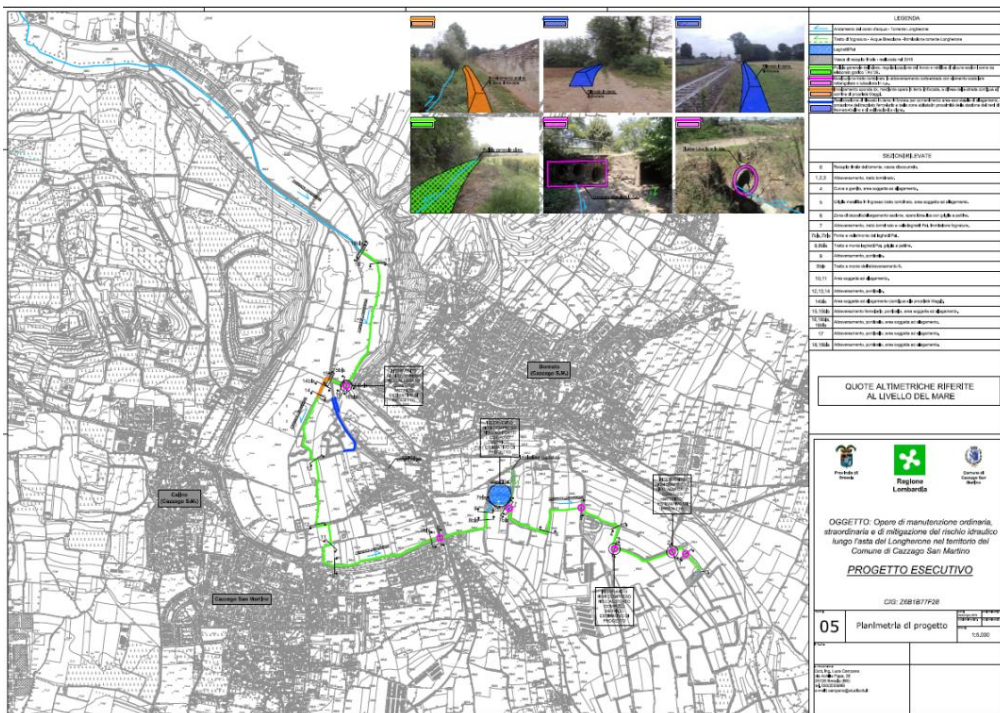


## Opere previste



Come già descritto in premessa, l'intervento consiste in opere di poco impatto, consistenti in regolazioni del profilo del corso d'acqua, con pulizia del materiale depositato nel corso del tempo e taglio della vegetazione. Sono inoltre previste altre opere di mitigazione del rischio esondazione, consistenti nella realizzazione di un piccolo argine di protezione della ferrovia e di parte dell'abitato a sud della località Bornato.

Sono stati poi rilevati una serie di attraversamenti idraulici gravemente insufficienti, che verranno in parte adeguati in sezione di deflusso, senza stravolgere la condizione di deflusso idrico generale. Verrà infatti mantenuto



valido il concetto di mantenere la possibilità di laminazione della portata di piena, tramite esondazione in aree compatibili, in modo che la portata di piena non sia semplicemente trasferita a valle, andando quindi ad aggravare le condizioni dei successivi tratti del

torrente.

Di fatto il rischio idraulico connesso alla possibile esondazione del corso d'acqua è da considerarsi basso, poiché sia i battenti che le velocità dimostrate nello studio idraulico, così come, e soprattutto, la destinazione delle aree (per lo più agricole) comportano un rischio basso. L'opera più rilevante, dal punto di vista idraulico, è il piccolo rilevato a protezione della Linea Ferroviaria Brescia-Iseo-Edolo e di parte dell'abitato di Bornato.

Sopra è riportato uno stralcio delle tavole progettuali dell'Ing. Luca Campana.

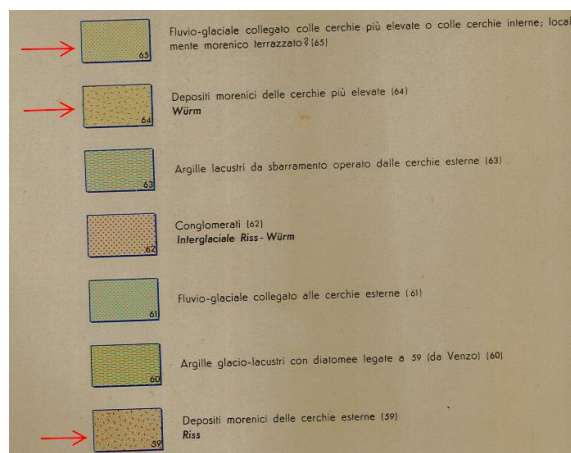


## FASE DI INDAGINE

### Aspetti geologici generali

Dal punto di vista geologico, il territorio del Comune di Cazzago San Martino è stato condizionato, nel tempo, dall'evoluzione glaciale, che ha portato al deposito dei sedimenti glaciali e fluvio-glaciali come risultato del processo di avanzamento e ritiro dell'importante ghiacciaio della Valle Camonica, in età medio-pleistocenica.

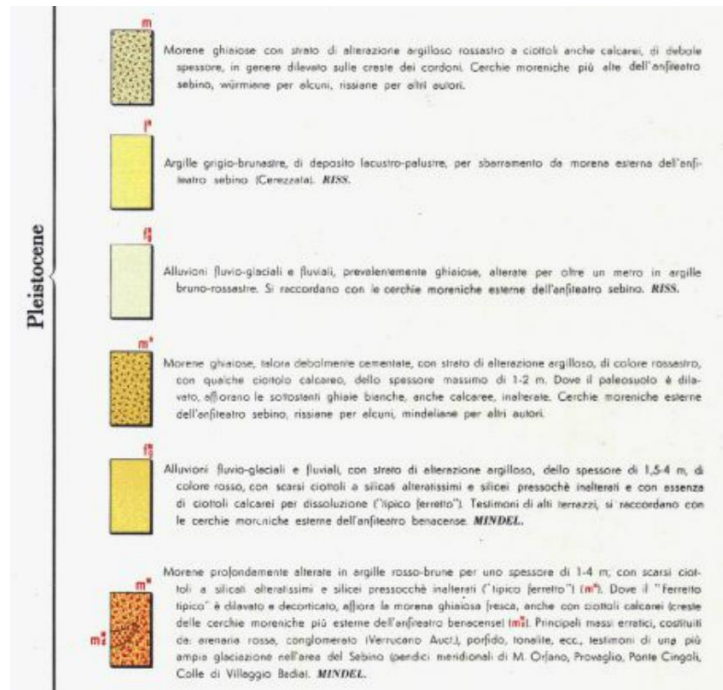
Nella fase di avanzamento glaciale, il fronte arrivava sino alla pianura trasportando, nel suo movimento, ingenti quantità di detriti, accumulati in posto a formare i cordoni morenici frontali (evidenti immediatamente a sud del Sebino) che sono rimasti come testimonianza delle varie fasi di avanzamento e ritiro glaciale. Le successive fasi di evoluzione hanno poi portato alla formazione di depositi fluvio-glaciali, generati dal rimaneggiamento, ad opera dei corsi d'acqua, dei depositi messi in posto dai ghiacciai. Questi depositi fluvio-glaciali sono stati poi sovraincisi dalle erosioni fluviali più



*Stralcio della carta geologica*

*al 50.000 – non in scala. Con freccia rossa le formazioni nell'area di interesse.*





Stralcio Carta Geologica Foglio 47 Brescia-non in scala

recenti, che hanno depositato altri sedimenti e modificato le forme preesistenti, incidendole e formando scarpate e colline che, oggi, caratterizzano in maniera così particolare questa zona e, nell'insieme, l'area della Franciacorta. Si tratta quindi di terreni comunque eterogenei, in cui si possono osservare termini ghiaiosi, con buone caratteristiche tecniche, appaiati a livelli fini sabbiosi – limosi, in genere più scadenti, soprattutto in superficie, dove sono presenti suoli e livelli di alterazione superficiale argillitici.



Ai fini della caratterizzazione degli aspetti geologici per l'intervento in esame, non si rilevano elementi di particolare criticità, vista la modesta entità degli interventi e la bassa interferenza con i terreni, essendo modesti gli scavi e modesti i carichi di esercizio. Sono comunque state eseguite due prove penetrometriche dinamiche, per meglio descrivere le caratteristiche del sito.

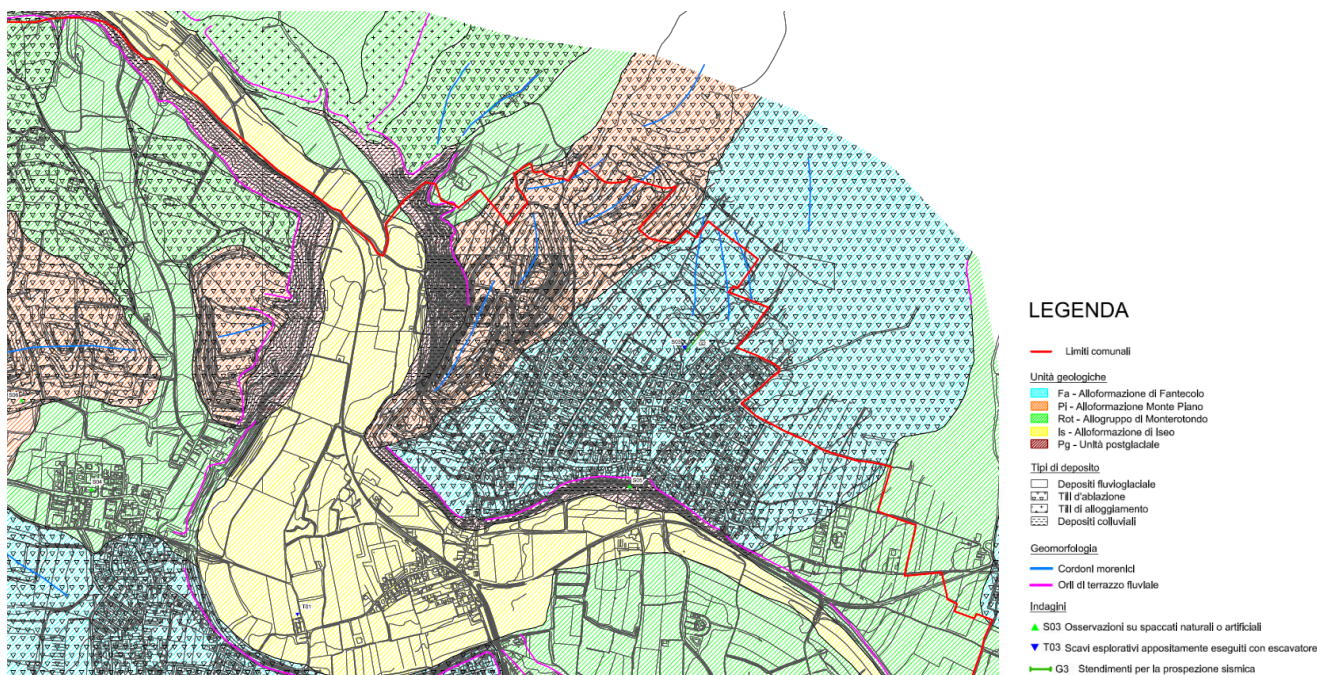
## Aspetti geomorfologici

Il Torrente Longherone nasce dalle colline di Corte Franca e si alimenta con una serie di aste minori e fossi che dipartono dal vasto territorio di circa 30 Km<sup>2</sup> che rappresenta il bacino idrografico di alimentazione.

Morfologicamente, l'area di influenza dei depositi fluvioglaciali e fluviali, che seguono l'area depressa entro cui scorre il Longherone, è modellata dall'azione di erosione che nella parte alta del bacino è presente in forma minore, mentre in prossimità dell'abitato di Cazzago San Martino è più evidente e accentuata, mentre le colline e le zone di alto morfologico sono state sede della formazione dei due agglomerati urbani di Bornato e di Calino.

Si tratta di forme antiche con ridotti indici di instabilità, poiché sono connesse a un processo antico di erosione fluviale di sponda, che ha modellato le scarpate attualmente in buona parte coltivate e interessate dall'azione dell'uomo. Possono verificarsi piccoli franamenti localizzati, ma in generale si può assumere che dal punto di vista morfologico non siano presenti forme attive legate al corso d'acqua.

La pendenza dell'asta del Longherone è molto bassa, e anche in questo caso l'effetto di erosione, sia laterale che di sponda, è poco significativo se non nullo e, semmai, si determina l'effetto opposto di deposizione e continuo accumulo di detrito e arbusti nelle sezioni di deflusso. Il progetto mira proprio alla pulizia e manutenzione delle sezioni di deflusso idraulico.

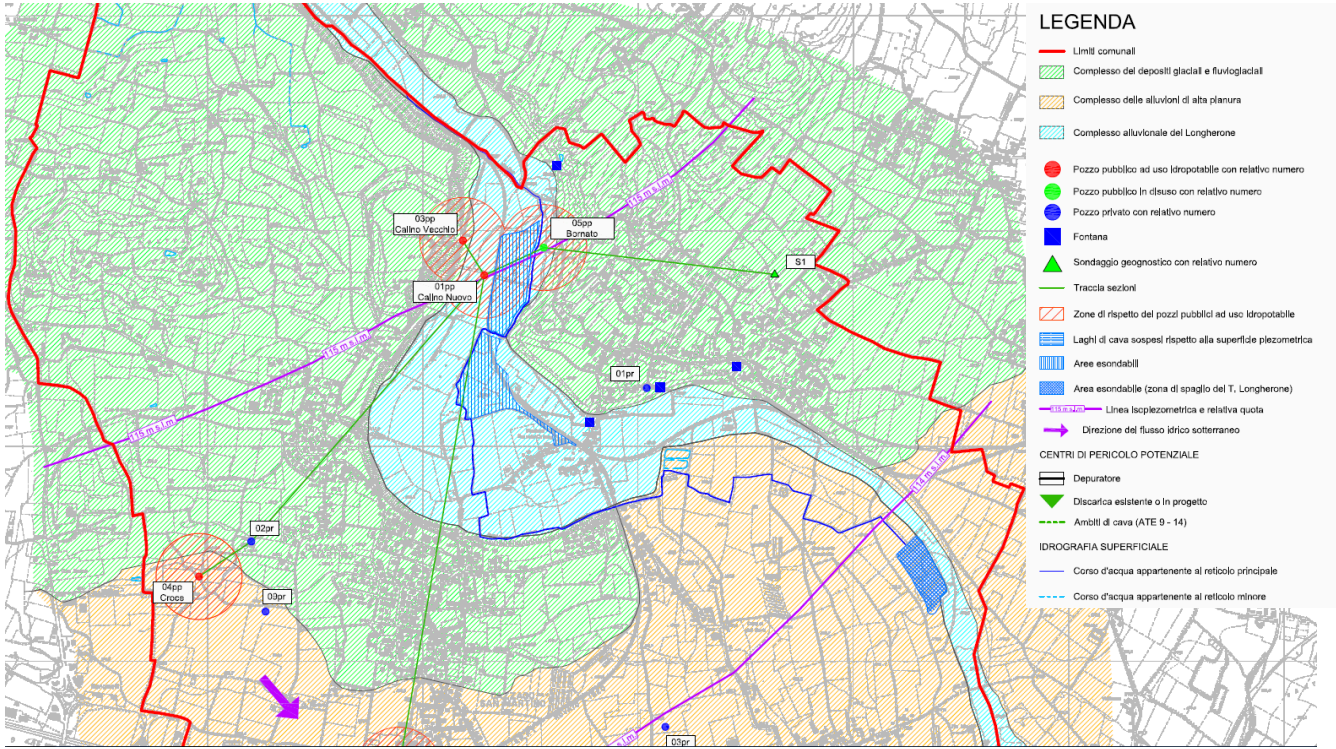




## Aspetti idrogeologici

Per l'analisi degli aspetti idrogeologici dell'area si è fatto riferimento ai dati esistenti dello studio geologico comunale (riportato nel PGT), dove sono riportate le stratigrafie di alcuni pozzi idrici di seguito riportate. Da tutte le stratigrafie disponibili, la falda risulta molto profonda, oltre gli 80 m, e quindi l'interferenza con l'intervento in progetto è nulla.

Di seguito uno stralcio della carta Idrogeologica desunto dallo studio geologico comunale a firma del Geol. Alessandro Uggeri e Geol. Davide Fantoni.



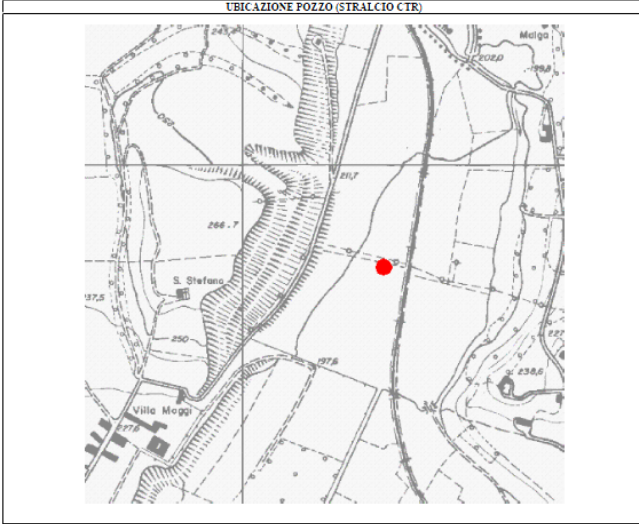
3 - STRATIGRAFIA

SCHEDE PER IL CENSIMENTO DEI POZZI

1 - DATI IDENTIFICATIVI

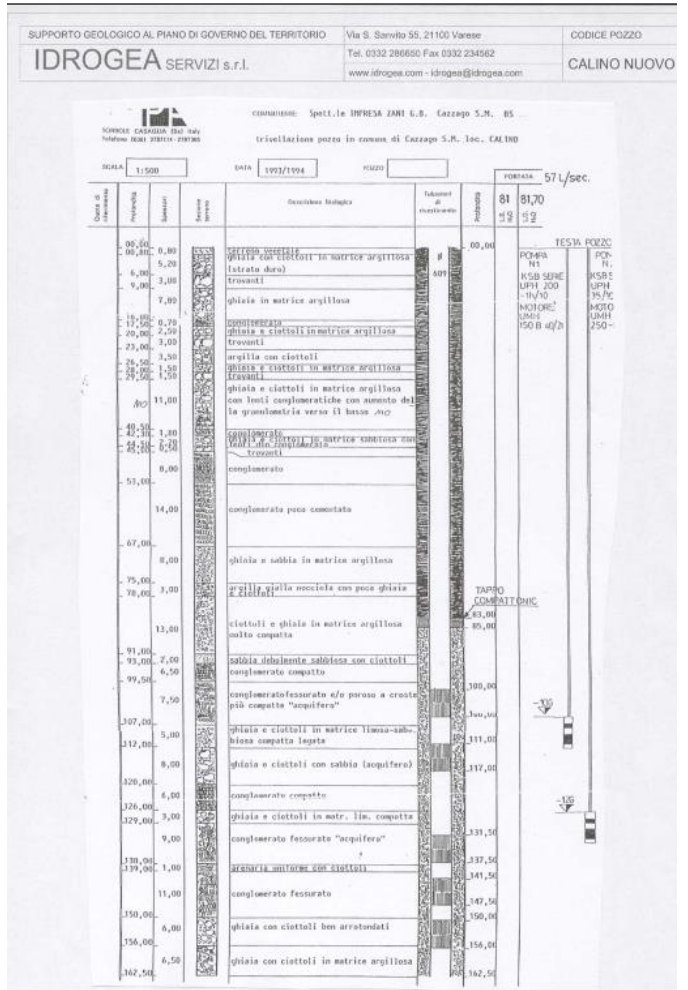
N° di riferimento e denominazione		CALINO NUOVO	
Località		CALINO	
Comune		CAZZAGO SAN MARTINO	
Provincia		BRESCIA	
Sezione CTR		D5A4, D5A5	
Coordinate chilometriche Gauss Boaga (da CTR)		Latitudine	1591831.817
		Longitudine	5048358.473
Quota (m s.l.m.)		201.8	
Profondità (m da p.c.)		162.5	

UBICAZIONE POZZO (STRALCIO CTR)



2 - DATI CARATTERISTICI DELL'OPERA

Proprietario	Amministrazione comunale di Cazzago San Martino
Ditta Esecutrice	
Anno	1993/1994
Stato	
Attivo	X
Disuso (2)	
Cementato	
Altro	
Tipologia utilizzo (3)	Pubblico - pozzo idropotabile
Portata estratta (m³/a e lt/sec)	1797552 m³/a - 57 lt/s





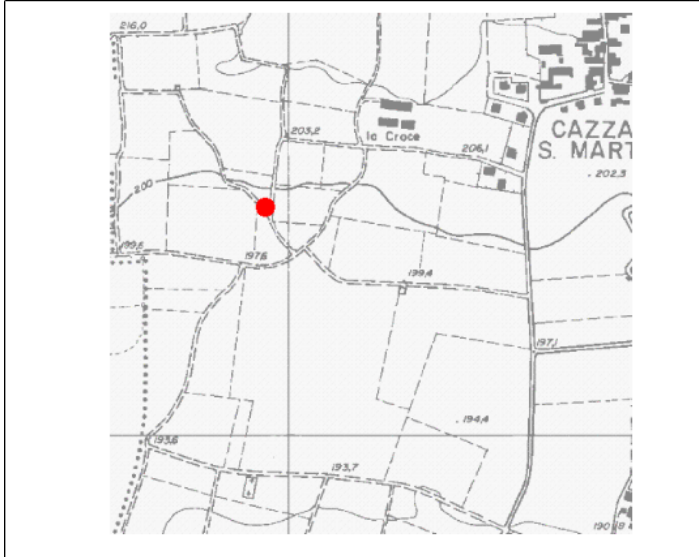
### 3 - STRATIGRAFIA

#### SCHEDE PER IL CENSIMENTO DEI POZZI

##### 1 - DATI IDENTIFICATIVI

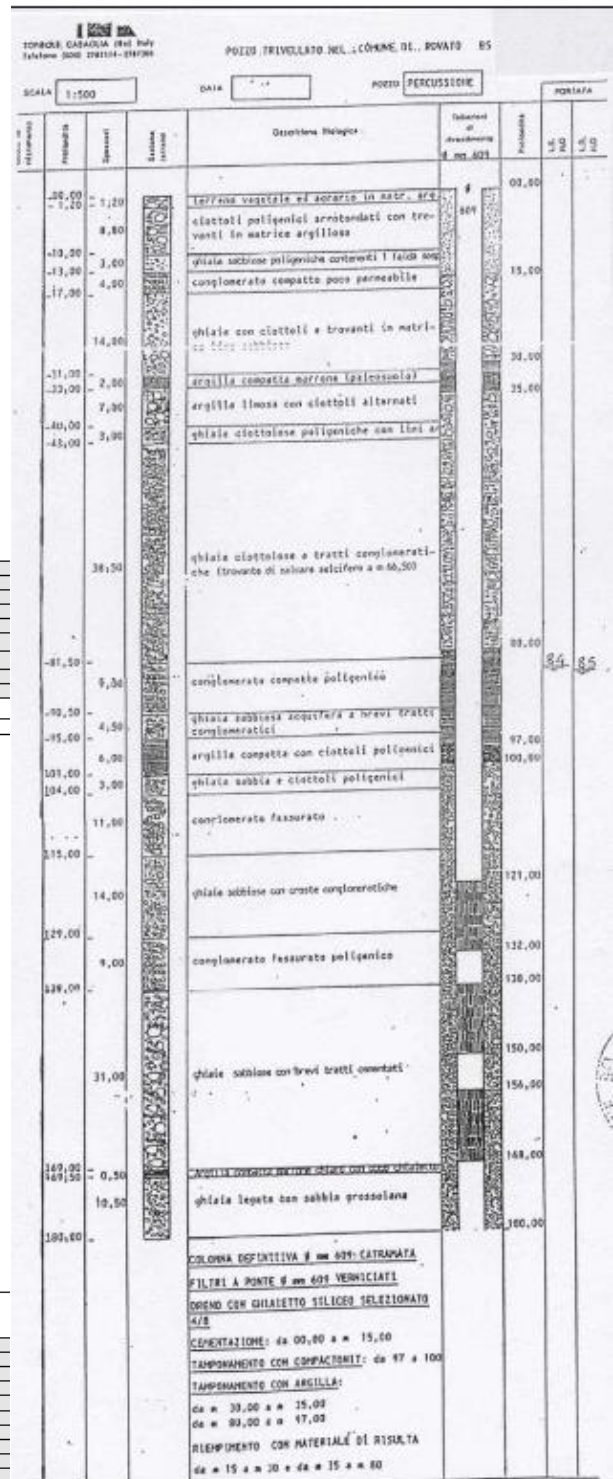
N° di riferimento e denominazione		CROCE	
Località		CAZZAGO SAN MARTINO	
Comune		CAZZAGO SAN MARTINO	
Provincia		BRESCIA	
Sezione CTR		C5E5	
Coordinate chilometriche Gauss Boaga (da CTR)		Latitudine	150493,744
		Longitudine	5047974,809
Quota (m s.l.m.)		197,4	
Profondità (m da p.c.)		180	

##### UBICAZIONE POZZO (STRALCIO CTR)



##### 2 - DATI CARATTERISTICI DELL'OPERA

Proprietario		Amministrazione comunale di Rovato	
Ditta Esecutrice			
Anno			
Stato			
Attivo		X	
Disuso (2)			
Cementato			
Altro			
Tipologia utilizzo (3)		Pubblico - pozzo idropotabile	
Portata estratta (m³/a e lt/sec)			



## INDAGINI ESEGUITE

Per il presente lavoro sono state eseguite 2 prove penetrometriche dinamiche superpesanti DPSH.

La prova consiste nella misura della resistenza del terreno alla penetrazione di una punta conica, con caratteristiche geometriche note, infissa per battuta nel terreno tramite l'azione di un maglio avente massa e volata standardizzate. Il numero di colpi necessario per avanzare di una lunghezza nota (solitamente 30 cm) permette di determinare la resistenza dinamica del terreno, dalla quale è possibile risalire ai parametri geotecnici significativi attraverso elaborazioni successive, costituite principalmente da relazioni empiriche note in letteratura.

Le prove penetrometriche, denominate SCPT1 a SCPT2, sono state eseguite utilizzando un penetrometro dinamico di tipo superpesante (Pagani DPSH) con una massa battente di 73 kg, un'altezza di caduta di 0,75 m e un avanzamento di 30 cm, attrezzatura conforme a quanto previsto dalla configurazione ISSMFE (International Society of Soil Mechanics and Foundation Engineering). Le prove hanno raggiunto una profondità massima di 4,5 m dall'attuale p.c in corrispondenza della SCPT2. Entrambe le prove sono terminate a rifiuto.



*Foto postazione*



*Ubicazione prove*



## FASE DI ELABORAZIONE INTERPRETAZIONE DATI

### Rischi geologici naturali e indotti

Ogni opera dell'uomo determina delle variazioni alle condizioni naturali preesistenti.

Per un'analisi delle interferenze, si possono distinguere i rischi geologici naturali, connessi al sito e pertanto caratteristici di ogni zona che ha avuto nel tempo geologico le sue trasformazioni e modifiche, e quelli indotti, connessi alla specifica attività dell'uomo e quindi all'opera che si intende realizzare.

Di fatto, per quanto attiene i rischi di carattere geologico in senso stretto, si possono considerare:

- **Rischio di esondazione.** La perimetrazione delle aree a rischio alluvione, contenuta nella Direttiva Alluvioni, pubblicata sul Geoportale di Regione Lombardia, riporta alcune aree esondabili, localizzate tra i due borghi di Bornato e Calino. Dalle verifiche condotte dal progettista e dalle osservazioni in sito, su base morfologica, pare che le zone potenzialmente interessate da fenomeni di esondazione possano essere ben più ampie di quelle definite nella Direttiva Alluvioni, poiché non vi sono elementi morfologici e strutturali tali da consentire lo sbarramento o la deviazione delle acque di piena, lungo i perimetri dei poligoni, così come sono stati perimetrati. Il comportamento del corso d'acqua del Longherone è molto particolare, poiché si è assistito, negli ultimi anni, ad un incremento delle frequenze di piena, che si verificano con cadenza di circa 10 anni e con eventi di pioggia di tipo temporalesco intenso. Non vi è traccia, almeno per quanto testimoniato dal Comune di Cazzago San Martino, di eventi di piena centennali o più antichi, che hanno determinato particolari condizioni di rischio. Il bacino del corso d'acqua è molto ampio e complesso, poiché vi sono aree agricole che hanno subito, nel corso del tempo, delle trasformazioni importanti, con il metodo di coltivazione e aratura della terra, ma soprattutto si è assistito ad una impermeabilizzazione rilevante delle aree urbane a monte del Comune di Cazzago, che di fatto accelera di molto i deflussi idrici superficiali, rispetto quanto avveniva in passato. Si assiste quindi ad eventi critici di portata, conseguenti a eventi di pioggia di breve durata, di 3 -6 ore, difficili da considerare in un'analisi idraulica che tipicamente tiene conto dei tempi di ritorno degli eventi su basi storiche, che non hanno rispondenza con gli eventi attuali. Vi sono inoltre importanti effetti di laminazione e, probabilmente, infiltrazione delle acque, che dipendono dalla diversa litologia dei suoli. In questo caso, la parte alta del bacino ha maggior contenuto in argilla nei livelli superficiali, e quindi l'effetto di infiltrazione è minore rispetto alla parte bassa, in prossimità di Cazzago San Martino, dove sono maggiori i suoli ghiaiosi e in grado di garantire un certo effetto di infiltrazione. Se, quindi, si considera la bassa permeabilità della parte alta del bacino, e la veloce capacità di trasferimento delle portate per le aree urbanizzate, si comprende come per tempi brevi si determinino delle condizioni critiche per il torrente, nelle aree individuate come critiche dal punto di vista idraulico. Per tempi di ritorno lunghi, probabilmente subentra un effetto di laminazione della piena e deflusso oltre le aree critiche, dove le portate più veloci (che sono quelle delle aree urbane) raggiungono il torrente prima delle altre acque, di fatto evitando un accumulo contemporaneo delle acque nel torrente. Rispetto al passato si è inoltre assistito, oltre che alla maggior impermeabilizzazione dei suoli, anche ad una locale e puntuale modifica delle sponde per i tratti a monte di quello in esame (che è il tratto di corso d'acqua in Comune di Cazzago San Martino), che di fatto comporta oggi un maggior trasferimento della portata di piena verso valle, limitando l'effetto (che probabilmente era più evidente in passato) di laminazione e

abbassamento del livello verso valle. Vale la pena, comunque, evidenziare che il fenomeno ha una sua rilevanza per quanto attiene il rischio per le aree urbane e per le infrastrutture, prima tra tutte la linea ferroviaria Brescia-Iseo-Edolo, che è stata interessata in passato da esondazione del torrente (febbraio 2004 foto di seguito riportata). Per le aree agricole ci possono essere dei disagi, ma il rischio è molto basso e, di fatto, le stesse aree fungono da zone di naturale laminazione della piena e debbono in tal senso essere mantenute. Si deve, in sostanza, evitare di apportare quelle modifiche sostanziali che, come per le aree a monte, hanno nel tempo comportato il trasferimento della portata di piena verso valle. L'intervento previsto in progetto è di fatto principalmente un intervento di manutenzione e, quindi, deve garantire il normale deflusso delle acque, senza che, ad ogni temporale, si assista ad esondazioni ed eventi di piena che possono interessare sia la sede ferroviaria sia anche l'area residenziale. Vale inoltre la pena evidenziare che questi fenomeni mantengono una certa aliquota di rischio, perché possono sfuggire alle previsioni di avverse condizioni meteo e quindi essere sottovalutati in fase di emergenza, proprio perché si tratta di eventi brevi e molto veloci, collegati a temporali che possono non venire adeguatamente rilevati di sistemi radar meteo.



rilevano particolari criticità connesse alle opere.

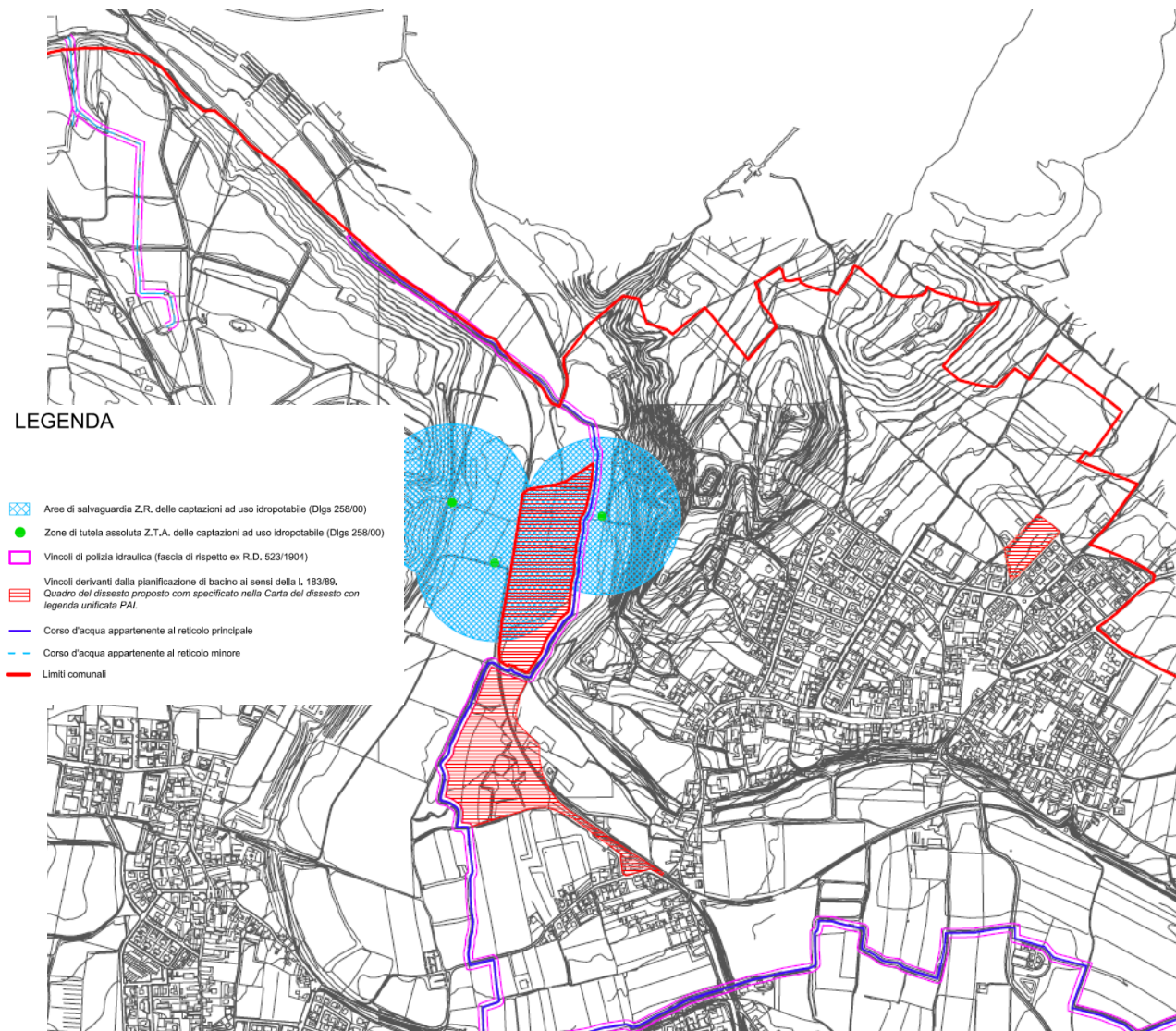
Per quanto riguarda i rischi geologici indotti, ovvero legati alle opere previste in progetto, si ritiene vi siano condizioni di rischio molto basse, poiché non sono previste opere strutturali, ad eccezione degli attraversamenti che vanno adeguati, e perché l'unica opera veramente importante, che è il piccolo rilevato in terra a protezione dell'area esondabile che interessa l'abitato, ha bassa interferenza con i suoli, per quanto attiene i carichi e i possibili cedimenti che si possono verificare. Anche nei confronti degli eventi sismici, non si



## Vincoli

Per quanto riguarda i vincoli presenti nell'area oggetto di studio, a seguire vengono riportati alcuni stralci relativi alle tavole del PGT del Comune di Cazzago San Martino e della Direttiva Alluvioni.

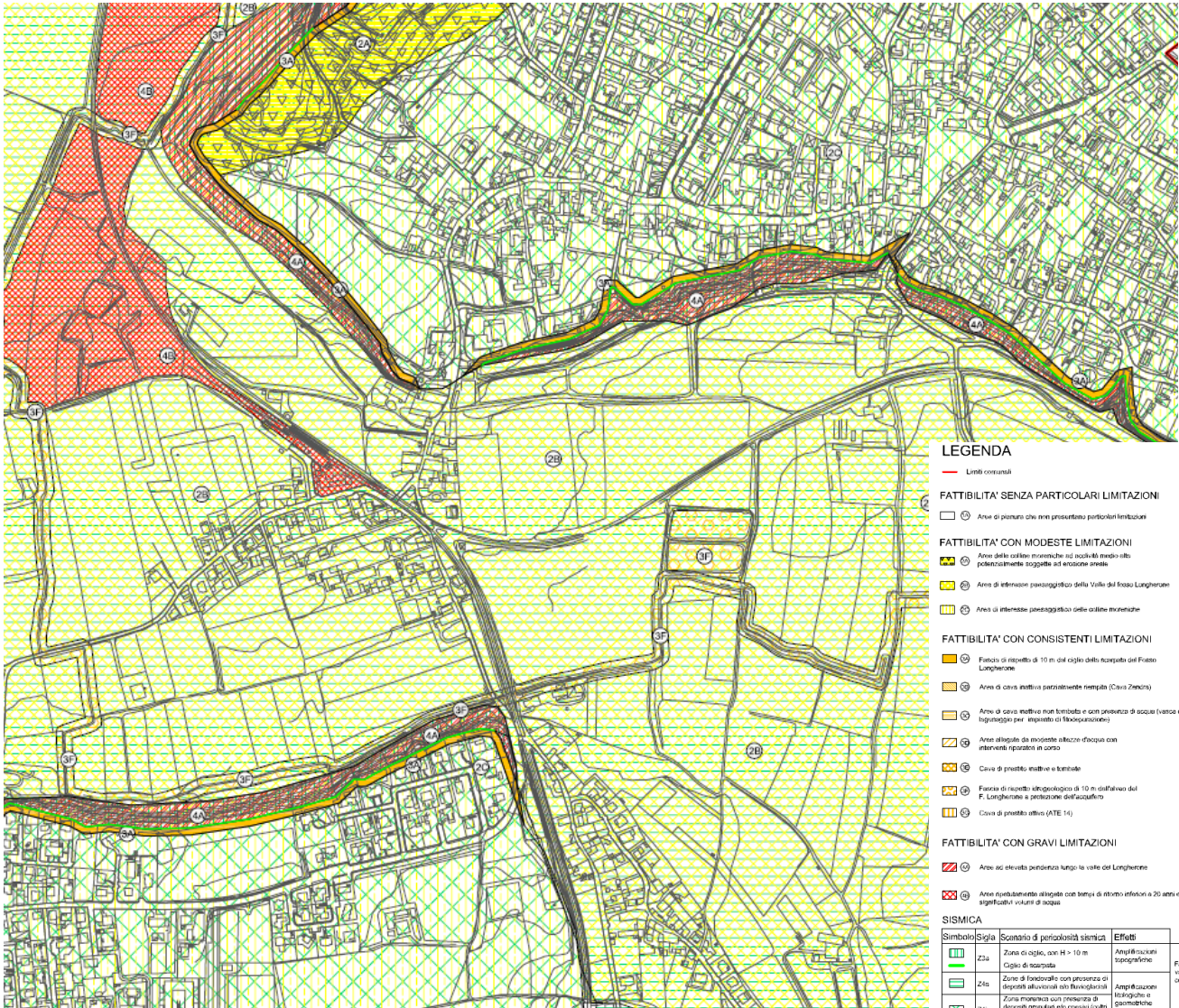
La carta di pericolosità sismica locale inserisce l'area oggetto di studio come area Z4a, ovvero zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-granulari e/o coesivi.



Stralcio tratto dal PGT comunale, Tavola dei vincoli

La tavola di fattibilità di dettaglio riporta in classe 4 l'area perimetrata dalla Direttiva Alluvioni come esondabile ed il resto delle aree in classe 2 di fattibilità geologica.

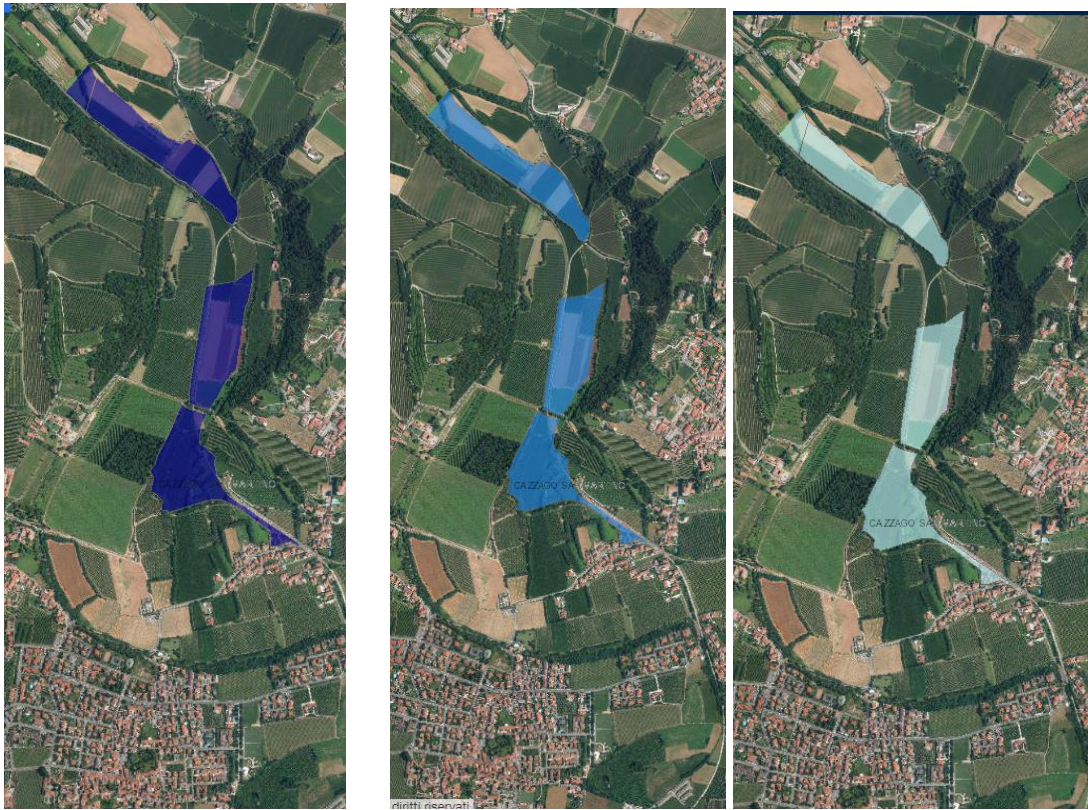




Stralcio tratto dal PGT comunale, Tavola 02.A Carta dei Vincoli



La Direttiva Alluvioni riporta la medesima perimetrazione per piene Frequenti, poco Frequenti e Rare.



a. Piena frequente Tr 20 anni

b. Piena poco frequente Tr 200 anni

c. Piena rara Tr 500 anni

Stralcio Direttiva Alluvioni tratto dal Geoportale delle Lombardia.

## Caratteri sismici del sito

Il territorio di Cazzago San Martino è considerato sismico, di zona 3.

La sismicità del nord Italia, e della Lombardia in particolare, è connessa, a grande scala, ai fenomeni attivi di convergenza tra la placca Adria e l'Europa (gli stessi che hanno generato la catena alpina), con fenomeni prevalentemente compressivi.

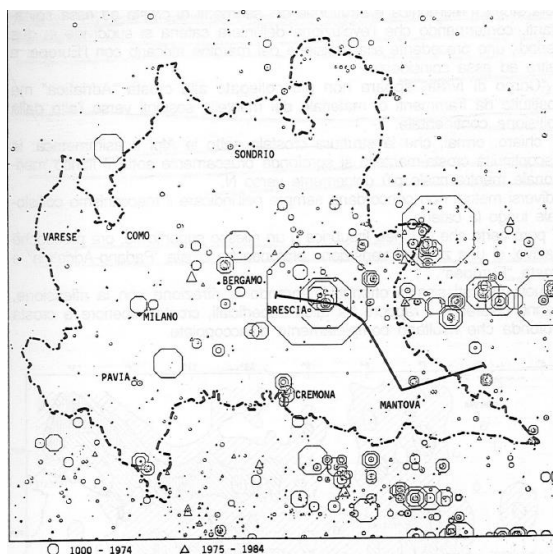
In questo contesto i terremoti avvengono tutti nella crosta superiore, con ipocentri a profondità variabili tra 5 e 15 km; in generale non si riscontra alcuna attività sismica nel mantello o nella crosta superiore.

In Lombardia, la zona maggiormente sismica è al margine della Pianura Bresciana e nella zona del Lago di Garda, estremità sud del sistema di faglie delle Giudicarie.

La motivazione di tale sismicità è connessa alla struttura geologica: nella zona della pianura bresciana sono presenti, nel sottosuolo, numerose superfici di scorrimento delle falde, superfici connesse alla strutturazione delle Alpi Meridionali ed alla migrazione verso sud delle falde; nella zona del Garda i terremoti sono connessi ai movimenti ed ai rilasci energetici lungo la linea delle Giudicarie.

L'immagine seguente rappresenta la distribuzione dei terremoti in Lombardia dall'anno 1000 al 1984: l'area dei simboli è proporzionale alla magnitudo dei sismi stessi (il maggiore è quello della zona di Brescia del 1222).

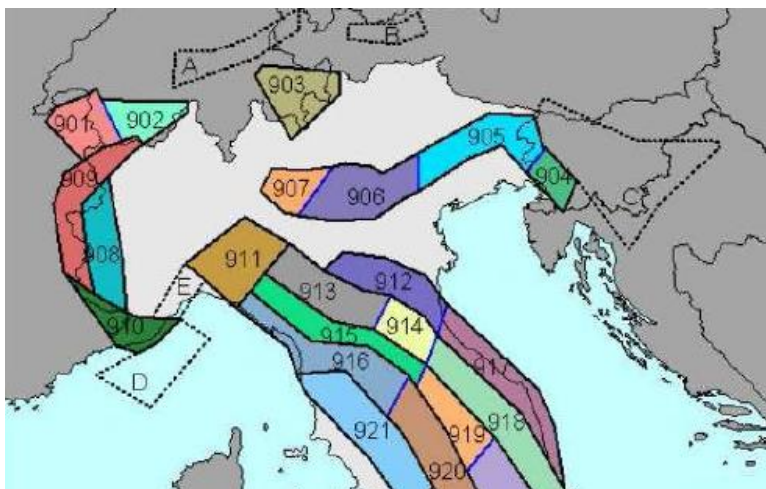
La sismicità decresce in maniera evidente da est andando verso ovest.



Mappa dei terremoti della Regione Lombardia dal 1000 al 1984 (tratta da "Guide Geologiche Regionali – Alpi e Prealpi Lombarde" – AAVV)

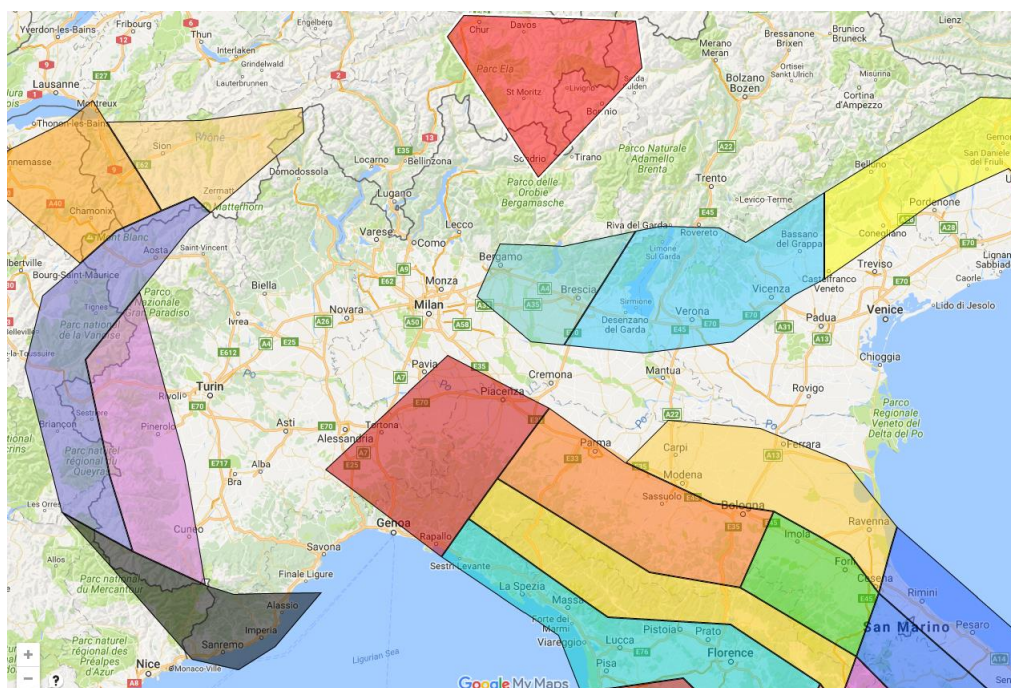


L'immagine seguente rappresenta invece uno stralcio della zonazione sismogenetica ZS9, utilizzata per la valutazione



Stralcio della zonazione sismogenetica ZS9 (Gruppo di lavoro 2004)

della pericolosità sismica di cui al precedente paragrafo. Come si vede l'attività sismica nella zona Lombarda si concentra nelle Alpi Occidentali (zona 903) e nel Subalpino Meridionale (zona 907).

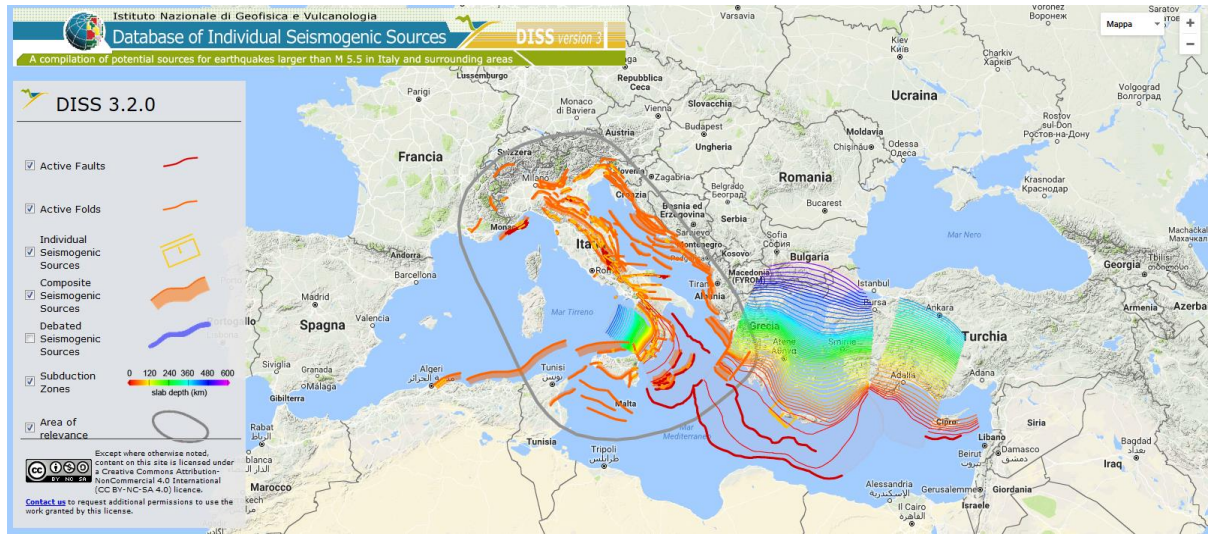


Vista di dettaglio su google map della zonazione sismogenetica ZS9 (Gruppo di lavoro 2004)

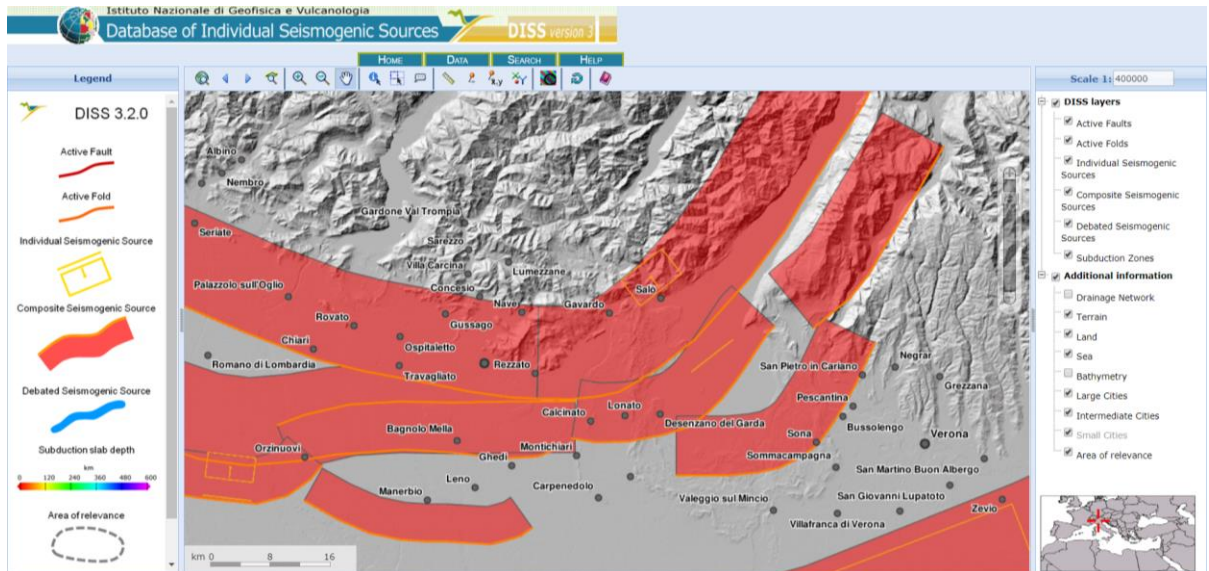
In riferimento alla zonazione sismogenetica di cui alle figure sovrastanti, il territorio in esame si trova nella zona sismogenetica 907.

Per quanto riguarda le strutture sismogenetiche (ossia le strutture geologiche in grado di produrre e generare terremoti) è possibile fare riferimento al DISS ver. 3.2.0. – Database of Seismogenetic Sources.

FASE DI ELABORAZIONE INTERPRETAZIONE DATI



Visualizzazione generale delle strutture sismogenetiche Italiane (DISS ver. 3.2.0)



Visualizzazione di dettaglio delle strutture sismogenetiche tra le Province di BG e BS (DISS ver. 3.2.0)

La struttura sismogenetica più vicina al comune di Cazzago San Martino, è la ITCS010 “Western S-Alps internal thrust”.

Si tratta di una struttura geologica complessa e composita, che va dalla parte nord del Lago di Garda fino alle città di Bergamo e Brescia, con un andamento nord-est / sud-ovest nella porzione orientale, per poi divenire quasi est-ovest nella porzione centrale ed occidentale.

Questa struttura appartiene ad un fronte di accavallamento interno, in connessione con il fronte di accavallamento tettonico del Sud Alpino (Giudicarie thrust system), con una direzione di vergenza delle falde verso sud ed una tettonica prevalentemente compressiva.



I cataloghi sismici strumentali e/o a carattere storico (Boschi et al., 2000; Gruppo di Lavoro CPTI, 2004; Pondrelli et al., 2006; Guidoboni et al., 2007) mostrano una sismicità irregolare, con i fenomeni principali e di maggiore intensità presso la zona Gardesana.

In particolare i cataloghi storici individuano una serie di eventi sismici con una magnitudo compresa tra Mw 4.6 e 5.0, che potrebbero essere stati generati da questa sorgente composita.

Le profondità minima e massima degli ipocentri sono basate sui dati delle strutture geologiche e sono variabili tra 5.0 and 12.0 km.

Il tasso di movimento basato su dati geodinamici a carattere regionale è dell'ordine di 0.1 – 0.5 mm/y.

La massima magnitudo attesa, ipotizzata in modo cautelativo in base alle informazioni sismologiche e geologiche regionali, è stimata in Mw 5.44.

Di seguito è riportato il risultato dell'interrogazione effettuata al Database Macrosismico Italiano chiamata DBMI15 (Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Conte S., Rocchetti E. 2016).

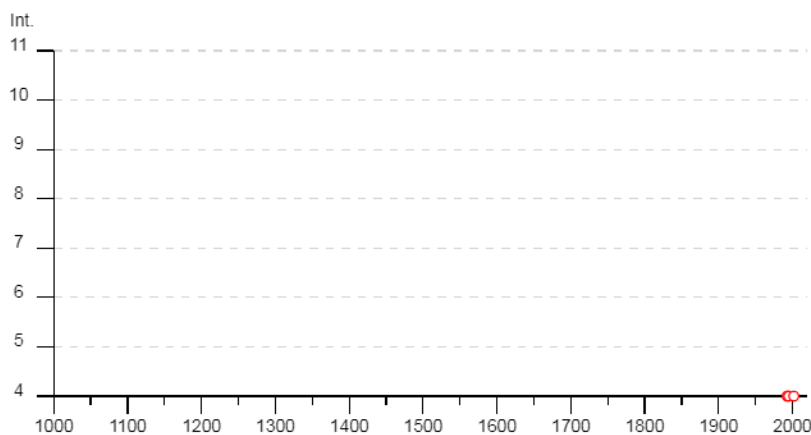
Il Database fornisce un set omogeneo di intensità macrosismiche provenienti da diverse fonti relativo ai terremoti con intensità massima ≥ 4 e d'interesse per l'Italia nella finestra temporale degli anni dal 1000 al 2014.

### Cazzago San Martino



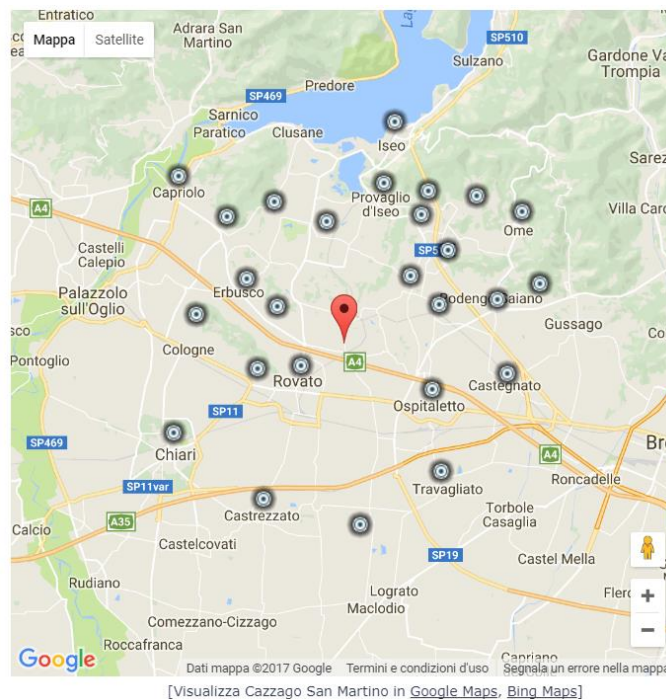
PlaceID IT\_15995  
 Coordinate (lat, lon) 45.580, 10.026  
 Comune (ISTAT 2015) Cazzago San Martino  
 Provincia Brescia  
 Regione Lombardia  
 Numero di eventi riportati 4

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
4	1993	12	09	18	16	5	Lago d'Iseo	175	5	4.11
4	1995	10	29	13	00	2	Lago d'Iseo	408	5-6	4.35
4	2002	11	13	10	48	0	Franciacorta	768	5	4.21
3-4	2008	12	23	15	24	2	Parmense	291	6-7	5.36



Località vicine (entro 10km)

Località	EQs	Distanza (km)
Rovato	9	3
Villa-Pedernano	1	3
Passirano	6	4
Coccaglio	3	4
Paderno Franciacorta	3	4
Borgonato	1	5
Erbusco	2	5
Ospitaletto	6	5
Valenzano	1	6
Regogne	1	6
Corte Franca (Nigoline Bonomelli)	4	6
Provaglio d'Iseo (Fontane-Zurane-Gresine)	3	6
Cologne	2	6
Rodengo-Saiano	7	7
Provezze	1	7
Adro	7	7
Castegnato	3	7
Travagliato	5	8
Monticelli Brusati (Parmezzana Calzana)	3	8
Castrezzato	4	8
Ronco	1	9
Berlingo	2	9
Chiari	18	9
Iseo	16	9
Ome	5	9
Capriolo	5	10

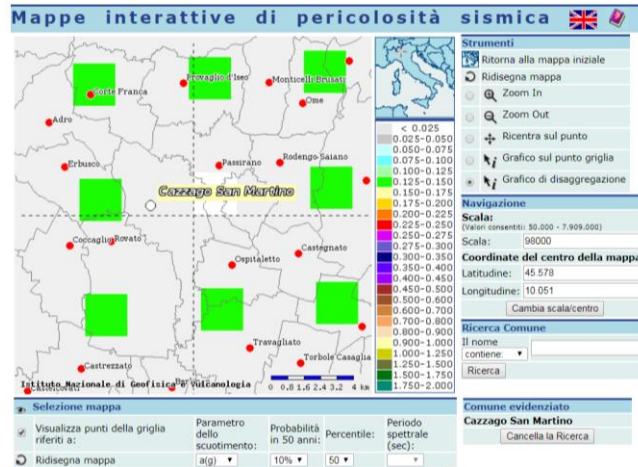


Interrogazione del Database Macrosismico Italiano chiamata DBMI15 per il Comune di Cazzago San Martino .



La ricerca effettuata o evidenzia la presenza di possibili effetti in terremoti derivati da zona Parmense, con un'intensità epicentrale  $I_0 = 6-7$  ed una magnitudo momento  $M_w = 5.36$ .

Per ottenere ulteriori elementi di riferimento in merito al possibile sisma atteso / di riferimento ed alle relative accelerazioni al suolo, si è fatto riferimento agli studi di "Disaggregazione della pericolosità sismica in termini di  $M-R-\epsilon$ " a cura di Spallarossa e Barani del 2007.

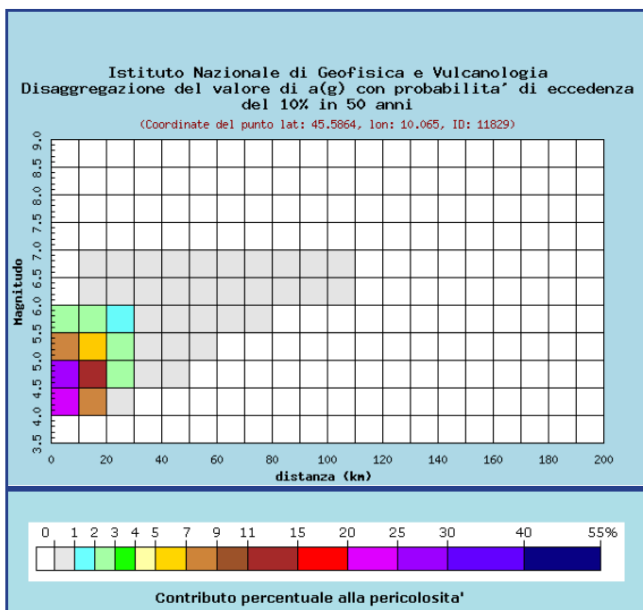


Estratto mappa di pericolosità sismica in termini di  $a(g)$  con probabilità di superamento del 10% in 50 anni per il Comune di Cazzago San Martino

L'analisi della disaggregazione dei valori di accelerazione  $a(g)$  riporta, per ogni nodo della carta di pericolosità sismica la valutazione del contributo percentuale alla stima della pericolosità fornito da tutte le possibili coppie di valori magnitudo e distanza del sisma che contribuisce alla valutazione stessa della pericolosità.

Dalle mappe di disaggregazione si verifica che la distanza è molto bassa e va da 0 a 30 Km, con associazioni di magnitudo che vanno da 4.0 a 6.0.

L'aspetto sismico del sito è comunque poco rilevante per le opere previste che in caso di sisma avrebbero ridotte se non nulle condizioni di pericolosità.



Distanza in km	Disaggregazione del valore di $a(g)$ con probabilità' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 45.5864, lon: 10.065, ID: 11829)									
	Magnitudo									
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5
0-10	0.000	22.300	28.100	8.860	2.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	7.200	13.100	6.750	2.240	0.010	0.001	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.735	2.570	2.360	1.340	0.373	0.053	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.179	0.483	0.459	0.279	0.045	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.059	0.133	0.140	0.026	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.004	0.047	0.072	0.015	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011	0.034	0.008	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.015	0.004	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.002	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.790	9.970	0.756

FASE DI ELABORAZIONE INTERPRETAZIONE DATI

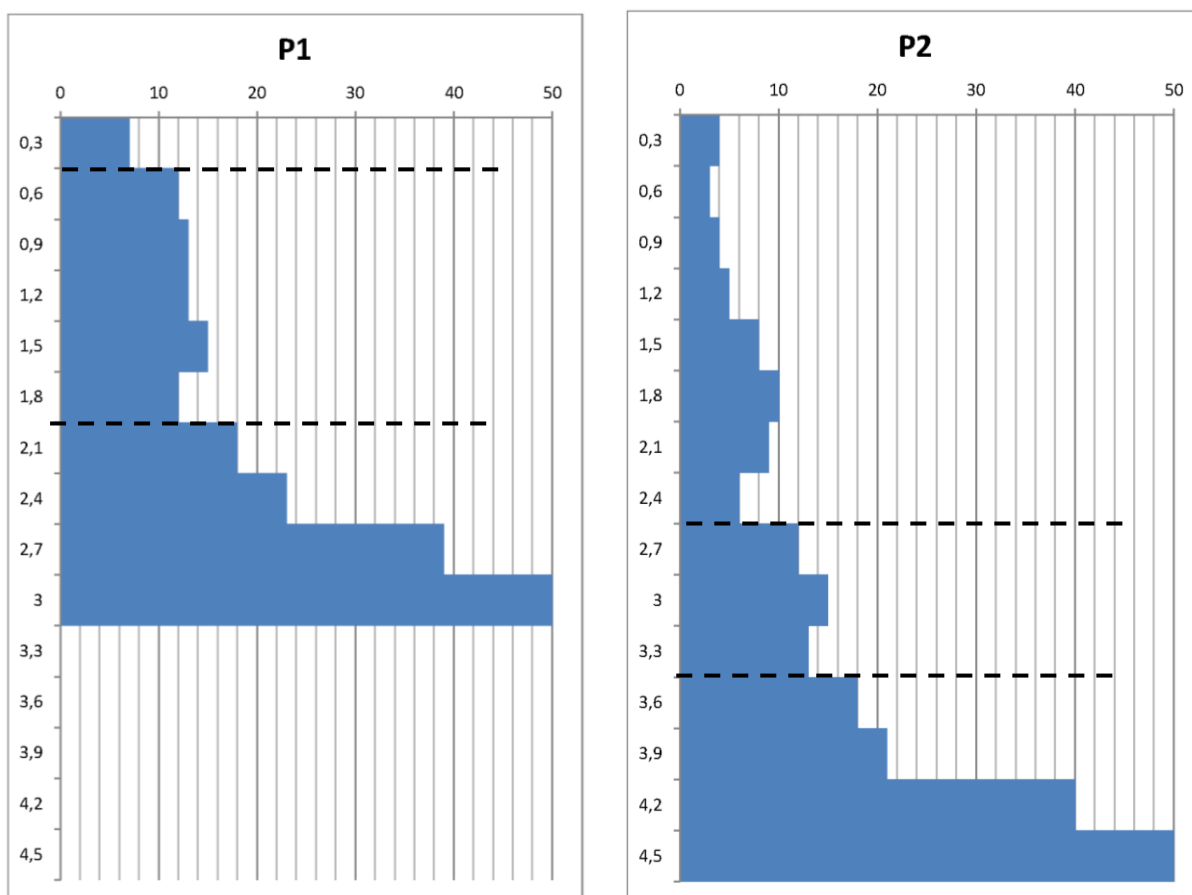
## Parametri tecnici (SCPT)

Come accennato in precedenza, le due prove penetrometriche eseguite sono terminate a rifiuto, a profondità di 3 e 4,5 m rispettivamente per SCPT1 e SCPT2. In entrambe le prove sono stati riconosciuti tre livelli, discretizzati in base al numero di colpi necessario per avanzamento di 30 cm. Le caratteristiche dei livelli, in termini di resistenza dinamica alla penetrazione, sono comparabili tra le due prove, ma gli spessori variano sensibilmente, con la prima unità che diventa più spessa verso SCPT2, mentre la seconda che si assottiglia nello stesso senso.

Le caratteristiche tecniche delle unità attraversate sono da scadenti a mediocri, compatibili con la presenza in superficie di terreni fini, poco compatti e, in parte, antropicamente disturbati, che passano in profondità a livelli compatti, possibilmente ghiaiosi, comunque abbastanza addensati da impedire l'avanzamento delle prove.

L'elaborazione delle prove ha consentito di individuare un range di valori che possono descrivere i parametri del deposito: data la natura indiretta e puntuale delle indagini, i valori forniti vanno intesi come indicativi, con incertezza che aumenta allontanandosi dalle verticali di indagine.

I risultati ottenuti sono riportati nel successivo paragrafo, che descrive il modello geologico semplificato per il sito in esame. Nel seguito si riportano i grafici delle sequenze di colpi ottenute nelle due prove, con sovrapposizione dei punti di passaggio tra le unità individuate.





## FASE DI SINTESI

### Modello geologico semplificato

Il sito di progetto si imposta su depositi glaciali e fluvioglaciali, superficialmente pedogenizzati, alterati e in parte rimaneggiati a seguito dell'attività agricola cui sono stati sottoposti i terreni nel tempo.

L'esecuzione delle prove penetrometriche dinamiche ha consentito di individuare tre unità tecniche, individuate in entrambe le prove, di cui le più superficiali (U1 e U2) hanno caratteristiche da scadenti a mediocri e si rinvencono fino a 2 – 2,5 m di profondità (maggiori in SCPT2). Si tratta di livelli sabbioso – limosi, poco addensati e omogenei, come possibile intuire dall'assenza, lungo il profilo dei colpi, di picchi localizzati, tipicamente sintomo della presenza di ciottoli e livelletti ghiaiosi. Sono depositi con caratteristiche scadenti, suscettibili di addensamento quando caricati. Al di sotto il valore di resistenza dinamica cresce velocemente fino a fermare l'avanzamento della prova: questo comportamento è tipicamente legato alla presenza di livello ghiaioso compatto.

Si riporta nel seguito una tabella riassuntiva delle caratteristiche geometriche e tecniche delle unità individuate.

Sintesi dei parametri tecnici			
Unità	U1	U2	U3
<b>comportamento</b>	incoerente/coesivo	incoerente/coesivo	incoerente
<b>Continuità orizzontale</b>	incerta; si assottiglia a est *	intercettata in entrambe le prove, si assottiglia a est *	intercettata in entrambe le prove *
<b>Continuità verticale</b>	spessori tra 0,5 e 2,5 m*	spessori di 1 - 1,5 m*	osservati circa 1,2 m*
<b>Interazioni</b>	fondazioni superficiali / scavi	fondazioni superficiali / scavi (soprattutto in P1)	limitate, solo con strutture profonde
<b>Criticità</b>	elevata addensabilità	caratteristiche tecniche mediocri, addensabile se caricato	basse
<b>N medio</b>	4 - 7*	12 - 14 *	20 - 30 *
<b>Angolo di resistenza al taglio [°]</b>	28 - 29 *	30 - 31 *	33 - 35 *
<b>Modulo di poisson []</b>	0,33 - 0,34 *	0,32 - 0,33 *	0,27 - 0,3 *
<b>Modulo di Young [Mpa]</b>	4 - 4,5 *	11 - 12 *	17 - 22 *
<b>Peso di volume [kN/m<sup>3</sup>]</b>	13,8 - 14 *	15 - 15,1 *	15,5 - 16,5 *
<b>Peso di volume saturo [kN/m<sup>3</sup>]</b>	18,4 - 18,6 *	19,1 - 19,2 *	19,5 - 20,5 *
<b>Coesione efficace [kPa]</b>	0 *	0 *	0 *
<b>Densità relativa [%]</b>	22 - 25 *	40 - 45 *	55 - 65 *
<b>Coesione non drenata [kPa]</b>	35 - 45*	90 - 100*	//
<b>Modulo edometrico [MPa]</b>	3,7 - 4 *	5,5 - 5,7 *	//
<b>Simboli</b>	* -> dato da DPSH		

Il modello presentato è affetto da un certo livello di incertezza, principalmente legato alla natura indiretta e puntuale delle prove eseguite. Allontanandosi dal punto di esecuzione della prova le informazioni sono interpolate e, quindi, affette da un elevato livello di incertezza, soprattutto rispetto a posizione, spessore e continuità laterale effettivi delle unità. Anche per quanto riguarda la natura dei terreni, le descrizioni si basano su correlazioni di letteratura e informazioni dedotte da stratigrafie ubicate in prossimità dell'area di studio, che sono utili fattori di calibrazione.

In generale, comunque, questa incertezza può essere risolta solo ricorrendo a prove dirette, oppure direttamente in sede di esecuzione dei lavori, con la diretta presa visione dei depositi.

La natura lineare dell'opera prevista pone l'accento sull'incertezza nella distribuzione areale delle unità: sarà possibile avere settori fondati su terreni con diverse caratteristiche e, quindi, diverse reazioni quando caricati. Verosimilmente le unità superficiali saranno riconducibili a U1 o U2, che sono comunque molto simili tra loro.

## Indicazioni progettuali

Dal punto di vista geologico, si rilevano basse interferenze con le opere previste in progetto. Non vi sono elementi morfologici attivi di particolare rilevanza. I terreni di fondazione hanno capacità portante ridotta, ma comunque compatibile con il tipo di opera prevista, che prevede carichi molto ridotti.

Per quanto attiene il rischio di esondazione, si sono rilevate delle condizioni di maggior pericolosità, e quindi rischio, rispetto a quelle identificate dalla Direttiva Alluvioni, soprattutto per eventi di piena con tempo di ritorno basso e per situazioni connesse a temporali di forte intensità e breve durata.

Si tratta in tal caso di situazioni sempre più frequenti e connesse alla modifica dell'assetto idrologico e di deflusso delle acque dell'intero bacino, laddove si sono modificate molto le destinazioni delle aree agricole, con nuove lavorazioni della terra e modifica dei fossi di drenaggio, e dove si sono ampliate le aree pavimentate e modificati gli argini e le sponde. In sostanza, si è con ogni probabilità accelerato il deflusso idrico, soprattutto della parte media e alta del bacino (che è anche quella che ha un coefficiente di infiltrazione inferiore), con il risultato che temporali di poche ore possono oggi, più che in passato, determinare le condizioni per il verificarsi di piene improvvise e straripamenti.

Si tratta comunque di eventi di modesta portata ed entità, anche se mantengono una certa aliquota di rischio, per il fatto che sono difficilmente prevedibili in quanto difficili da misurare in termini di probabilità di pioggia e di allerta meteo, diversamente dagli eventi di maggior intensità, più diffusi arealmente e quindi facilmente intercettabili dai sistemi radar di previsione meteo.

L'intervento previsto in progetto consente di garantire un grado di manutenzione tale da migliorare il deflusso idrico, in occasione di questi eventi di breve durata e forte intensità, senza modificare l'assetto strutturale dell'asta, che mantiene le aree di esondazione perimetrate dalla Direttiva Alluvioni, che hanno lo scopo di limitare comunque il trasferimento della piena alle sezioni di valle.

In linea generale, valgono le seguenti prescrizioni e indicazioni tecniche:

- per quanto riguarda la normativa sismica, il territorio comunale di Cazzago San Martino, è classificato come zona 3. L'area in esame è stata inserita come area di pericolosità Z4a (soggetta a possibili amplificazioni litologiche). Non sono state effettuate prove in sito e non è possibile pertanto determinare la categoria di suolo. Vale la pena ricordare che non si prevedono opere in c.a. e che pertanto l'aspetto sismico riveste, per le opere in progetto, un elemento di bassa interferenza;
- le indicazioni relative alla natura dei terreni sono state desunte da bibliografie e prove indirette e rimane pertanto un grado di incertezza sulla distribuzione delle unità più scadenti, la cui continuità areale e laterale non è stimabile allontanandosi dalle verticali di indagini. Nella fase di esecuzione dei lavori si dovrà verificare puntualmente il piano di fondazione delle strutture previste e verificare la corrispondenza di quanto descritto con la situazione locale;



- qualora si rinvenissero terreni scadenti, sarà necessario prevederne la sostituzione con miscela ghiaioso sabbiose, classe A2-4 della classificazione AASHTO americana, adottata dal C.N.R. -U.N.I. con il n° 10006. Si tratta di terreni misti ghiaioso sabbiosi con limo, che garantiscono un'adeguata compattazione e addensamento ed una buona capacità portante;

Si rimanda alla Direzione Lavori il controllo della realizzazioni delle prescrizioni contenute nel presente rapporto. Sarà inoltre compito della D.L. riscontrare l'esigenza di realizzare delle opere aggiuntive per garantire la sicurezza delle maestranze al lavoro.

Darfo Boario Terme, ottobre 2019

Geol. Luca Maffeo Albertelli

# REPORT ELABORAZIONE PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: SCPT TG 63-200 PAGANI

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	73 Kg
Altezza di caduta libera	0,75 m
Peso sistema di battuta	0,63 Kg
Diametro punta conica	51,00 mm
Area di base punta	20,43 cm <sup>2</sup>
Lunghezza delle aste	,21 m
Peso aste a metro	6,31 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,40 m
Avanzamento punta	0,30 m
Numero colpi per punta	N(30)
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90 °



**PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE**  
**(DYNAMIC PROBING)**  
**DPSH – DPM (... *scpt ecc.*)**

**Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici**

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi  $\delta$ ) misurando il numero di colpi N necessari.

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di “catalogare e parametrizzare” il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M;
- altezza libera caduta H;
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura  $\alpha$ );
- avanzamento (penetrazione)  $\delta$  ;
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente) :

- tipo LEGGERO (DPL);
- tipo MEDIO (DPM);
- tipo PESANTE (DPH);
- tipo SUPERPESANTE (DPSH).

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

<b>Tipo</b>	<b>Sigla di riferimento</b>	<b>peso della massa M (kg)</b>	<b>prof. max indagine battente (m)</b>
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$	8

Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$	25
Super pesante (Super Heavy)	DPSH	$M \geq 60$	25

### penetrometri in uso in Italia

In Italia risultano attualmente in uso i seguenti tipi di penetrometri dinamici (non rientranti però nello Standard ISSMFE):

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)  
 massa battente  $M = 30$  kg, altezza di caduta  $H = 0.20$  m, avanzamento  $\delta = 10$  cm, punta conica ( $\alpha=60-90^\circ$ ), diametro  $D = 35.7$  mm, area base cono  $A=10$  cm<sup>2</sup> rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)  
 massa battente  $M = 20$  kg, altezza di caduta  $H=0.20$  m, avanzamento  $\delta = 10$  cm, punta conica ( $\alpha= 60-90^\circ$ ), diametro  $D = 35.7$  mm, area base cono  $A=10$  cm<sup>2</sup> rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)  
 massa battente  $M = 73$  kg, altezza di caduta  $H=0.75$  m, avanzamento  $\delta=30$  cm, punta conica ( $\alpha = 60^\circ$ ), diametro  $D = 50.8$  mm, area base cono  $A=20.27$  cm<sup>2</sup> rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;

- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)  
 massa battente  $M=63.5$  kg, altezza caduta  $H=0.75$  m, avanzamento  $\delta=20-30$  cm, punta conica conica ( $\alpha = 60^\circ-90^\circ$ ) diametro  $D = 50.5$  mm, area base cono  $A = 20$  cm<sup>2</sup>, rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

### Correlazione con $N_{spt}$

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi  $N_{spt}$  ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con  $N_{spt}$ . Il passaggio viene dato da:

$$N_{SPT} = \beta_i \cdot N$$

Dove:

$$\beta_i = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui  $Q$  è l'energia specifica per colpo e  $Q_{spt}$  è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui



M	peso massa battente.
M'	peso aste.
H	altezza di caduta.
A	area base punta conica.
$\delta$	passo di avanzamento.

### Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd

Formula Olandesi

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

Rpd	resistenza dinamica punta (area A).
e	infissione media per colpo ( $\delta/N$ ).
M	peso massa battente (altezza caduta H).
P	peso totale aste e sistema battuta.

### Calcolo di $(N_1)_{60}$

$(N_1)_{60}$  è il numero di colpi normalizzato definito come segue:

$$(N_1)_{60} = CN \cdot N_{60} \text{ con } CN = \sqrt{(Pa'/\sigma_{vo})} \quad CN < 1.7 \quad Pa = 101.32 \text{ kPa (Liao e Whitman 1986)}$$

$$N_{60} = N_{SPT} \cdot (ER/60) \cdot C_s \cdot C_r \cdot C_d$$

ER/60	rendimento del sistema di infissione normalizzato al 60%.
$C_s$	parametro funzione della controcamicia (1.2 se assente).
$C_d$	funzione del diametro del foro (1 se compreso tra 65-115mm).
$C_r$	parametro di correzione funzione della lunghezza delle aste.

### Metodologia di Elaborazione.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software*.

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini (1983) - Meyerhof (1956) - Desai (1968) - Borowczyk-Frankowsky (1981).

Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali litologiche da poche prove di

laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenza alla punta.

## **Valutazioni statistiche e correlazioni**

### **Elaborazione Statistica**

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Dynamic Probing, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono :

#### ***Media***

Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

#### ***Media minima***

Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

#### ***Massimo***

Valore massimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

#### ***Minimo***

Valore minimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

#### ***Scarto quadratico medio***

Valore statistico di scarto dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

#### ***Media deviata***

Valore statistico di media deviata dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

#### ***Media (+ s)***

Media + scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

#### ***Media (- s)***

Media - scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

#### ***Distribuzione normale R.C.***

Il valore di  $N_{spt,k}$  viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, secondo la seguente relazione:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}})$$



dove  $\sigma_{Nspt}$  è la deviazione standard di  $Nspt$

### ***Distribuzione normale R.N.C.***

Il valore di  $Nspt,k$  viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, trattando i valori medi di  $Nspt$  distribuiti normalmente:

$$Nspt,k = Nspt,medio - 1.645 \cdot (\sigma_{Nspt}) / \sqrt{n}$$

dove  $n$  è il numero di letture.

### **Pressione ammissibile**

Pressione ammissibile specifica sull'interstrato (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = 20-22) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 m ed immersione  $d = 1$  m.

### **Correlazioni geotecniche terreni incoerenti**

#### ***Liquefazione***

Permette di calcolare utilizzando dati  $Nspt$  il potenziale di liquefazione dei suoli (prevalentemente sabbiosi).

Attraverso la relazione di *SHI-MING (1982)*, applicabile a terreni sabbiosi, la liquefazione risulta possibile solamente se  $Nspt$  dello strato considerato risulta inferiore a  $Nspt$  critico calcolato con l'elaborazione di *SHI-MING*.

#### ***Correzione $Nspt$ in presenza di falda***

$$Nspt\ corretto = 15 + 0.5 \cdot (Nspt - 15)$$

$Nspt$  è il valore medio nello strato

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda).

#### ***Angolo di Attrito***

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956) - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 m; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 m per terreni sopra falda e < 8 m per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)
- Meyerhof (1956) - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).

- Sowers (1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 m. sopra falda e < 7 m per terreni in falda)  $\sigma > 5$  t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38° .
- Malcev (1964) - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m e per valori di angolo di attrito < 38° ).
- Schmertmann (1977)- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da  $D_r$  %.
- Shioi-Fukuni (1982) - ROAD BRIDGE SPECIFICATION, Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda)  $\sigma > 15$  t/mq.
- Shioi-Fukuni (1982) - JAPANESE NATIONAL RAILWAY, Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose.
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda)  $s > 15$  t/mq.
- Meyerhof (1965) - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 m e con (%) di limo > 5% a profondità < 3 m.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

#### ***Densità relativa (%)***

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie  $D_r$  viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di  $D_r$  % viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Meyerhof (1957).
- Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC , metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di  $D_r$  % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

#### ***Modulo Di Young ( $E_y$ )***

- Terzaghi - elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.
- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici .
- Schultze-Menzenbach , correlazione valida per vari tipi litologici.
- D'Appollonia ed altri (1970) , correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia.

- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

### ***Modulo Edometrico***

Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia

- Buismann-Sanglerat , correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

### ***Stato di consistenza***

- Classificazione A.G.I. 1977

### ***Peso di Volume***

- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

### ***Peso di volume saturo***

- Terzaghi-Peck (1948-1967)

### ***Modulo di poisson***

- Classificazione A.G.I.

### ***Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)***

- Seed-Idriss (1978-1981) . Tale correlazione è valida solamente per sabbie, ghiaie e limi sabbiosi, rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio  $\tau$  e la tensione verticale di consolidazione per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.

### ***Velocità onde di taglio $V_s$ (m/s)***

- Tale correlazione è valida solamente per terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi.

### ***Modulo di deformazione di taglio (G)***

- Ohsaki & Iwasaki – elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite.
- Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

### ***Modulo di reazione ( $K_0$ )***

- Navfac (1971-1982) - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.



### ***Resistenza alla punta del Penetrometro Statico ( $Q_c$ )***

- Robertson (1983) -  $Q_c$

### **Correlazioni geotecniche terreni coesivi**

#### ***Coesione non drenata***

- Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA (1983).
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con  $N_{spt} < 8$  , argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- Terzaghi-Peck (1948).  $C_u$  (min-max).
- Sanglerat , da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi , tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività  $> 5$ , per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat , (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche  $< 10$  colpi, per resistenze penetrometriche  $> 10$  l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche " di Sanglerat.
- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità , ( $C_u$ - $N_{spt}$ -grado di plasticità).
- Schmertmann (1975),  $C_u$  (Kg/cmq) (valori medi), valida per **argille** e **limi argillosi** con  $N_c = 20$  e  $Q_c/N_{spt} = 2$ .
- Schmertmann (1975),  $C_u$  (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC .
- Fletcher (1965), (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata  $C_u$  (Kg/cmq), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità.
- Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.
- Shioi-Fukuni (1982), valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.

### ***Resistenza alla punta del Penetrometro Statico ( $Q_c$ )***

- Robertson (1983) -  $Q_c$

### ***Modulo Edometrico-Confinato ( $M_o$ )***

- Stroud e Butler (1975),- per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.
- Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità (IP < 20), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità (IP < 20) - da esperienze su argille glaciali .
- Vesic (1970), correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).
- Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato -Mo (Eed) (Kg/cmq)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto Qc/Nspt=1.5-2.0).
- Buismann- Sanglerat, valida per argille compatte (Nspt < 30) medie e molli ( Nspt < 4) e argille sabbiose (Nspt = 6-12).

#### **Modulo Di Young (E<sub>Y</sub>)**

- Schultze-Menzenbach - (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi con I.P. > 15.
- D'Appollonia ed altri (1983), correlazione valida per argille sature-argille fessurate.

#### **Stato di consistenza**

- Classificazione A.G.I. 1977.

#### **Peso di Volume**

- Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

#### **Peso di volume saturo**

- Meyerhof ed altri.

#### PROVA ... P1

Strumento utilizzato... SCPT TG 63-200 PAGANI  
 Prova eseguita in data 18/10/2019 10:29:41  
 Profondità prova 3,00 mt  
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,30	7	0,853	48,69	57,10	2,43	2,86
0,60	12	0,847	76,85	90,73	3,84	4,54

0,90	13	0,792	77,80	98,29	3,89	4,91
1,20	13	0,786	77,28	98,29	3,86	4,91
1,50	15	0,781	82,56	105,68	4,13	5,28
1,80	12	0,826	69,86	84,54	3,49	4,23
2,10	18	0,772	97,86	126,81	4,89	6,34
2,40	23	0,717	116,21	162,04	5,81	8,10
2,70	39	0,613	157,63	257,23	7,88	12,86
3,00	50	0,609	200,73	329,78	10,04	16,49

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Tensione efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0,3	7	53,79	Incoerente - coesivo	0	1,9	1,91	0,03	1,14	7,97	U1
1,8	13	93,74	Incoerente - coesivo	0	2,07	2,28	0,21	1,15	14,95	U2
2,7	26,67	176,09	Incoerente	0	2,14	2,05	0,46	1,16	30,94	U3
3	50	308,47	Incoerente	0	2,27	2,17	0,59	1,16	58	R

#### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P1

##### TERRENI COESIVI

##### Coesione non drenata (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi -Peck	Sanglerat	Terzaghi -Peck (1948)	U.S.D.M .S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
[1] - U1	7,97	0,30	0,50	1,00	0,25	0,32	0,78	1,61	0,71	1,04	0,40	1,38	1,00
[2] - U2	14,95	1,80	1,01	1,87	0,50	0,59	1,47	2,81	1,30	1,62	0,75	2,40	1,87

##### Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - U1	7,97	0,30	Robertson (1983)	15,94
[2] - U2	14,95	1,80	Robertson (1983)	29,90

##### Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - U1	7,97	0,30	36,57	--	83,08	99,63
[2] - U2	14,95	1,80	68,59	--	154,27	149,50

##### Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] - U1	7,97	0,30	71,26	79,70
[2] - U2	14,95	1,80	151,53	149,50

##### Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - U1	7,97	0,30	A.G.I. (1977)	MODERAT.



				CONSISTENTE
[2] - U2	14,95	1,80	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE

#### Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
[1] - U1	7,97	0,30	Meyerhof	1,90
[2] - U2	14,95	1,80	Meyerhof	2,07

#### Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
[1] - U1	7,97	0,30	Meyerhof	1,91
[2] - U2	14,95	1,80	Meyerhof	2,28

#### Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - U1	7,97	0,30		0
[2] - U2	14,95	1,80		0

#### TERRENI INCOERENTI

##### Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - U1	7,97	0,30	35,84	69,46	100	28,33
[2] - U2	14,95	1,80	45,53	85,01	93,59	42,93
[3] - U3	30,94	2,70	58,11	100	100	64,45
[4] - R	58	3,00	72,84	100	100	87,85

##### Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] - U1	7,97	0,30	7,97	29,28	22,28	30,23	36,09	32,88	0	<30	25,93	29,39	37,01	27,63
[2] - U2	14,95	1,80	14,95	31,27	24,27	32,19	32,75	35,45	39,9	30-32	29,97	31,49	41,81	32,29
[3] - U3	30,94	2,70	30,94	35,84	28,84	36,66	32,23	39,87	42	32-35	36,54	36,28	47,2	39,88
[4] - R	58	3,00	58	43,57	36,57	44,24	32,71	42,69	42	>38	44,5	44,4	52,19	49,06

##### Modulo di Young (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - U1	7,97	0,30	7,97	---	63,76	---	---	---
[2] - U2	14,95	1,80	14,95	275,99	119,60	177,11	292,12	149,75
[3] - U3	30,94	2,70	30,94	397,04	247,52	365,79	412,05	229,70
[4] - R	58	3,00	58	543,61	464,00	685,10	615,00	365,00

##### Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - U1	7,97	0,30	7,97	---	43,84	56,59	73,55
[2] - U2	14,95	1,80	14,95	89,70	58,17	106,14	104,68
[3] - U3	30,94	2,70	30,94	185,64	91,02	219,67	175,99
[4] - R	58	3,00	58	348,00	146,60	411,80	296,68

##### Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - U1	7,97	0,30	7,97	Classificazione A.G.I.	POCO ADDENSATO

[2] - U2	14,95	1,80	14,95	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[3] - U3	30,94	2,70	30,94	Classificazione A.G.I	ADDENSATO
[4] - R	58	3,00	58	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

#### Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m³)
[1] - U1	7,97	0,30	7,97	Terzaghi-Peck 1948	1,45
[2] - U2	14,95	1,80	14,95	Terzaghi-Peck 1948	1,54
[3] - U3	30,94	2,70	30,94	Terzaghi-Peck 1948	1,71
[4] - R	58	3,00	58	Terzaghi-Peck 1948	1,90

#### Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m³)
[1] - U1	7,97	0,30	7,97	Terzaghi-Peck 1948	1,90
[2] - U2	14,95	1,80	14,95	Terzaghi-Peck 1948	1,96
[3] - U3	30,94	2,70	30,94	Terzaghi-Peck 1948	2,06
[4] - R	58	3,00	58	Terzaghi-Peck 1948	2,18

#### Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - U1	7,97	0,30	7,97	(A.G.I.)	0,34
[2] - U2	14,95	1,80	14,95	(A.G.I.)	0,32
[3] - U3	30,94	2,70	30,94	(A.G.I.)	0,29
[4] - R	58	3,00	58	(A.G.I.)	0,24

#### Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - U1	7,97	0,30	7,97	457,39	444,33
[2] - U2	14,95	1,80	14,95	826,18	652,55
[3] - U3	30,94	2,70	30,94	1636,83	1017,70
[4] - R	58	3,00	58	2954,85	1494,05

#### Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - U1	7,97	0,30	7,97	Ohta & Goto (1978) Limi	67,93
[2] - U2	14,95	1,80	14,95	Ohta & Goto (1978) Limi	110,26
[3] - U3	30,94	2,70	30,94	Ohta & Goto (1978) Limi	144,86
[4] - R	58	3,00	58	Ohta & Goto (1978) Limi	169,04

#### Liquefazione

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] - U1	7,97	0,30	7,97	Seed e Idriss (1971)	--
[2] - U2	14,95	1,80	14,95	Seed e Idriss (1971)	--
[3] - U3	30,94	2,70	30,94	Seed e Idriss (1971)	--
[4] - R	58	3,00	58	Seed e Idriss (1971)	--

#### Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_{vH} / P_0$

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	$K_0$
[1] - U1	7,97	0,30	7,97		---
[2] - U2	14,95	1,80	14,95		---
[3] - U3	30,94	2,70	30,94		---

[4] - R	58	3,00	58	---
---------	----	------	----	-----

#### Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - U1	7,97	0,30	7,97		---
[2] - U2	14,95	1,80	14,95		---
[3] - U3	30,94	2,70	30,94		---
[4] - R	58	3,00	58		---

PROVA ...P2

Strumento utilizzato... SCPT TG 63-200 PAGANI  
 Prova eseguita in data 18/10/2019 10:29:28  
 Profondità prova 4,50 mt  
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,30	4	0,853	27,82	32,63	1,39	1,63
0,60	3	0,847	19,21	22,68	0,96	1,13
0,90	4	0,842	25,45	30,24	1,27	1,51
1,20	5	0,836	31,61	37,80	1,58	1,89
1,50	8	0,831	46,85	56,36	2,34	2,82
1,80	10	0,826	58,22	70,45	2,91	3,52
2,10	9	0,822	52,10	63,41	2,60	3,17
2,40	6	0,817	34,54	42,27	1,73	2,11
2,70	12	0,813	64,33	79,15	3,22	3,96
3,00	15	0,759	75,06	98,93	3,75	4,95
3,30	13	0,755	64,71	85,74	3,24	4,29
3,60	18	0,751	83,80	111,60	4,19	5,58
3,90	21	0,697	90,78	130,20	4,54	6,51
4,20	40	0,594	147,23	248,00	7,36	12,40
4,50	50	0,590	172,64	292,45	8,63	14,62

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Tensione efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
2,4	6,12	43,08	Incoerente - coesivo	0	1,86	1,9	0,22	1,15	7,04	U1
3,3	13,33	83,99	Incoerente - coesivo	0	2,07	2,28	0,54	1,16	15,46	U2
4,2	26,33	154,72	Incoerente	0	2,14	2,05	0,73	1,17	30,75	U3
4,5	50	289,44	Incoerente	0	2,28	2,17	0,86	1,18	58,8	R

#### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P2

##### TERRENI COESIVI

##### Coesione non drenata (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi -Peck	Sanglera t	Terzaghi -Peck (1948)	U.S.D.M .S.M	Schmert mann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begema nn	De Beer
[1] - U1	7,04	2,40	0,44	0,88	0,25	0,28	0,69	1,29	0,63	0,96	0,35	0,94	0,88
[2] - U2	15,46	3,30	1,04	1,93	1,00	0,61	1,53	2,52	1,34	1,67	0,77	2,27	1,93

#### Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - U1	7,04	2,40	Robertson (1983)	14,08
[2] - U2	15,46	3,30	Robertson (1983)	30,92



**Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - U1	7,04	2,40	32,30	--	73,60	88,00
[2] - U2	15,46	3,30	70,93	--	159,48	154,60

**Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] - U1	7,04	2,40	60,56	70,40
[2] - U2	15,46	3,30	157,39	154,60

**Classificazione AGI**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - U1	7,04	2,40	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[2] - U2	15,46	3,30	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

**Peso unità di volume**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] - U1	7,04	2,40	Meyerhof	1,86
[2] - U2	15,46	3,30	Meyerhof	2,07

**Peso unità di volume saturo**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - U1	7,04	2,40	Meyerhof	1,90
[2] - U2	15,46	3,30	Meyerhof	2,28

**Velocità onde di taglio**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - U1	7,04	2,40		0
[2] - U2	15,46	3,30		0

**TERRENI INCOERENTI****Densità relativa**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - U1	7,04	2,40	29,08	57,99	64,44	26,07
[2] - U2	15,46	3,30	39,94	74,16	74,48	43,84
[3] - U3	30,75	4,20	53	97,41	95,62	64,26
[4] - R	58,8	4,50	68,09	100	100	88,71

**Angolo di resistenza al taglio**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] - U1	7,04	2,40	7,04	29,01	22,01	29,97	31,42	32,51	0	<30	25,28	29,11	35,19	26,87
[2] - U2	15,46	3,30	15,46	31,42	24,42	32,33	30,78	35,63	38,38	30-32	30,23	31,64	40,85	32,58
[3] - U3	30,75	4,20	30,75	35,79	28,79	36,61	31,24	39,83	41,64	32-35	36,48	36,22	46,14	39,8
[4] - R	58,8	4,50	58,8	43,8	36,8	44,46	31,93	42,69	42	>38	44,7	44,64	51,3	49,29

**Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - U1	7,04	2,40	7,04	---	56,32	---	---	---
[2] - U2	15,46	3,30	15,46	280,66	123,68	183,13	295,95	152,30

[3] - U3	30,75	4,20	30,75	395,82	246,00	363,55	410,62	228,75
[4] - R	58,8	4,50	58,8	547,34	470,40	694,54	621,00	369,00

#### Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - U1	7,04	2,40	7,04	---	41,92	49,98	69,40
[2] - U2	15,46	3,30	15,46	92,76	59,22	109,77	106,95
[3] - U3	30,75	4,20	30,75	184,50	90,63	218,32	175,15
[4] - R	58,8	4,50	58,8	352,80	148,24	417,48	300,25

#### Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - U1	7,04	2,40	7,04	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[2] - U2	15,46	3,30	15,46	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[3] - U3	30,75	4,20	30,75	Classificazione A.G.I	ADDENSATO
[4] - R	58,8	4,50	58,8	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

#### Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] - U1	7,04	2,40	7,04	Terzaghi-Peck 1948	1,44
[2] - U2	15,46	3,30	15,46	Terzaghi-Peck 1948	1,54
[3] - U3	30,75	4,20	30,75	Terzaghi-Peck 1948	1,70
[4] - R	58,8	4,50	58,8	Terzaghi-Peck 1948	1,90

#### Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - U1	7,04	2,40	7,04	Terzaghi-Peck 1948	1,90
[2] - U2	15,46	3,30	15,46	Terzaghi-Peck 1948	1,96
[3] - U3	30,75	4,20	30,75	Terzaghi-Peck 1948	2,06
[4] - R	58,8	4,50	58,8	Terzaghi-Peck 1948	2,18

#### Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - U1	7,04	2,40	7,04	(A.G.I.)	0,34
[2] - U2	15,46	3,30	15,46	(A.G.I.)	0,32
[3] - U3	30,75	4,20	30,75	(A.G.I.)	0,29
[4] - R	58,8	4,50	58,8	(A.G.I.)	0,24

#### Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - U1	7,04	2,40	7,04	407,03	411,89
[2] - U2	15,46	3,30	15,46	852,65	666,07
[3] - U3	30,75	4,20	30,75	1627,38	1013,87
[4] - R	58,8	4,50	58,8	2993,15	1506,61

#### Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - U1	7,04	2,40	7,04	Ohta & Goto (1978) Limi	99,32
[2] - U2	15,46	3,30	15,46	Ohta & Goto (1978) Limi	134,47
[3] - U3	30,75	4,20	30,75	Ohta & Goto (1978) Limi	159,7
[4] - R	58,8	4,50	58,8	Ohta & Goto (1978)	183,85

					Limi
--	--	--	--	--	------

#### Liquefazione

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] - U1	7,04	2,40	7,04	Seed e Idriss (1971)	--
[2] - U2	15,46	3,30	15,46	Seed e Idriss (1971)	--
[3] - U3	30,75	4,20	30,75	Seed e Idriss (1971)	--
[4] - R	58,8	4,50	58,8	Seed e Idriss (1971)	--

#### Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_H / P_0$

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	$K_0$
[1] - U1	7,04	2,40	7,04		---
[2] - U2	15,46	3,30	15,46		---
[3] - U3	30,75	4,20	30,75		---
[4] - R	58,8	4,50	58,8		---

#### $Q_c$ ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	$Q_c$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - U1	7,04	2,40	7,04		---
[2] - U2	15,46	3,30	15,46		---
[3] - U3	30,75	4,20	30,75		---
[4] - R	58,8	4,50	58,8		---