

Studio di Geologia - Dott. Geol. Luigi Renna - Dott. Geol. Niccolò Crestana
Viale Michelangelo, 40 – 25015 Desenzano del Garda (BS)
Cell: 349 2936733 - 347 9428449
mail: renna@crestanasrls.com - crestana@crestanasrls.com

COMUNE DI DESENZANO DEL GARDA

PROVINCIA DI BRESCIA
Regione Lombardia

PROGETTO DI RISTRUTTURAZIONE MEDIANTE DEMOLIZIONE E RICOSTRUZIONE DI UN FABBRICATO ESISTENTE, IN LOCALITÀ BROGNOLI

RELAZIONE GEOLOGICA R1

ai sensi del punto 6.2.1 del D.M. 17/01/18 " Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni"

RELAZIONE GEOTECNICA R2

ai sensi del punto 6.2.2 del D.M. 17/01/18 " Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni"

RELAZIONE GEOLOGICA R3

ai sensi della D.G.R. IX/2616 del 30/11/2011 "Norme di Piano"

Committente: *Parolini S.p.A.*

Data:

17 Novembre 2021

I Tecnici:

Dott. Geol. Niccolò Crestana

Ordine dei Geologi della Lombardia n°1691



Dott. Geol. Luigi Renna

Ordine dei Geologi della Lombardia n°1667

INDICE

1. PREMESSA.....	3
1.1 Metodologia di lavoro.....	3
1.2 Riferimenti Normativi	4
A. RELAZIONE GEOLOGICA R1 e R3	5
 2. CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA DEL SITO.....	5
2.1 Inquadramento Geografico e Geologico	5
2.2 Assetto Geomorfologico	7
2.3 Caratteri Idrogeologici locali	8
2.4 Permeabilità dei terreni	9
2.5 Rete Idrografica locale	10
2.6 Piano di Gestione Rischio Alluvioni.....	12
 3. INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	13
3.1 Scavi esplorativi	13
3.2 Prove di permeabilità in situ.....	14
3.3 Prove penetrometriche statiche (CPT)	16
3.4 Prospsezioni sismiche e modello sismostratigrafico	17
 4. SISMICITÀ DELL'AREA E AZIONE SISMICA	26
4.1 Inquadramento sismotettonico	26
4.2 Sismicità locale	27
4.3 Normativa sismica vigente.....	28
4.4 Azione sismica di progetto.....	28
 5. FATTIBILITÀ GEOLOGICA E VINCOLI DELL'AREA DI PROGETTO.....	40
B. RELAZIONE GEOTECNICA R2	43
 6. MODELLO GEOTECNICO – VALORI CARATTERISTICI	43
 7. VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DELLE FONDAZIONI	44
7.1 Elementi per le Verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU)	44
7.2 Elementi per le Verifiche agli Stati Limite d'Esercizio (SLE).....	46
 8. SPECIFICHE DI PROGETTO E PRESCRIZIONI REALIZZATIVE	47
 9. CONCLUSIONI.....	49

1. PREMESSA

Su incarico conferito dalla *Parolini S.p.A.*, è stato eseguito uno studio geologico, geotecnico e sismico a supporto del progetto di ristrutturazione mediante demolizione e ricostruzione di un fabbricato esistente, sito in Loc. Brognoli, nel Comune di Desenzano del Garda (BS).

Lo studio viene eseguito in ottemperanza a quanto prescritto dal Testo Unico sulle Costruzioni (D.M. 14/01/08) e relativo aggiornamento (D.M. 17/01/18), secondo quanto previsto dalle Norme di Piano (D.G.R. 30/11/2011 n. IX/2616) e dalle normative regionali in materia di vigilanza sulle costruzioni in zone sismiche (D.G.R. 5001/2016, L.R. 33/2015) e dall'aggiornamento della classificazione sismica regionale (D.G.R. 2129/2014).

1.1 Metodologia di lavoro

Scopo del lavoro è stato quello di valutare la natura litologica dei terreni di fondazione presenti nell'area, verificare la fattibilità delle opere di progetto secondo i regolamenti urbanistici comunali e regionali vigenti e considerare le problematiche realizzative.

Lo studio degli aspetti geomorfologici ed idrografici del territorio d'interesse e delle caratteristiche geotecniche dei terreni, si è articolato in una prima fase di rilievi geologico-geomorfologici di campagna, eseguiti in un intorno significativo dell'area di progetto.

Quindi si è proceduto ad una seconda fase che ha riguardato l'acquisizione dei dati reperibili in letteratura consultando, tra gli altri, lo *Studio della Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica* del Piano di Governo del Territorio di Desenzano del Garda (*Dott. Geol. G. Crestana et. al. – Agosto 2004*) e dell'*Aggiornamento della Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica* del P.G.T. (*Agosto 2011 - Rev. Giugno 2012 - Gennaio 2016*), sulla base del quale è stata considerata la fattibilità dell'opera di progetto e vari studi geologici eseguiti dal *Dott. Geol. G. Crestana* (di cui si dispone dell'archivio personale), in aree limitrofe a quella oggetto di studio e più in generale nel territorio comunale di Desenzano del Garda (BS).

Per la caratterizzazione geotecnica dei terreni è stata predisposta un'indagine geognostica condotta mediante esecuzione di prove penetrometriche statiche CPT.

Per la stima delle velocità $V_{s_{eq}}$ e della categoria di sottosuolo di sito, è stata eseguita, entro il sito di progetto, una prospezione sismica multicanale con acquisizione ed elaborazione dei dati mediante metodologia MASW e misura di microtremori sismici ambientali mediante tecnica HVSR.

Sono stati infine prodotti alcuni allegati cartografici e tecnici a supporto della presente relazione, come di seguito elencati:

- ✓ TAV. 1 – Corografia con ubicazione dell'area d'indagine e dei pozzi con stratigrafia
- ✓ TAV. 2 – Planimetria di progetto con ubicazione dei punti d'indagine
- ✓ Diagrammi Prove Penetrometriche Statiche CPT
- ✓ Stratigrafie Scavi Esplorativi
- ✓ Allegato fotografico
- ✓ Stratigrafie Pozzi

1.2 Riferimenti Normativi

- D.M. 14 Gennaio 2008 “*Approvazione delle Norme Tecniche per la Costruzioni*” (G.U. n. 29 del 4 febbraio 2008) e relativo aggiornamento (D.M. 17 Gennaio 2018); che sancisce l’obbligo di effettuare la progettazione antisismica e la relazione geologica e geotecnica.
- Circolare 21 Gennaio 2019 n. 7 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti approvata dal C.S.LL.PP. “*Istruzioni per l’applicazione dell’aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni* di cui al Decreto Ministeriale 17 Gennaio 2018”.
- Ordinanza Presidenza Consiglio dei Ministri 28 aprile 2006 n. 3519, recante “*Criteri generali per l’individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l’aggiornamento degli elenchi delle medesime zone*” (G.U. n. 108 del 11/5/2006).
- L.R. 11 Marzo 2005 - n.12 Piani di Governo del Territorio; D.G.R. 22 Dicembre 2005 n.8/1566 “*Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio*”.
- D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152 “*Norme in materia ambientale*” con riferimento alla Parte Terza “*Norme in materia di difesa del suolo e lotta alla desertificazione, di tutela delle acque dall’inquinamento e di gestione delle risorse idriche*” - Sezione II “*Tutela delle acque dall’inquinamento*”.
- D.G.R. 30 Novembre 2011 – n° IX/2616 “*Aggiornamento dei criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell’art. 57, comma 1, della L.R. 11 marzo 2005, n° 12*”, approvati con D.G.R. 22 dicembre 2005, n° 8/1566 e successivamente modificati con D.G.R. 28 maggio 2008, n° 8/7374”
- D.G.R. 11 Luglio 2014 – n. X/2129 “*Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (L.R. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d)*”.
- L.R. 12 Ottobre 2015 - n. 33 “*Disposizioni in materia di opere o di costruzioni e relativa vigilanza in zone sismiche*” BURL n. 42, suppl. del 16 Ottobre 2015).
- D.G.R. 30 Marzo 2016 – n. X/5001 “*Approvazione delle linee di indirizzo e coordinamento per l’esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica (artt. 3, comma 1, e 13, comma 1, della L.R. 33/2015)*”.
- D.G.R. 19 Giugno 2017 – n° X/6738 “*Disposizioni regionali concernenti l’attuazione del piano di gestione dei rischi di alluvione (PGRA) nel settore urbanistico e di pianificazione dell’emergenza, ai sensi dell’art. 58 delle norme di attuazione del piano stralcio per l’assetto idrogeologico (PAI) del bacino del fiume Po*”.
- *Raccomandazioni per la redazione della “Relazione Geologica” ai sensi delle norme tecniche sulle costruzioni secondo quanto approvato con delibera n.1 del 14/04/2015 dal Centro Studi del Consiglio Nazionale dei Geologi e con delibera n. 111/2015 del 28/04/2015 del C.N.G..*
- Associazione Geotecnica Italiana “*Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche in situ*” (1977).

A. RELAZIONE GEOLOGICA R1 e R3

2. CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA DEL SITO

Nel presente capitolo viene redatto, sulla base di tutti i dati raccolti in letteratura, un inquadramento geografico-geologico, geomorfologico, idrografico ed idrogeologico generale e di dettaglio, dell'area di progetto.

2.1 Inquadramento Geografico e Geologico

L'area di intervento, identificata dal *Mappale n° 181 del Foglio 43*, è ubicata in Loc. Brognoli, a circa 1000 m in direzione Ovest dalla Frazione di S. Martino della Battaglia, nella porzione orientale del territorio comunale di Desenzano d/G (**Fig. 1**).

Il lotto d'interesse, in particolare, è individuato nella CTR RL (*Carta Tecnica Regionale della Regione Lombardia*) alla scala 1:10.000 nella tavola E6a3 e possiede, nel punto mediano, le seguenti coordinate geografiche (Gauss-Boaga): 5032990,45 latitudine N – 1623857,04 longitudine E.

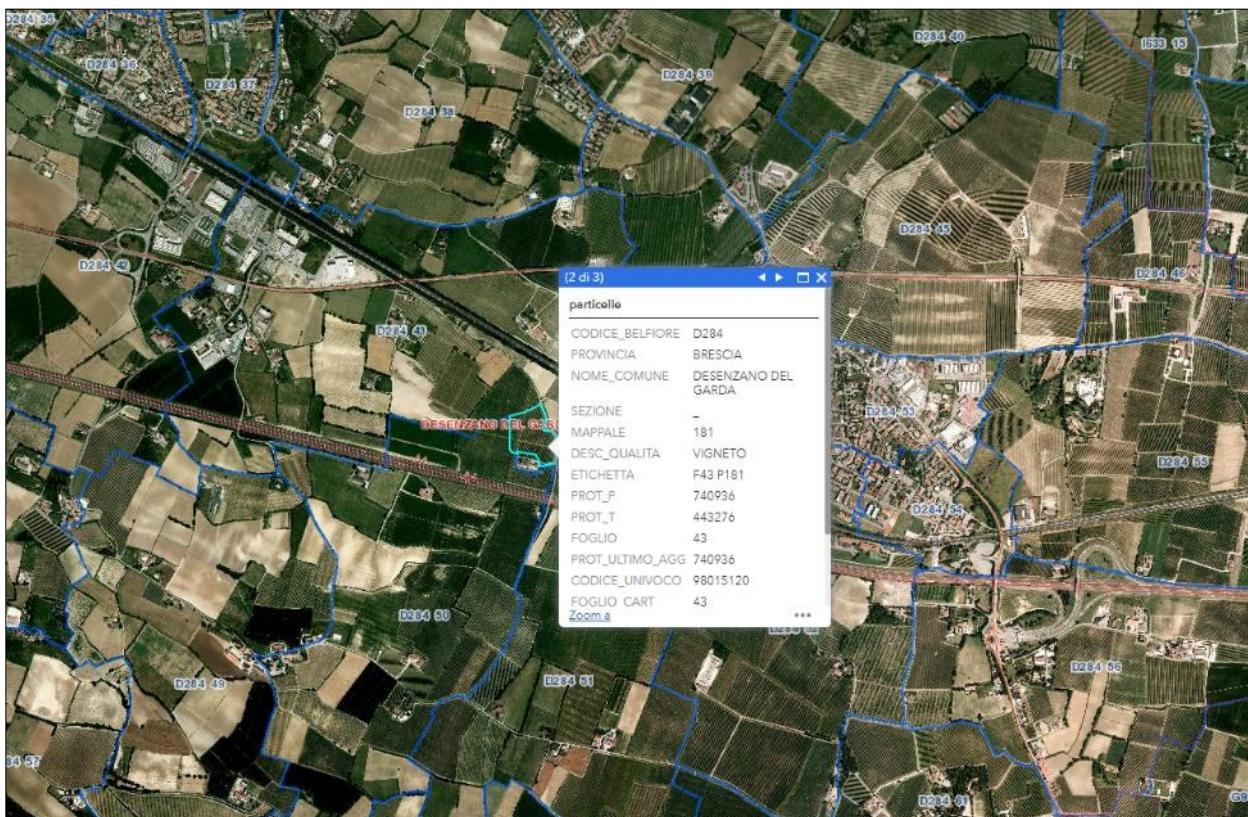


Fig. 1 - Individuazione dell'area oggetto d'interesse
(fonte Viewer Geografico Regione Lombardia).

L'area di progetto si colloca in un ambito a morfologia subpianeggiante posta all'interno dell'apparato morenico del Garda, nel settore meridionale del territorio comunale.

Dal punto di vista geologico, il territorio di Desenzano del Garda si colloca entro il Basso Garda Bresciano, nell'ambito dell'anfiteatro morenico del Garda, caratterizzato da un

complesso ambiente deposizionale di origine glaciale formatosi a seguito del verificarsi di fasi glaciali e interglaciali susseguitesi in epoca Quaternaria. Nonostante da parte di diversi autori non esista uniformità di classificazione delle cerchie moreniche con le singole glaciazioni, le cerchie più interne sono ricondotte alla fase glaciale di età *Würmiana* mentre quelle più esterne sono attribuite alla fase di età *Rissiana*.

I depositi glaciali, che costituiscono le colline moreniche sono caratterizzati da materiali eterogenei a deposizione caotica (ghiaie, sabbie e ciottoli, limi e argille), a supporto di matrice, nei quali sono presenti, frequentemente, trovanti di grosse dimensioni tipici dell'ambiente deposizionale glaciale.

Durante le fasi interglaciali, il ghiacciaio, dopo aver deposto la cerchia morenica costituita dai rilievi di Desenzano d/G, ha abbandonato la vasta piana ondulata compresa tra questi rilievi ed il lago. Tale superficie subpianeggiante è quindi costituita dalla morena di fondo, formata da depositi limoso-argillosi consistenti, contenenti ciottoli poligenici da arrotondati a subarrotondati. Localmente possono essere presenti depositi argillosi glaciolacustri, legati alla presenza, nella zona di ritiro del ghiacciaio, di laghetti intermorenici, raccolti in avvallamenti prodotti dalla fusione di ghiaccio sepolto e in solchi formati dalle acque di disgelo.

Durante le fasi interglaciali i fenomeni di scioglimento delle masse glaciali originavano torrenti fluvioglaciali che smantellavano i cordoni morenici già formati e deponevano il materiale nelle depressioni rimaste entro le diverse cerchie, formando delle valli di dimensioni variabili e spessore in graduale aumento verso le aree depocentrali.

I depositi fluvioglaciali sono generalmente costituiti da ghiaie e sabbie eterogenee, spesso a deposizione stratificata o gradata, con frazione fine limosa e/o argillosa variabile, intercalati da lenti e/o livelli prevalentemente sabbioso-limosi o limoso-argillosi.

Quando l'energia del trasporto delle acque di scioglimento glaciale subiva sensibili diminuzioni, si verificava la deposizione di depositi glaciolacustri di depressione intermorenica. Essi sono costituiti generalmente da materiale prevalentemente fine sabbioso e sabbioso-limoso, con in subordine frazione ghiaiosa, con disposizione stratificata o gradata. Nelle aree di basso topografico relativo, sono presenti depositi fini e/o torbosi legati alla presenza di specchi lacustri intermorenici, tuttora presenti o bonificati in tempi relativamente recenti. Lungo la linea di costa del lago possono essere presenti depositi lacustri, per lo più discontinui, frequentemente interdigitati con i depositi di contatto glaciale e della morena di fondo; essi sono per lo più presenti lungo una fascia circa coincidente con i materiali di riporto accumulati a ridosso della linea di costa. I depositi lacustri sono costituiti prevalentemente da limi sabbioso-argillosi ed argilloso-sabbiosi con ghiaia da fine a media e possiedono uno spessore in ogni caso limitato.

L'area oggetto d'indagine è inserita entro l'ambito riferibile ai **depositi di morena di fondo**, lungo la piana di collegamento al territorio comunale di Desenzano del Garda (**Fig. 2**).

La successione stratigrafica delle unità presenti nell'area in oggetto è rappresentata quindi prevalentemente da depositi sabbioso-limosi in alternanza a livelli più francamente argillosi, corrispondenti alla morena fangosa di fondo. Questi materiali trasportati nella porzione inferiore del ghiacciaio e abbandonati dalla lingua glaciale durante l'ultima fase di ritiro contengono sovente ciottoli poligenici da arrotondati a subarrotondati di dimensioni variabili. Talora si rinvengono livelli ghiaioso-sabbioso-limosi. Le argille glacio-lacustri non sono sempre distinguibili arealmente dai depositi glaciali della morena di fondo. La genesi di queste argille glacio-lacustri, legata alla formazione nella zona di ritiro del ghiacciaio di

laghetti intermorenici, fa sì che esse siano variamente distribuite e contenute in zone di dimensioni variabili, anche molto limitate, all'interno della morena di fondo.

I suoli che si rinvengono sono sottili o moderatamente profondi, con un drenaggio da lento a molto lento a causa delle tessiture prevalentemente limoso-argillose degli orizzonti sottostanti.

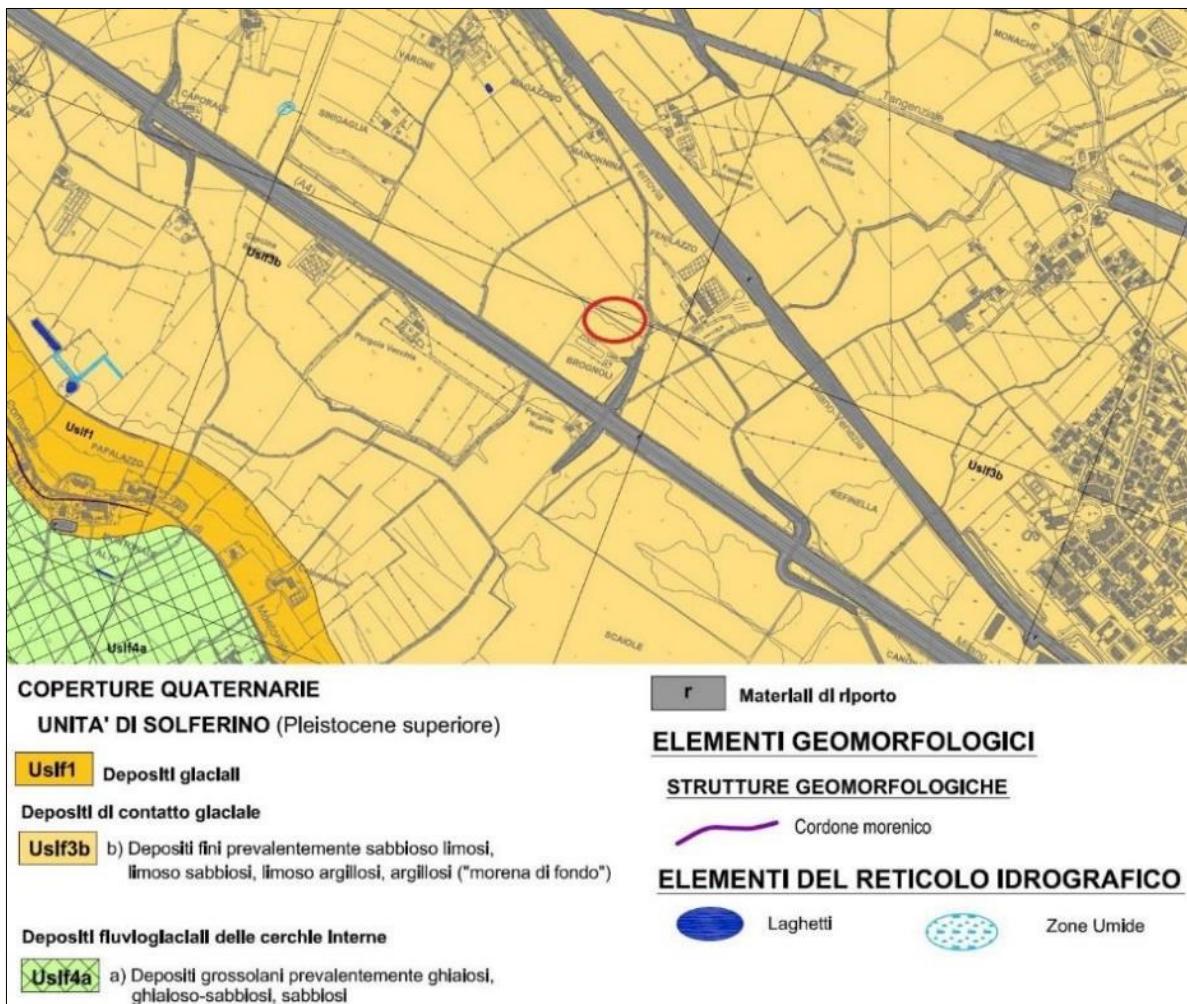


Fig. 2 - Stralcio della "Carta Geologica e Strutturale con elementi Geomorfologici e del sistema idrografico" (Tav. SG T01), allegata allo Studio Geologico del P.G.T. comunale, con ubicazione dell'area d'interesse.

2.2 Assetto Geomorfologico

L'assetto geomorfologico del settore meridionale gardesano è caratterizzato dalla presenza di cerchie moreniche concentriche rispetto al lago, talvolta discontinue, a morfologia piuttosto ondulata.

Il territorio di Desenzano del Garda nello specifico è caratterizzato da una topografia estremamente variabile, esso può presentare pendii fortemente inclinati e scoscesi, legati ai rilievi morenici, e aree con pendenza più moderata, che fanno da raccordo con gli avvallamenti e le piane intermoreniche e le zone perilacustri. Le aree a morfologia infossata corrispondono ad antiche conche lacustri, ancora oggi influenzate da locali fenomeni di ristagno idrico nelle parti più depresse del paesaggio. Il modellamento dei cordoni morenici,

infatti, avvenuto ad opera degli scaricatori fluvioglaciali, ha prodotto piane e valli intermoreniche talora piuttosto articolate. La continuità delle cerchie collinari è dunque sovente interrotta da piane intermoreniche caratterizzate da ondulazioni topografiche, legate in origine allo scorrimento canalizzato delle acque di scioglimento glaciale e successivamente allo sviluppo di alcuni corsi d'acqua olocenici. Il transito verso le condizioni climatiche attuali ha infatti sostituito i fenomeni legati alla dinamica glaciale con i fenomeni geomorfici dovuti all'idrografia superficiale ed alla gravità, apportando ulteriori modifiche al paesaggio. In tempi recenti, l'azione antropica di modifica della topografia, essenzialmente legata alle pratiche agricole ed edificatorie, ha portato il territorio all'attuale configurazione.

L'andamento morfologico locale è legato ad un ambiente deposizionale di materiale fine glaciale e risulta nel complesso sub-pianeggiante. Esso risulta localmente modificato mediante interventi antropici di regolarizzazione della superficie topografica, che hanno condizionato il paesaggio del sito d'interesse.

A tal proposito possono essere presenti materiali rimaneggiati, in relazione ad interventi di regolarizzazione della topografia e in prossimità delle opere di edificazione già avvenute.

Nel complesso l'area in esame risulta stabile e, alla data dei rilievi, non è interessata da alcun fenomeno geomorfico in atto o di dissesto potenziale, come confermato dalla "Carta del dissesto con legenda uniformata PAI" (Tav. SG T03) allegata allo Studio Geologico del PGT comunale di Desenzano d/G.

2.3 Caratteri Idrogeologici locali

L'assetto idrogeologico del territorio di Desenzano del Garda è legato alla circolazione idrica sotterranea che si instaura in funzione della permeabilità delle unità litologiche sopra descritte e ai loro rapporti stratigrafici. Nell'area in esame, il modello idrogeologico di riferimento è caratterizzato da acqui^{feri} superficiali sospesi, discontinui e poco produttivi che circolano all'interno di lenti a granulometria più grossolana, presenti superficialmente nei depositi glaciali/di contatto glaciale.

La falda superficiale, caratteristica dell'area oggetto di indagine, è di tipo freatico superficiale, delimitata alla base dai depositi di origine glaciale impermeabili o semipermeabili, spesso ricchi di frazione argilloso-limosa. Essa risulta alimentata essenzialmente dall'infiltrazione diretta delle acque meteoriche.

A tal proposito si specifica che durante l'esecuzione delle indagini in situ, non è stata rilevata la presenza di acquiferi superficiali, fino ad una profondità di circa -5/-6 m rispetto al piano campagna esistente. Tuttavia, sulla base di indagini eseguite in aree limitrofe a quella d'interesse, non si esclude che le acque di infiltrazione meteorica possano alimentare, specialmente durante periodi di intense e prolungate precipitazioni, falde superficiali discontinue e/o sospese, a partire da circa -2,0/-3,0 m profondità dal p.c., circolanti all'interno dei depositi superficiali, delimitati alla base dai depositi della morena di fondo impermeabili.

In profondità sono presenti falde confinate o semiconfinate contenute negli acquiferi ghiaioso-sabbiosi o ghiaioso-conglomeratici compresi tra intervalli prevalentemente argillosi della sequenza glaciale. Nel territorio in esame le falde medie sono contenute al di sotto di un livello argilloso-limoso, a partire da circa 40-50 m di profondità dal p.c., con un buon grado di artesianesimo. Esse risultano avere un'alimentazione di tipo distale, non direttamente collegata alle precipitazioni meteoriche. A partire da circa 80-110 m di profondità dal p.c. sono presenti acquiferi ben sviluppati e di maggiore produttività.

Il grado di Vulnerabilità dell'acquifero delle acque sotterranee, così come indicato all'interno della Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del P.G.T. del Comune di Desenzano d/G (*"Carta della Vulnerabilità delle acque sotterranee (prima falda)" - Gennaio 2016*), risulta mediamente basso, in funzione soprattutto della granulometria prevalentemente fine dei depositi superficiali (**Fig. 3**).

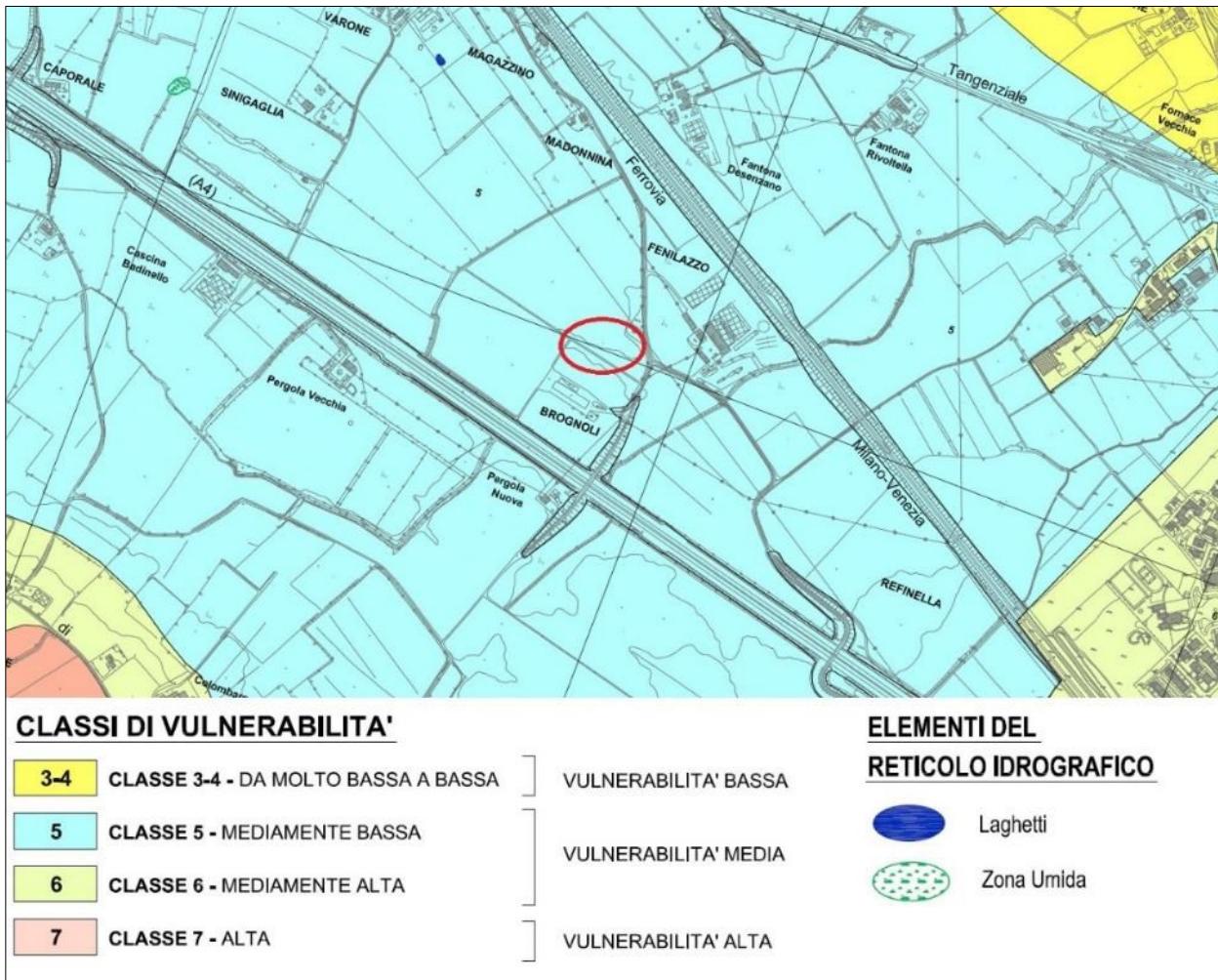


Fig. 3 - Stralcio della *"Carta della Vulnerabilità delle acque sotterranee (prima falda)"* (Tav. SG T05), allegata allo Studio Geologico del P.G.T. comunale, con ubicazione dell'area d'interesse.

2.4 Permeabilità dei terreni

La circolazione idrica sotterranea dell'area di progetto è in funzione della permeabilità delle unità idrogeologiche presenti. In merito, il lotto d'interesse è costituito, oltre un primo orizzonte superficiale vegetale, inizialmente da depositi limoso sabbiosi debolmente argillosi, permeabili per porosità, caratterizzati da una permeabilità complessivamente media. Tali depositi ricoprono la sottostante unità della costituita prevalentemente da depositi argilloso-limosi, con permeabilità basse.

Per la stima dei valori di permeabilità k sono state eseguite all'interno del lotto di progetto specifiche prove di permeabilità all'interno degli scavi esplorativi; tali dati sono stati confrontati con i dati reperiti da letteratura, riguardanti le caratteristiche di

permeabilità dei terreni, sia da stratigrafie di alcuni pozzi terebrati in aree limitrofe a quella di studio.

L'area di studio è caratterizzata quasi omogeneamente, oltre il primo strato di depositi superficiali, da terreni costituiti da limi sabbiosi debolmente argillosi, fino a circa -3,6/-4,4 m dal p.c., ($k=1,05 \times 10^{-5} / 1,27 \times 10^{-5}$ m/s), passando in profondità a sequenze prevalentemente argilloso-limose a permeabilità bassa ($k<1,0 \times 10^{-6} / 1,0 \times 10^{-7}$ m/s). Ne consegue che, sulla base dei dati raccolti dalle prove in situ, ai terreni presenti all'interno dell'area d'interesse, fino ad una profondità di circa -3,6/-4,4 m di profondità dal p.c., possono essere attribuiti valori di permeabilità medi (da $1,05 \times 10^{-5}$ m/s a $1,27 \times 10^{-5}$ m/s), con discrete capacità di drenaggio.

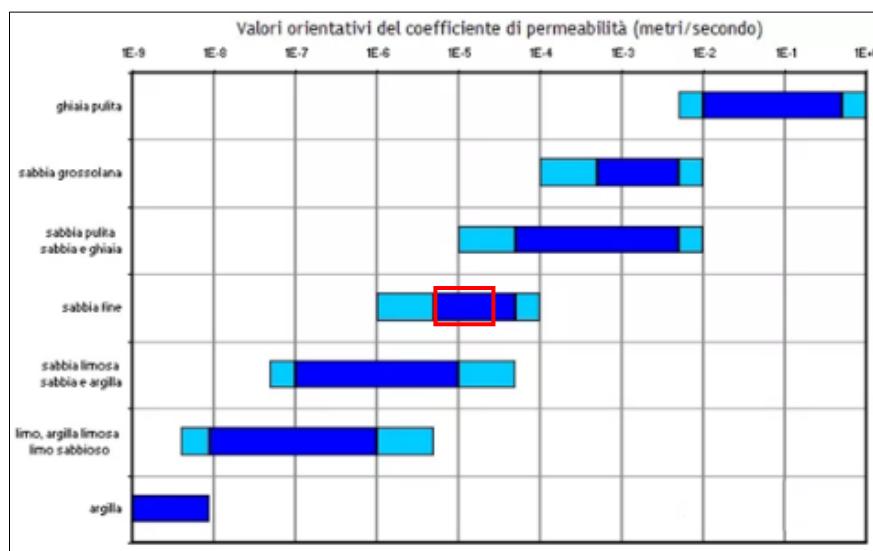


Fig. 4 - Valori indicativi del coefficiente di permeabilità.

2.5 Rete Idrografica locale

Nel territorio comunale di Desenzano del Garda il corpo idrico di rilevante importanza è rappresentato dal Lago di Garda, maggiore specchio lacustre italiano, formatosi nell'era neozoica all'interno della depressione creata dai ghiacciai alpini quaternari provenienti dalla Valle dell'Adige e del Chiese impostata in una depressione tettonica connessa al solco strutturale gardesano preesistente (miocenico).

La rete idrografica superficiale del territorio in esame è costituita da alcuni corsi d'acqua afferenti al Reticolo Idrico Minore che scorrono in senso ortogonale alla riva del lago e raccolgono le acque provenienti dalla cerchia morenica e dalla piana che attraversano prima di sfociare nel lago. Tali corsi d'acqua nascono nella zona pre-collinare da risorgive naturali e durante il percorso verso il lago diventano ricettori delle acque di scolo dei terreni. Ad essi, in passato era interamente affidato il deflusso superficiale delle acque meteoriche dall'entroterra verso il lago e ad essi sono attribuibili i *sedimenti fini alluvionali*, che in queste aree ricoprono i *depositi della Morena di fondo*. Attualmente gli alvei di tali *Ganfi* risultano parzialmente rettificati in seguito alle recenti urbanizzazioni.

Inoltre, la rete idrografica è caratterizzata da una rete di canalizzazioni con deboli pendenze e lenti deflussi delle acque, facenti parte del reticolo idrico minore di competenza comunale; esse formano una fitta rete idrografica costituita totalmente da canali artificiali utilizzati per l'irrigazione (*Fig. 5*). Le rogge, pur rivestendo una funzione irrigua prevalente,

in concomitanza di eventi piovosi di una certa intensità raccolgono le acque piovane e regolamentano il deflusso idrico. I tracciati dei corsi d'acqua della suddetta piana glaciale, seguono l'andamento e la forma dei campi e posseggono pendenze molto limitate; di conseguenza il deflusso delle acque avviene lentamente, con scarsa capacità erosiva.

In merito si segnala la presenza, immediatamente a Nord rispetto all'ingombro dell'area progettuale, di alcuni tratti di corsi d'acqua appartenenti al Reticolo Idrico Minore (vedi "Carta delle Fasce di Tutela del Reticolo Idrico Principale e Minore" Tav. 3/A - Luglio 2015; **Fig. 5**). A tal proposito si specifica che gli ingombri progettuali, così come definiti alla data di stesura del presente elaborato, non interferiscono con i suddetti elementi del reticolo idrografico e non rientrano all'interno delle fasce di tutela per essi istituite (pari a 4 m da ciascuna sponda). Nello specifico, il deflusso idrico superficiale entro l'area di indagine ed in quelle limitrofe avviene essenzialmente per spaglio superficiale. All'interno della proprietà oggetto d'intervento non si segnalano inoltre zone soggette a problematiche di tipo idraulico.



Fig. 5 - Stralcio della "Carta del reticolo idrico con indicazione delle fasce di tutela" (Tav. 3/B), allegata allo Studio Geologico del P.G.T. comunale, con ubicazione dell'area d'interesse.

2.6 Piano di Gestione Rischio Alluvioni

Il **Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA)** è lo strumento operativo previsto dalla legge italiana, in particolare dal D.Lgs. n. 49 del 2010, che dà attuazione alla Direttiva Europea 2007/60/CE, per individuare e programmare le azioni necessarie a ridurre le conseguenze negative delle alluvioni per la salute umana, per il territorio, per i beni, per l'ambiente, per il patrimonio culturale e per le attività economiche e sociali. Esso deve essere predisposto a livello di distretto idrografico.

Per **alluvione** si intende qualsiasi evento che provoca un allagamento temporaneo di un territorio non abitualmente coperto dall'acqua, purché direttamente imputabile a cause di tipo meteorologico. Per il Distretto Padano, cioè il territorio interessato dalle alluvioni di tutti i corsi d'acqua che confluiscono nel Po, dalla sorgente fino allo sbocco in mare, è stato predisposto il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Po (PGRA-Po).

Il PGRA, adottato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del fiume Po con delibera n. 4 del 17 dicembre 2015 e approvato con delibera n. 2 del 3 marzo 2016 è definitivamente approvato con D.P.C.M. del 27 ottobre 2016, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana n. 30, serie Generale, del 6 febbraio 2017.

I dati in termini di pericolosità e di rischio da alluvione, in attuazione a quanto disposto dal D.Lgs. 49/2010 e dai successivi indirizzi del Ministero dell'Ambiente e della tutela del Territorio e del Mare, come previsti nell'ultimo Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Po (Revisione 2020 - Fig. 6), evidenziano l'assenza di limitazioni derivanti da quanto previsto dalla D.G.R. X/6738 del 19/06/2017 vigente in materia (nessun scenario di pericolosità e rischio).

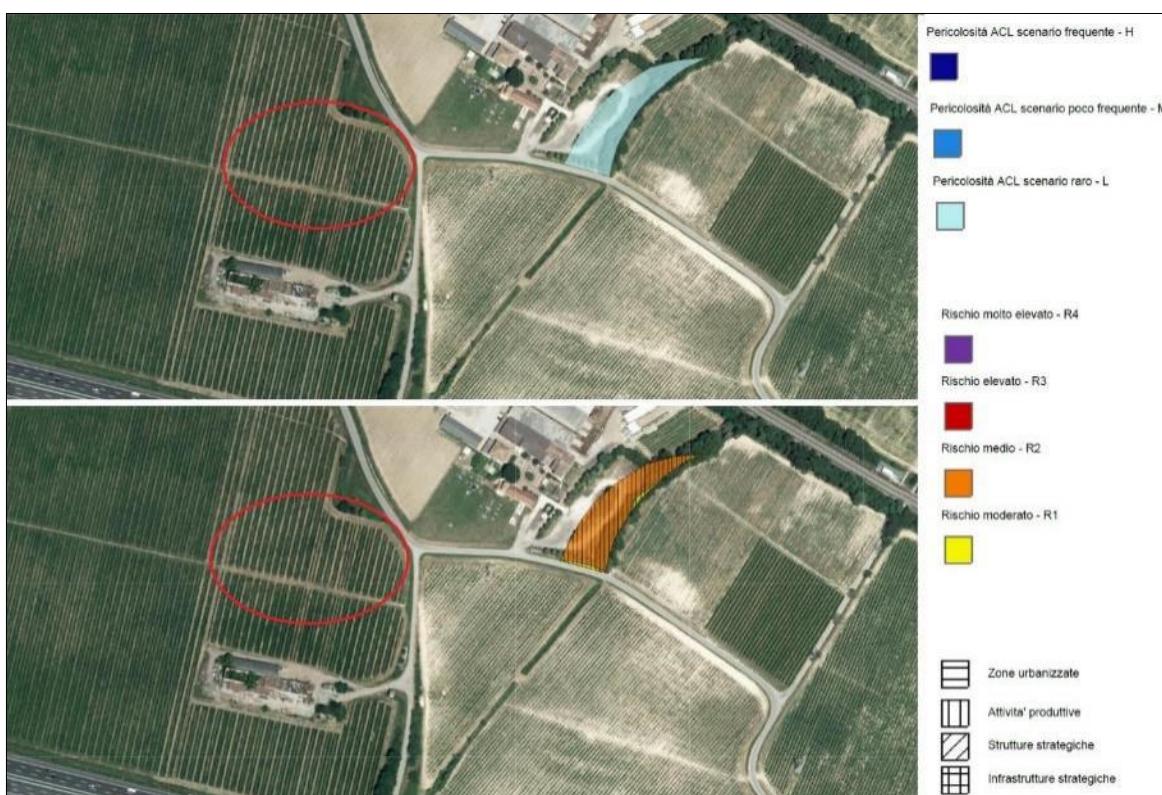


Fig. 6 - Stralcio della Mappa degli Scenari di Pericolosità da alluvione e Mappa del Rischio Alluvioni stralciate dal Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Po (Dicembre 2020).
Fonte Viewer Geografico del Geoportale della Regione Lombardia.

3. INDAGINI GEOGNOSTICHE

A supporto della presente relazione tecnica, in data 20 Ottobre 2021 la ditta *Crestana S.r.l.s.* ha eseguito un'indagine geognostica, realizzata e progettata al fine di raggiungere i seguenti obiettivi:

- ✓ Caratterizzazione idrogeologica e definizione permeabilità dei terreni superficiali;
- ✓ Caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione e verifica della presenza di un'eventuale falda acquifera superficiale;
- ✓ Modello sismostratigrafico e caratterizzazione sismica del sito.

L'indagine ha previsto la realizzazione di **n°6 prove penetrometriche statiche (CPT)** e **n°2 Scavi Esplorativi** per la caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione.

È stato eseguito inoltre **n° 1 stendimento di sismica** multicanale con acquisizione delle onde di superficie, ed elaborazione dei dati secondo la procedura tipo **MASW** e **n° 1 indagine sismica passiva con metodo HVSR**, per la caratterizzazione sismostratigrafica del sottosuolo.

Le indagini sono state eseguite secondo le prescrizioni e gli oneri contenuti nelle *Raccomandazioni A.G.I. (1977)* ed alla presenza costante del sottoscritto, geologo abilitato.

Nell'ubicazione dei punti d'indagine si è tenuto conto della logistica dei luoghi, dell'ingombro delle strutture esistenti e delle opere di progetto (**Tav. 2**). I dati derivanti dalle prove in situ riassunti nei diagrammi in allegato sono riferiti al piano campagna generale presente alla data delle indagini (p.c.).

3.1 Scavi esplorativi

Metodologia di esecuzione

In accordo con i *Tecnici della committenza*, per la presente campagna d'indagine sono stati eseguiti **n° 2 scavi esplorativi**, per la caratterizzazione stratigrafica dei terreni di fondazione e per l'esecuzione di prove di permeabilità dei terreni.

Gli scavi sono stati ubicati in modo da essere complementari alle informazioni geotecniche desumibili dalle prove penetrometriche; essi hanno raggiunto una profondità massima di -2,9 m dal p.c., necessaria a raggiungere gli obiettivi preposti e ad indagare gli orizzonti stratigrafici superficiali interessati dalle future operazioni di scavo e posa fondazioni, nonché per la determinazione delle caratteristiche di permeabilità dei terreni.

La stratigrafia riscontrata risulta pienamente corrispondente alle caratteristiche dei terreni superficiali individuati con le prove penetrometriche.

La descrizione dei terreni è stata eseguita utilizzando il “*criterio granulometrico*” fissato per la descrizione delle terre dalle (AGI 1977), secondo cui il terreno viene denominato gerarchicamente con il nome della frazione percentuale maggiore. Successivamente, la frazione gerarchicamente inferiore viene preceduta dal termine “*con*” se la percentuale è compresa tra il 25% e il 50% oppure seguita dal suffisso “... *oso*” se la percentuale è compresa tra il 10% e il 25%, oppure dal suffisso “*debolmente ...oso*” se la percentuale è compresa tra il 5% e il 10%. Le frazioni inferiori al 5% sono indicate con “... *in tracce*”.

3.2 Prove di permeabilità in sito

Per la definizione delle caratteristiche di permeabilità dei terreni presenti in sito, sono state eseguite, entro gli scavi esplorativi T1 e T2, specifiche **prove di permeabilità a carico variabile**.

Metodologia ed esecuzione della prova

Le prove di permeabilità sono state eseguite inserendo all'interno dello scavo esplorativo un tubo cieco del diametro di 196 mm e con lunghezza pari a 2,0 m.

Le prove di permeabilità possono essere di due tipologie:

- prove a carico costante, effettuate cioè riempiendo d'acqua il tubo e misurando la portata necessaria per mantenere costante il livello;
- prove a carico variabile, effettuate misurando la velocità di abbassamento in funzione del tempo.



Fig. 7 - Esecuzione di prova di permeabilità in sito.

Le prove, in questo caso di tipo a carico variabile, sono state eseguite nel terreno preventivamente saturato, mediante riempimento del fondo foro, circoscritto dal tubo circolare del diametro di 196 mm, con acqua per quasi l'intera altezza del tubo, con misura della velocità di abbassamento del livello idrico in funzione del tempo.

La stima del *coefficiente di permeabilità (k)*, è stata ricavata utilizzando la seguente formula (A.G.I. – 1977):

$$k = \frac{A}{C_L(t_2 - t_1)} \ln \frac{h_1}{h_2}$$

in cui:

A = area di base della tubazione;

h_2-h_1 = altezza dei livelli d'acqua nel foro rispetto al livello della falda indisturbata o al fondo del foro stesso agli istanti t_1 e t_2 ;

t_2-t_1 = tempi ai quali si misurano h_1 e h_2 ;

C_L = coefficiente di forma dipendente dall'area del foro della tubazione de dalla lunghezza del tratto di foro scoperto.

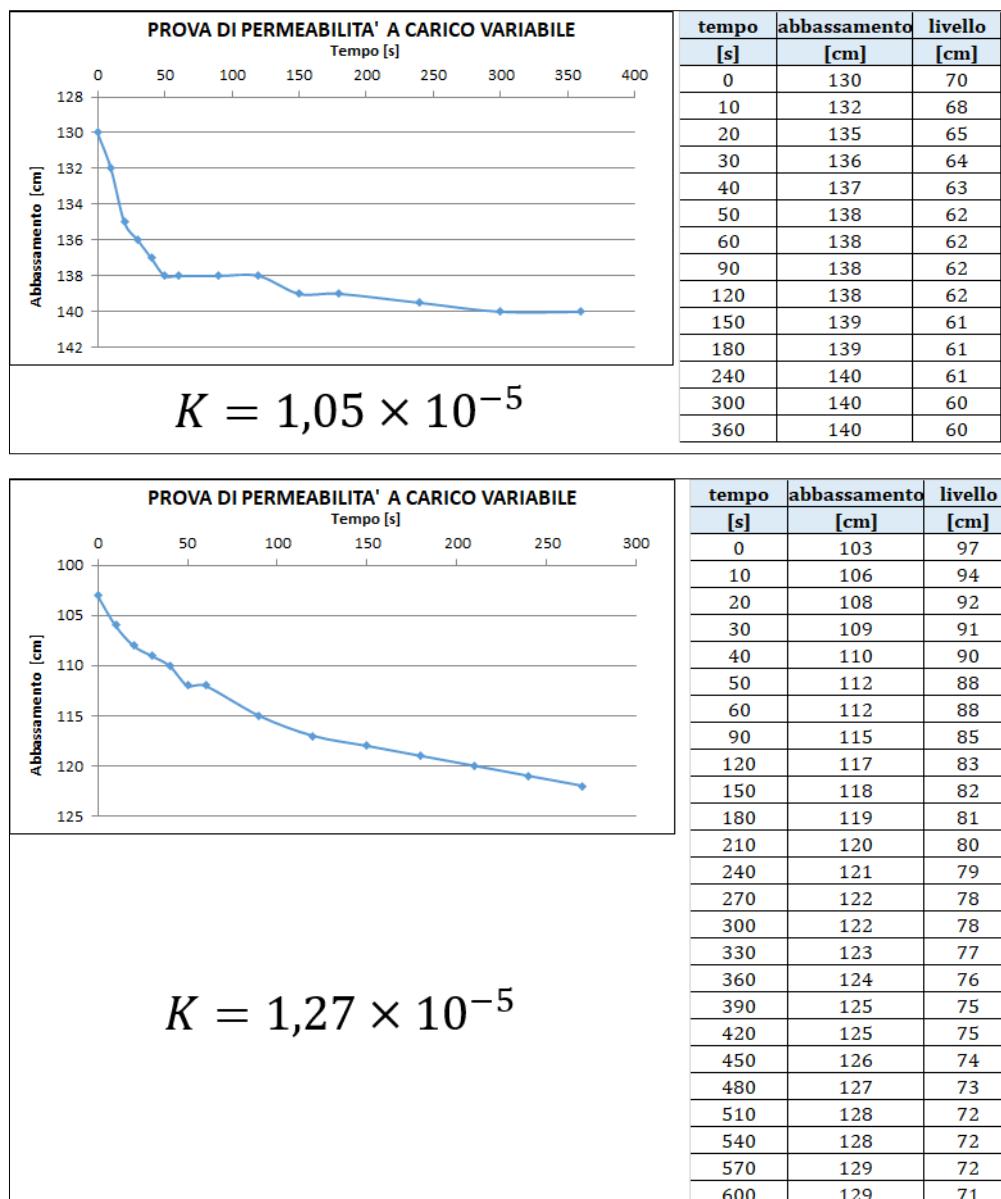


Fig. 8 - Schema di calcolo del coefficiente di permeabilità (T1 in alto, T2 in basso).

Interpretazione dei risultati

In relazione alla formula riportata e ai risultati presentati in **Fig. 8**, si ottiene il seguente coefficiente di permeabilità (k) di sito:

SCAVO	PROFONDITÀ DEL TRATTO DI PROVA (m da p.c.)	LITOLOGIA	PERMEABILITÀ K
T1	Da -2,9	Limi sabbiosi debolmente argillosi	$1,05 \times 10^{-5} \text{ m/s}$
T2	Da -2,0		$1,27 \times 10^{-5} \text{ m/s}$

Sulla base dei dati raccolti dalle prove in situ, ai depositi superficiali presenti all'interno dell'area d'interesse, costituiti prevalentemente da limi sabbiosi debolmente argillosi, sono attribuiti valori di permeabilità medi (da $1,05 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ a $1,27 \times 10^{-5} \text{ m/s}$) con discrete capacità di drenaggio.

3.3 Prove penetrometriche statiche (CPT)

Metodologia ed attrezzatura di prova

La **prova penetrometrica statica CPT** (Cone Penetration Test) consiste nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta conica, di dimensioni e caratteristiche standard, infissa a velocità costante nel terreno, tramite un dispositivo di spinta che agisce alternativamente su una batteria di aste esterna e su una interna. Essa è stata eseguita mediante macchina penetrometrica cingolata *Pagani mod. TG 63/200*.

La punta meccanica, di tipo Begemann, possiede un angolo di apertura pari a 60° , un diametro di 35,7 mm e una superficie di 10 cm^2 e viene infissa nel terreno mediante un sistema idraulico di spinta da 20 ton ed una batteria di aste, ad una velocità costante di $2 \text{ cm/s} \pm 0,5 \text{ cm/s}$. Al di sopra della punta, si ha un manicotto scorrevole, con un diametro pari a 35,7 mm, una lunghezza di 133 mm ed una superficie di 150 cm^2 , sul quale viene misurata la resistenza di attrito laterale (f_s). Durante la fase di spinta le aste sono azionate automaticamente da un comando idraulico.

I valori acquisiti, ad intervalli regolari di 0,20 m, sono visualizzati su un display digitale

e risultano essere alternativamente **LP** (lettura alla punta) e **LL** (lettura laterale). I valori di seguito calcolati **qc**, resistenza alla punta conica (Kg/cm^2), e **fs**, resistenza all'attrito laterale (manicotto) (Kg/cm^2), sono legati da correlazioni empiriche ad alcuni **parametri geotecnici caratteristici** del terreno e permettono dunque di valutare la successione stratigrafica del sottosuolo indagato, identificando la **natura degli strati attraversati**.

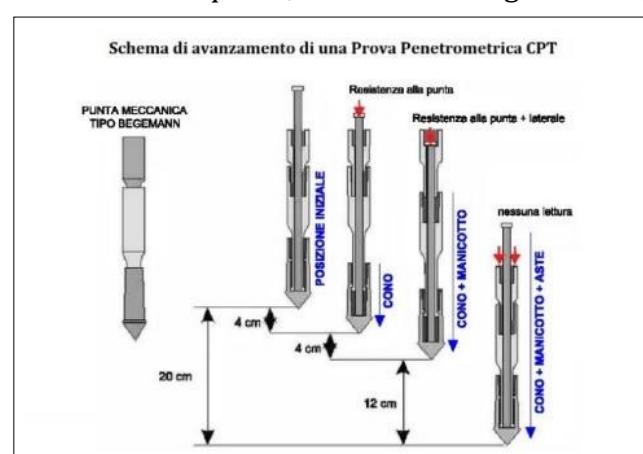


Fig. 9 - Modalità di prova CPT e avanzamento punta Begemann.

Interpretazione dei dati

Le prove penetrometriche sono state spinte ad una profondità massima di -15,0 m rispetto al p.c. (P1); esse risultano sufficientemente rappresentative dei terreni indagati e correlabili con altre prove eseguite dal sottoscritto in aree limitrofe ed in contesti omologhi a quello di studio.

Le evidenze lito-stratigrafiche delle verticali d'indagine e il grado di addensamento dei terreni attraversati dalle prove penetrometriche sono di seguito riassunti.

MODELLO GEOLOGICO LOCALE

	Unità geologica	Caratteristiche litologiche	q_c medio (kg/cm²)	Denominazione AGI
STRATO 1				
da 0,0 a -0,6/-1,2 m	Unità S	Terreno superficiale vegetale limoso-sabbioso	16-24	Scarsamente addensato
STRATO 2				
da -0,6/-1,2 m a -4,4/-5,0 m	Unità MF1	Depositi glaciali della Morena di Fondo costituiti da limi sabbiosi deb. argillosi	46-83	Moderatamente addensato
STRATO 3				
da -4,4/-5,0 m a -10,6/10,8 m	Unità MF2	Depositi glaciali della Morena di Fondo argilloso-limosi	9-11	Moderatamente consistente
STRATO 4				
Oltre -10,6/-10,8 m dal p.c.	Unità MF3	Depositi glaciali della Morena di Fondo argilloso-limosi	13-15	Moderatamente consistente

Per la misura di un eventuale livello di falda, sono stati inseriti nel foro di prova i tubi piezometrici microfessurati in PVC del diametro di $\frac{1}{2}$ ". Le misure effettuate al termine dell'indagine geognostica, non hanno rilevato la presenza di livelli acquiferi fino ad almeno -5,0/-6,0 m dal p.c..

Tuttavia, sulla base di indagini eseguite in aree limitrofe a quella d'interesse, non si esclude che le acque di infiltrazione meteorica possano alimentare, specialmente durante periodi di intense e prolungate precipitazioni, falde superficiali discontinue e/o sospese, a partire da circa -2,0/-3,0 m profondità dal p.c., circolanti all'interno dei depositi superficiali, delimitati alla base dai depositi della morena di fondo impermeabili.

3.4 Prospettive sismiche e modello sismostratigrafico

Per la verifica del comportamento sismico dei terreni di fondazione sono state eseguite specifiche indagini per determinare la velocità di propagazione delle onde sismiche nel sottosuolo. Le indagini in situ sono consistite nell'esecuzione di **n° 1 stendimento di sismica multicanale con acquisizione delle onde di superficie** con elaborazione dei dati secondo la **procedura MASW** ed analisi congiunta con i dati ottenuti mediante l'esecuzione di **n° 1 indagine sismica passiva con metodo HVSR**. Mediante tali metodologie è stato possibile ricostruire l'**andamento medio delle onde di taglio S** in profondità ed eseguire la valutazione del parametro $V_{s,eq}$ di sito, al fine di classificare il terreno di fondazione secondo

quanto previsto dal *D.M. 17/01/2018*, misurando eventualmente il periodo proprio di vibrazione di sito.

ANALISI HVSR

Cenni sulla metodologia HVSR

La tecnica HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) è basata sulla misura dei rapporti medi fra le ampiezze spettrali delle componenti orizzontali e verticale del rumore sismico ambientale. La prova a stazione singola, nota anche come prova Nakamura (1989), consiste nella valutazione sperimentale dei rapporti di ampiezza spettrale fra le componenti orizzontali (H) e la componente verticale (V) delle vibrazioni ambientali sulla superficie del terreno misurati in un punto con un apposito sismometro a tre componenti.

Il risultato di questa prova è una curva sperimentale, che rappresenta il valore del rapporto fra le ampiezze spettrali medie delle vibrazioni in funzione della frequenza di vibrazione. Le frequenze alla quali la curva H/V mostra dei massimi, sono legate alle frequenze di risonanza del terreno al di sotto del punto di misura. L'ampiezza di questi massimi è proporzionale (anche se non linearmente) all'entità del contrasto di impedenza sismica esistente alla base della copertura. In particolare, in presenza di forti variazioni nel profilo di velocità delle onde *S* nel sottosuolo (legate per esempio alla transizione fra sedimenti soffici e basamento rigido), la funzione H/V mostra dei massimi marcati in corrispondenza della frequenza di risonanza *fr* relativa a quella configurazione stratigrafica. Pertanto, questa prova ha lo scopo principale di mettere in luce la presenza di fenomeni di risonanza sismica e consentire una stima delle frequenze alle quali il moto del terreno può risultare amplificato a causa di questi fenomeni.

Acquisizione dei dati

Nell'area d'indagine è stata eseguita, mediante tromometro a stazione singola, una misura di rumore sismico ambientale per un tempo di registrazione massimo di 15 minuti.

La strumentazione utilizzata si compone nello specifico di:

- un sistema di ricezione costituito da un tromometro CGE a 3 componenti geofoniche con frequenza propria di 2 Hz per acquisizioni del microtremore lungo la direzione verticale e le due direzioni orizzontali ortogonali.
- un sistema di acquisizione e memorizzazione costituito da un sismografo modulare in grado di registrare in modo digitale le forme d'onda generate (*Geode Geometrics Mod. 3-1000*); il sismografo A/D è in grado di campionare segnali tra 0.025 ms e 16 ms (campionamento eseguito a 4 ms). Il sistema di acquisizione è completato da un computer per l'analisi e la memorizzazione del segnale e appositi cavi di collegamento.

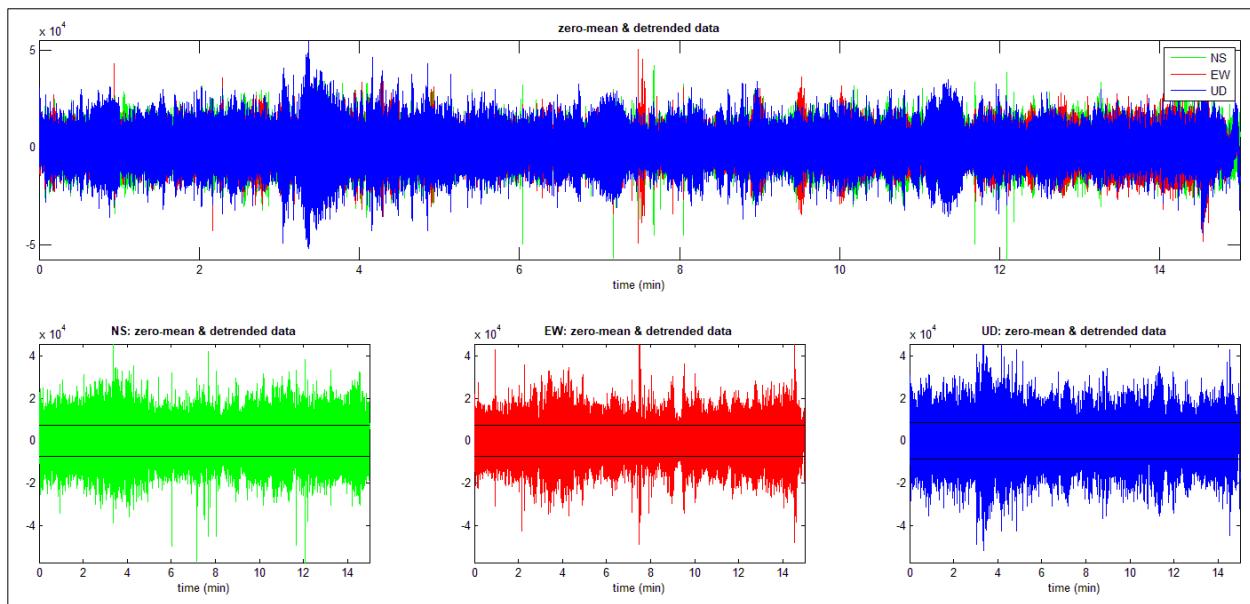


Fig. 10 - Visualizzazione dei dati originali prima della rimozione di eventi transienti.

Analisi ed elaborazione dei segnali acquisiti

I risultati delle analisi presentati in questo lavoro sono stati ottenuti con il software *winMASW* versione *Acd 7.2*, che permette di determinare i rapporti medi fra le componenti spettrali del rumore, misurate sul piano orizzontale e verticale. A questo scopo, l'acquisizione del rumore ambientale è stata suddivisa in una serie di finestre temporali di uguale durata (finestre di 20 ms), per ciascuna delle quali è stato determinato lo spettro del moto. La determinazione della curva HVSR ha previsto in sintesi i seguenti steps:

- 1) Eliminazione manuale da parte dell'utente delle parti di segnale costituite dal disturbo arrecato da eventi non conformi al rumore ambientale (transienti). Questa operazione produce una diminuzione della lunghezza del segnale analizzato.
- 2) Definizione della lunghezza degli intervalli entro cui calcolare le curve HVSR (20 ms).
- 3) Calcolo delle trasformate di Fourier delle tre componenti x, y, z del moto.
- 4) Operazione di smoothing degli spettri di Fourier.
- 5) Somma delle due componenti orizzontali x e y.
- 6) Calcolo delle curve HVSR come rapporto spettrale tra la componente orizzontale H e la componente verticale V negli N intervalli temporali stazionari.
- 7) Calcolo della curva HVSR media tra le N curve HVSR.

I risultati ottenuti sono stati iterativamente verificati andando a valutare la direttività e la stabilità nel tempo della curva HVSR, durante le fasi di elaborazione della curva stessa.

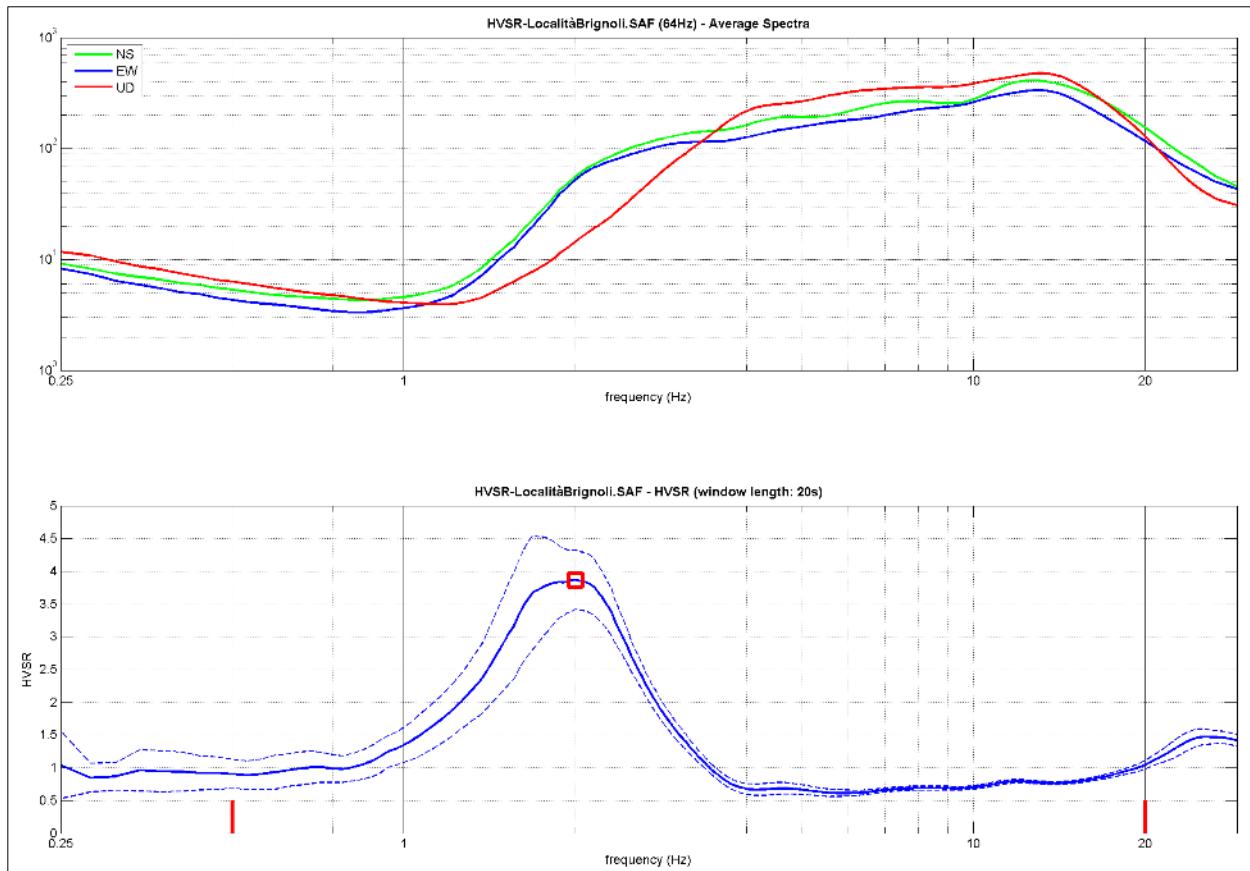


Fig. 11 - HVSR e spettro medio di ampiezza del sito indagato.

La curva HVSR riportata, indica un picco principale a circa 2,0 Hz; la sua validità viene verificata, mediante software *winMASW*, secondo i criteri di ammissibilità del progetto SESAME (che definiscono la robustezza statistica della curva HVSR e degli eventuali picchi presenti).

Criteria for a reliable H/V curve (Criteri per una curva affidabile)

- #1. [$f_0 > 10/L_w$]: $2.002 > 0.5$ (OK)
 - #2. [$n_c > 200$]: $2963 > 200$ (OK)
 - #3. [$f_0 > 0.5\text{Hz}$; $\sigma A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$] (OK)
-

Criteria for a clear H/V peak (Criteri per un picco H/V chiaro)

- #1. [exists f_- in the range $[f_0/4, f_0]$ | $AH/V(f_-) < A_0/2$]: yes, at frequency 0.5Hz (OK)
 - #2. [exists f_+ in the range $[f_0, 4f_0]$ | $AH/V(f_+) < A_0/2$]: yes, at frequency 2.8Hz (OK)
 - #3. [$A_0 > 2$]: $3.9 > 2$ (OK)
 - #4. [$f_{peak}[AH/v(f) \pm \sigma A(f)] = f_0 \pm 5\%$]: (NO)
 - #5. [$\sigma A(f_0) < \epsilon(f_0)$]: $0.275 > 0.100$ (NO)
 - #6. [$\sigma A(f_0) < \theta(f_0)$]: $0.451 < 1.58$ (OK)
-

Descrizione dei risultati

Il picco a 2,0 Hz, di ampiezza pari 3,9 rispetta tutti i criteri *SESAME* per una curva affidabile; tuttavia non è rispettata la condizione che prevede la verifica di un minimo di 5 criteri su 6 per un picco chiaro, nonostante siano stati modificati, in diverso modo, i parametri di elaborazione affinché essi fossero tutti verificati.

Dall'analisi della curva HVSR, eseguita tra 1,0 Hz e 20 Hz (frequenze di interesse ingegneristico), è quindi risultata una possibile frequenza principale di risonanza attorno a 2,0 Hz.

Considerato l'andamento delle tre componenti che costituiscono il segnale sismico registrato, il picco di risonanza principale del sito indagato può essere ritenuto di origine stratigrafica e attribuibile ad un contrasto di impedenza sismica presente a circa -40/-50 m dal p.c., tra i depositi della sequenza deposizionale glaciale caratteristica della zona in cui ricade l'area in esame e sottostanti orizzonti maggiormente addensati.

Pur tenendo debitamente conto delle limitazioni che tale metodologia presenta per la ricostruzione di un profilo sismostratigrafico dettagliato, il picco principale individuato dall'analisi H/V, e il relativo tratto di curva, sono stati comunque utilizzati, tramite modellazione diretta, nell'analisi congiunta MASW+HVSR (**Fig. 13**), per trarre informazioni sismo-stratigrafiche utili e integrabili all'analisi MASW di seguito riportata.

INDAGINE SISMICA MASW

Cenni sulla metodologia MASW

Con una prospezione sismica *MASW* (*Multi-channel Analysis of Surface Waves*) si analizza il fenomeno della dispersione che le onde di superficie subiscono in un mezzo stratificato. La velocità di propagazione per una certa lunghezza d'onda (λ), quindi frequenza è, infatti, influenzata dalle proprietà che il sottosuolo attraversato possiede ed è detta *velocità di fase*. Le *MASW* attive sono realizzate tramite analisi delle onde di Rayleigh o di Love oppure, congiuntamente Rayleigh + Love. Queste rappresentano le onde di superficie prodotte dall'iterazione delle onde di corpo (P e S) con una superficie di discontinuità fisica. Le *onde di Rayleigh*, e più precisamente le loro componenti verticali, vengono registrate tramite i comuni geofoni verticali a bassa frequenza e generate da una sorgente ad impatto verticale, la classica martellata. Le *onde di Love* invece vengono acquisite mediante geofoni a componente orizzontale e generate applicando una sorgente di taglio al terreno, questo perché le loro componenti si muovono solamente sul piano orizzontale, con oscillazione perpendicolare rispetto alla direzione di propagazione dell'onda. Durante l'indagine in oggetto lungo lo stendimento sismico sono state registrate, sia le *onde di Love, che le componenti verticali delle onde di Rayleigh*.

Il principio della tecnica *MASW* prevede che, poiché la dispersione delle onde di superficie dipende dalle caratteristiche del sottosuolo e dalle sue variazioni verticali, dalla determinazione delle curve di dispersione del segnale è possibile ricavare le caratteristiche fondamentali del mezzo quali ad esempio la velocità delle onde di taglio V_s e lo spessore degli strati. La velocità delle onde di Rayleigh (V_R) infatti è correlabile alla V_s , essendo pari a circa il 90% della velocità delle onde di taglio. L'analisi del fenomeno della dispersione, che avviene attraverso la *curva di dispersione*, permette quindi di determinare le caratteristiche del sottosuolo. La curva di dispersione del *dataset* è ottenuta mediante il passaggio dal dominio *spazio-tempo* (sismogramma) al dominio *velocità di fase/frequenza* (spettro di velocità) effettuato mediante specifica operazione con software dedicato. Tenuto conto di

quanto richiesto per l'applicazione della normativa relativa alla progettazione geotecnica, si ritiene che la metodologia di analisi *MASW con analisi congiunta delle onde di Rayleigh e di Love*, risulti idonea alla definizione dei dati richiesti.

Acquisizione dei dati

L'ubicazione e la lunghezza dello stendimento sono state scelte in funzione della logistica dei luoghi e dell'ingombro delle strutture di progetto. L'allineamento sismico per l'acquisizione delle onde di Rayleigh ha previsto una distanza tra i geofoni pari a 1,0 m ed una serie di scoppi esterni all'ultimo geofono con offset variabili (2-4-6-8-10-12 m) a diversa intensità di energizzazione. Per l'acquisizione delle onde di Love lo stendimento sismico ha previsto invece una distanza intergeofonica pari a 1,0 m ed una serie di scoppi esterni con offset di 3 m dall'ultimo geofono.

L'acquisizione della componente verticale delle *onde di Rayleigh* è avvenuta mediante registrazione della propagazione del segnale sismico generato da una sorgente ad impatto verticale (martellata), tramite uno stendimento sismico di 24 geofoni a componente verticale. L'acquisizione delle *onde di Love* è avvenuta mediante uno stendimento sismico di 24 geofoni a componente orizzontale posti trasversalmente all'allungamento dello stendimento, generando un'onda sismica di taglio mediante martellata orizzontale su piastra posta verticalmente nel terreno. La strumentazione utilizzata si compone nello specifico di:

- una sorgente meccanica in grado di generare onde elastiche direzionali e ricche di energia realizzata mediante la battuta verticale e orizzontale di una mazza battente di 10 kg su piastra;
- un sistema di ricezione costituito alternativamente da uno stendimento di 24 geofoni (onde di Rayleigh) a movimento verticale (*Geospace GS11D*) e da uno stendimento di 24 geofoni (onde di Love) a movimento orizzontale (Senshe con livello a bolla), entrambi a frequenza di 4,5 Hz e puntali da 3", collegati mediante un cavo multielettrodo;
- un sistema di acquisizione e memorizzazione costituito da un sismografo modulare in grado di registrare in modo digitale le forme d'onda generate (*Geode Geometrics Mod. 3-1000*); il sismografo A/D è in grado di campionare segnali tra 0.025 ms e 16 ms. Il sistema di acquisizione è completato da dispositivo di *trigger*, computer per l'analisi e la memorizzazione del segnale e appositi cavi di collegamento.

Determinazione degli spettri di velocità ed individuazione delle curve di dispersione

La stima dell'andamento in profondità delle velocità Vs, mediante acquisizione sismica multicanale è ottenuta tramite l'analisi del segnale nel dominio frequenza/velocità di fase. Viene utilizzato lo spettro di velocità in quanto è il dominio dove è chiaramente più immediato e naturale comprendere le proprietà dispersive del mezzo attraversato, determinando con precisione la velocità di ciascuna componente del segnale registrato.

Dopo aver scelto quindi il sismogramma più idoneo, quello solitamente con il miglior rapporto *segnale/rumore*, si esegue una trasformata dal dominio *spazio/tempo* al dominio *frequenza/velocità* (**Fig. 12**). Particolare attenzione nell'interpretazione delle curve di dispersione è posta in considerazione del fatto che le vibrazioni indotte dalle onde di superficie sono correlabili a diversi *modi*, che possono sovrapporsi all'interno dello spettro di velocità. Se tale sovrapposizione avviene, può generarsi una curva di dispersione apparente, che può risultare fuorviante in fase di interpretazione.

Al fine di individuare i modi corretti e correlabili alla reale successione stratigrafica è stato scelto di eseguire un'analisi congiunta delle onde di Rayleigh e delle onde Love. L'interpretazione dello spettro è consistita quindi nel confrontare le distribuzioni di energia tra i vari modi. Dato che la distribuzione dell'energia nelle due componenti Love e Rayleigh è risultata a tratti molto differente, l'analisi congiunta è risultata indispensabile al riconoscimento del reale andamento dei modi, conducendo all'elaborazione di un modello maggiormente vincolato e preciso.

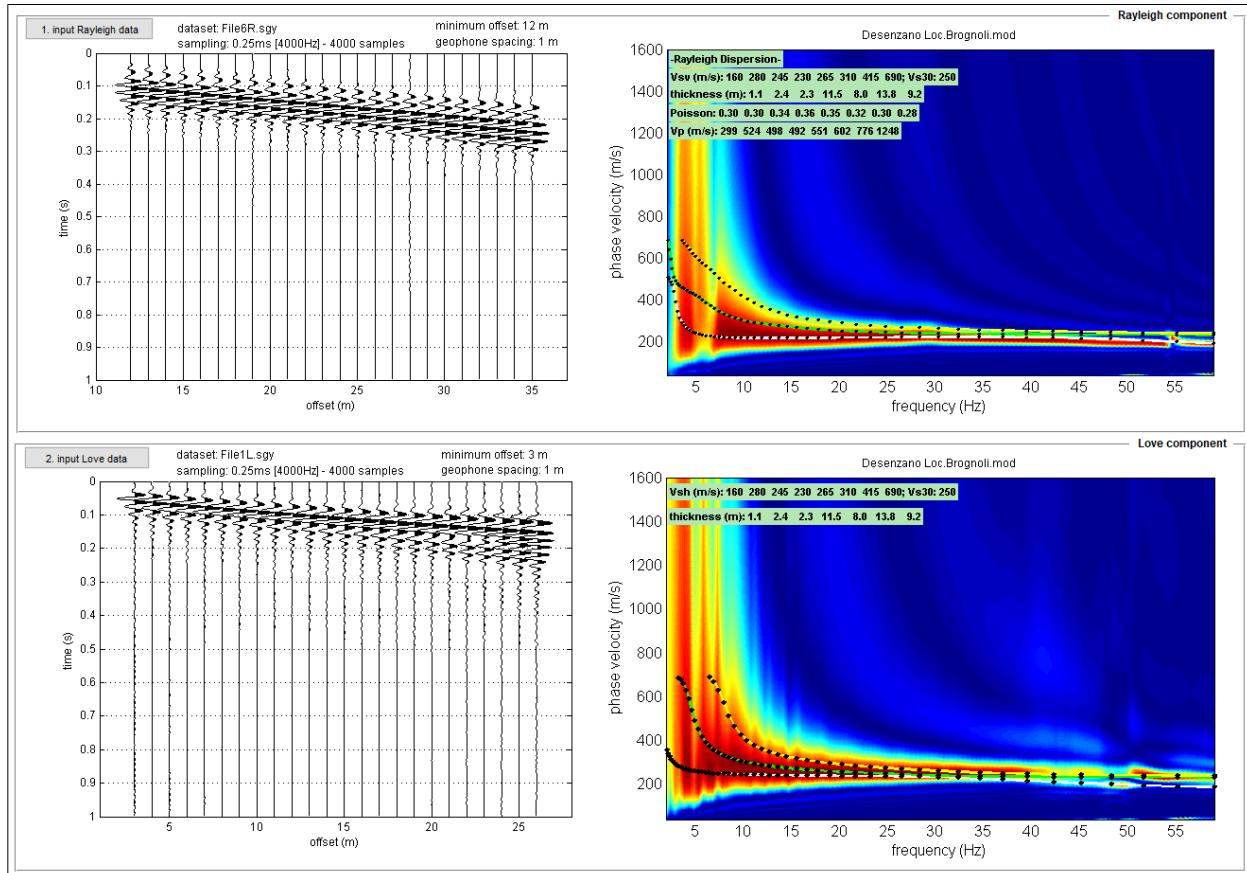


Fig. 12 - Sismogrammi acquisiti (sx) e risultati dell'analisi congiunta Rayleigh+Love (dx): modellazione diretta mediante individuazione del modo fondamentale e di porzioni dei modi superiori, che compongono lo spettro di velocità delle onde di Rayleigh (in alto) e congiuntamente quello delle onde di Love (in basso).

Procedure di modellazione diretta e analisi congiunta Rayleigh+Love+HVSR

Analizzati i sismogrammi e i rispettivi spettri di velocità si è proceduto alla ricostruzione della distribuzione verticale delle Vs. Partendo dalle curve di dispersione delle onde di Rayleigh e di Love è stato ricostruito il modello che è responsabile di quelle curve, effettuando quindi un'inversione, vale a dire che si è ricavato il modello di sottosuolo che ha determinato il dato di campagna (*sismogramma*).

Gli spettri di velocità di fase sono stati interpretati identificando le curve modali, mediante modellazione diretta, studiando l'andamento dei vari modi in funzione del modello atteso. Questo è stato iterativamente modificato fino ad ottenere una buona sovrapposizione degli andamenti delle curve di dispersione sui vari modi riconosciuti, contemporaneamente

in entrambi gli spettri (*Rayleigh+Love*), al fine di ottenere un solo modello di velocità (**Fig. 12**).

Inoltre, per l'interpretazione dello spettro di velocità nella sua parte a bassa frequenza (<10 Hz), è stata considerata la curva HV ottenuta dall'indagine sismica HVSR (**Fig. 13**). In particolare, è stata eseguita un'**analisi congiunta** tra lo spettro di dispersione ottenuto con indagine MASW e la curva H/V misurata, al fine di ottenere un solo modello di velocità.

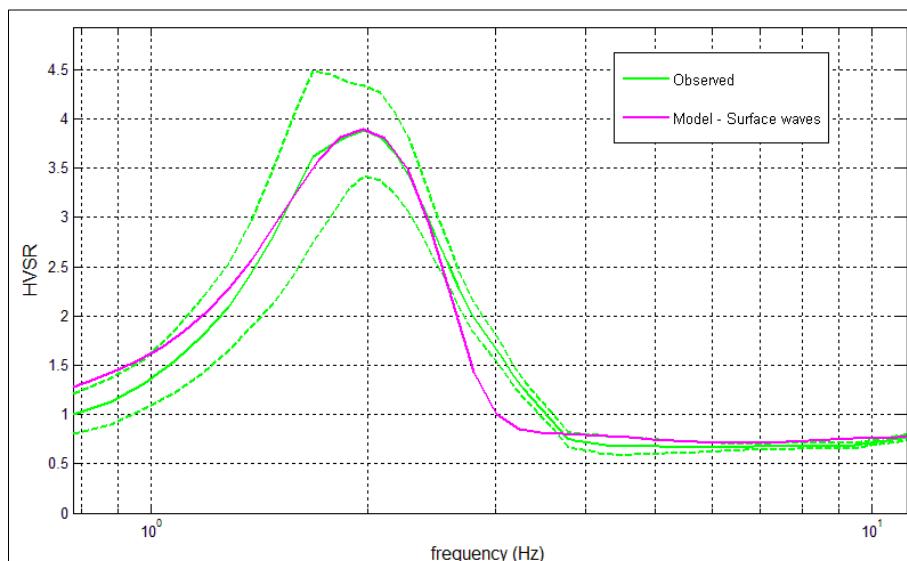


Fig. 13 - Confronto tra H/V sperimentale e teorico, ottenuto per lo stesso modello di velocità considerato nell'analisi MASW.

Modello sismostratigrafico

Nella seguente tabella sono riportati i valori delle velocità medie e gli spessori di ciascun sismostrato, in modo da definire un **modello geofisico medio**, ottenuto mediante analisi delle onde di superficie con metodologia *MASW* in onde di Rayleigh e di Love in modo congiunto con la modellazione diretta della curva *HVSR*.

Si riportano inoltre le stime dei valori della densità e del modulo di Poisson eseguite contestualmente all'elaborazione e mediante correlazioni di letteratura. Poiché la dispersione delle onde di superficie dipende essenzialmente dalla Vs e degli spessori degli strati, tali valori devono essere considerati solamente come stime largamente approssimative. Viene riportato, inoltre, il valore del modulo di taglio che tra i moduli elastici è l'unico che non dipende da Vp, ma solamente da Vs e densità e quindi la sua stima risulta più attendibile.

MODELLO GEOFISICO MEDIO - Loc. Brognoli - Desenzano d/G (BS)

Sismostrato	Vs (m/s)	Spessore (m)	Profondità da p.c. (m)	Stima densità (g/cm³)	Modulo di Poisson	Modulo di Taglio (MPa)
1	160	1,1	-1,1	1,76	0,30	45
2	280	2,4	-3,5	1,90	0,30	149
3	245	2,3	-5,8	1,89	0,34	113
4	230	11,5	-17,3	1,88	0,36	100
5	265	8,0	-25,3	1,91	0,35	134
6	310	13,8	-39,1	1,93	0,32	186
7	415	9,2	-48,3	1,99	0,30	343
8	690	11,7	-60,0	2,11	0,28	1003

Il valore del modulo dinamico di taglio, dipendente da Vs e densità si riferisce a condizioni di bassa deformazione. Per deformazioni superiori, i valori dovranno essere idoneamente corretti e utilizzati solo nei modi e nei casi appropriati.

D.M. 17/01/2018	V _{s,eq}	Profondità del bedrock sismico	Categoria di sottosuolo: C
A partire dal p.c.	250 m/s	Oltre -30,0 m dal p.c.	<p>Stimata sulla base del valore di V_{s,eq} calcolato mediante l'espressione 3.2.1 del D.M. 17/01/2018</p> $V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$ <p>Categoria di sottosuolo assegnata in base a quanto indicato nella Tabella 3.2 II</p>

Si riporta inoltre la stratigrafia schematica del modello medio ottenuto, mediante analisi congiunta MASW+HVSР fino ad una profondità di -60,0 m dal p.c. (**Fig. 14**), utilizzata per il calcolo del parametro V_{s,eq}.

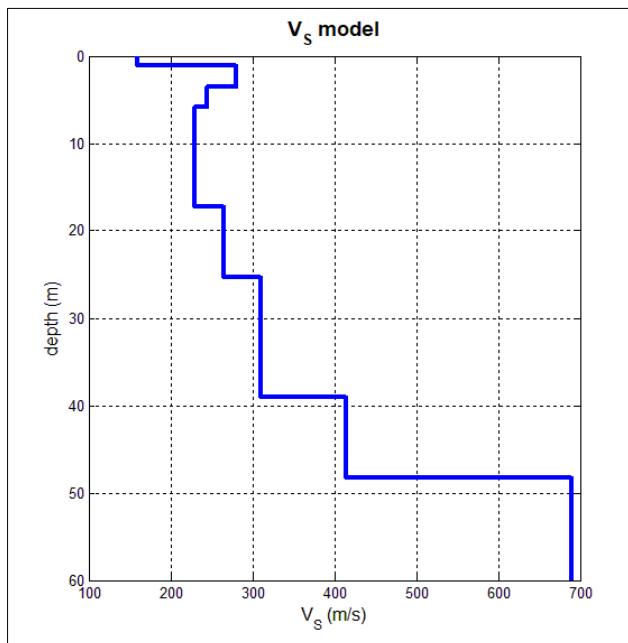


Fig. 14 - Profilo sismostratigrafico.

4. SISMICITÀ DELL'AREA E AZIONE SISMICA

4.1 Inquadramento sismotettonico

La regione benacense è collocata nel quadro tettonico della formazione delle Alpi, legato ai movimenti della placca euroasiatica e di quella africana, che con la loro collisione produssero l'innalzamento delle catene alpine, con formazione della struttura a coltri di ricoprimento. Quest'ultima si interrompe a sud della Linea Insubrica, la quale costituisce il confine tra le Alpi e le Alpi Meridionali che comprendono la regione del Lago di Garda. Il tratto interessato, della Linea Insubrica, alla quale è imputata la formazione dei più importanti elementi strutturali dell'area gardesana, è quella denominata Linea delle Giudicarie. Questa è caratterizzata da strutture aventi direzione NNE-SSW, tra le quali, l'elemento più noto, è la doppia piega anticlinale e sinclinale del monte Baldo, situato lungo la sponda est del lago. Il sistema giudicariense è caratterizzato da sovrascorimenti con presenza di faglie trasversali, che determinano un assetto strutturale irregolare (**Fig. 15**).

In particolare, gli affioramenti del substrato roccioso nel Medio e Basso Garda sono da mettere in relazione ad un pronunciato sistema di *thrust*. Tra gli affioramenti delle formazioni paleogenetiche, collegate a questo sistema strutturale, rientrano quelle affioranti nella parte settentrionale della penisola di Sirmione. Tale sistema tettonico è correlabile principalmente a fasi complessive neogenetiche, ma l'attività tettonica persiste anche durante il Plio-Pleistocene e l'Olocene, così come documentato dalla sismicità storica e recente dell'area gardesana.

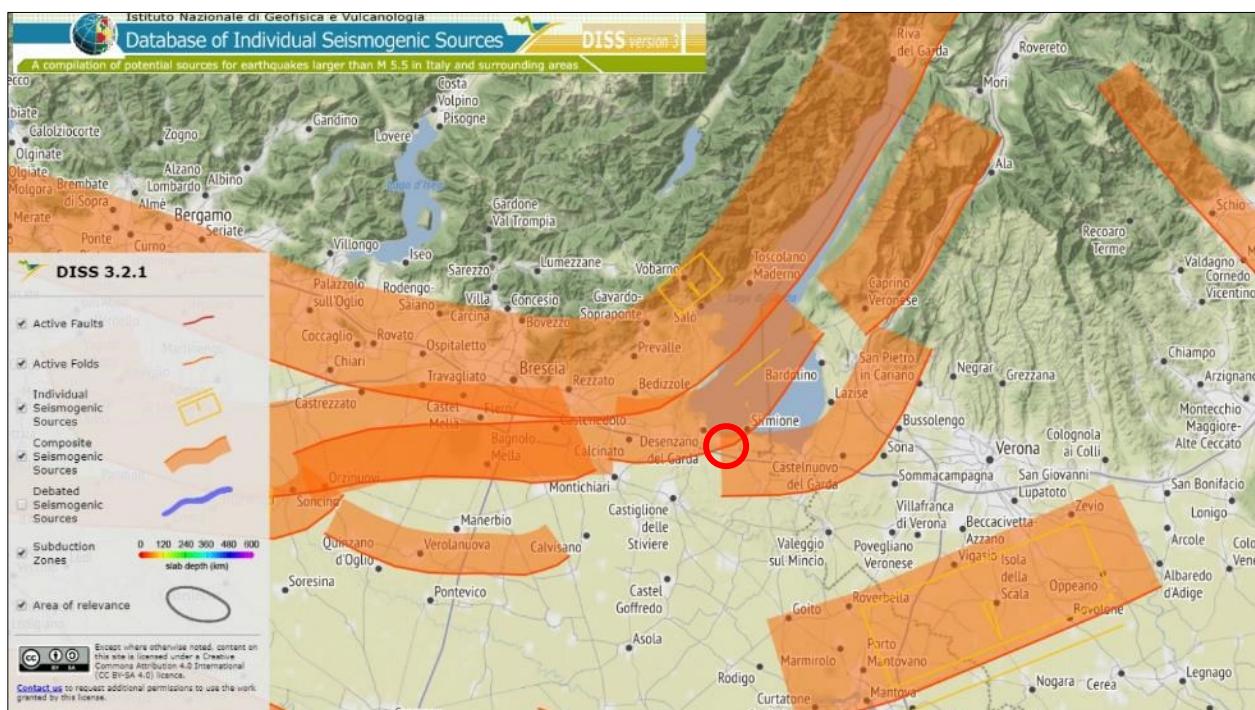


Fig. 15 - Stralcio del Database cartografico delle sorgenti sismogenetiche della regione prealpina e pedemontana gardesana (fonte – DISS.3 by INGV), con ubicazione dell'area di interesse.

4.2 Sismicità locale

L'attività sismica storica nel basso Garda e più ingenerale nel bresciano rappresenta la naturale continuazione di quella pliocenica e quaternaria e risulta correlata alla collocazione, delle aree di studio, tra zone sismogenetiche riferibili, da una parte al fronte alpino e dall'altra al fronte appenninico, sepolti al di sotto della coltre fluvioglaciale-alluvionale della Pianura Padana. Storicamente, nella porzione del basso Garda, si risente di effetti macroscopici in funzione della relativa vicinanza alle aree epicentrali dei forti terremoti storici, che colpiscono le provincie di Brescia e Verona. Alcuni sismi recenti, con le massime intensità storiche, si sono risentiti, per la relativa vicinanza con l'area sismogenetica del Reggiano-Ferrarese-Parmense e dell'edificio appenninico sepolto al di sotto delle coltri quaternarie dei depositi di pianura.

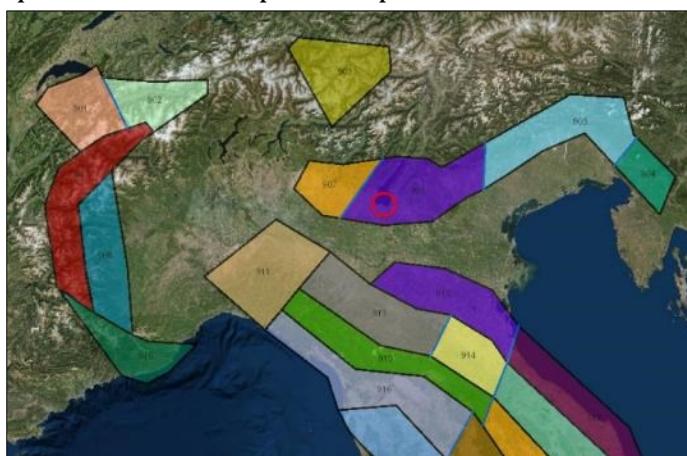
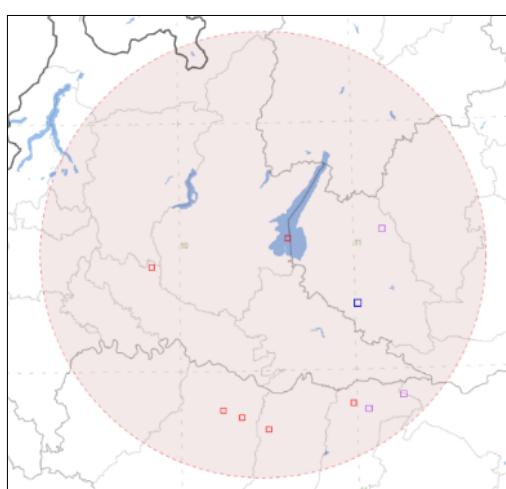


Fig. 16 - Schema Zonazione Sismogenetica ZS9
(tratta dal Geoportale del Ministero dell'Ambiente).

Gli eventi sismici storici sono consultabili nel Catalogo Parametrico dei Terremoti (C.P.T.I.15 versione 3.0 – progetto INGV anno 2021) e sono assegnati mediante l'individuazione della "Zonazione sismogenetica ZS9 (**Fig. 16**) - App. 2 al Rapporto Conclusivo – Marzo 2004" a cura di C. Meletti e G. Valensise (Gruppo di lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica – O.P.C.M. 3274/2003 - INGV).

L'area in esame, secondo il modello sismotettonico riassunto nella *zonazione sismogenetica ZS9*, ricade nella zona sorgente 906. Per tale zona sorgente e per quelle limitrofe, si elencano i terremoti, con epicentro collocabile in un'area circolare di raggio pari a circa 100 km e centro in corrispondenza del **Comune di Desenzano del Garda**:



Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
1117	01	03	15	15		Veronese		55 9	6.52
1222	12	25	12	30		Bresciano-Veronese		18 7-8	5.68
1438	06	11	02			Parmense		4 8	5.56
1802	05	12	09	30		Valle dell'Oglio		94 8	5.60
1832	03	13	03	30		Reggiano		97 7-8	5.51
1891	06	07	01	14		Valle d'Illasi		403 8-9	5.87
1971	07	15	01	33	23	Parmense		228 8	5.51
2012	05	20	02	03	50	Pianura emiliana		53 7	6.09
2012	05	29	07	00	02	Pianura emiliana		87 7-8	5.90
2012	05	29	10	55	56	Pianura emiliana			5.50

Fig. 17 - Catalogo multiparametrico dei terremoti italiani con magnitudo (Mw) > 5,0 verificatisi in un'area di raggio pari a 100 km dall'area d'indagine (C.P.T.I.15 versione 3.0 – progetto INGV anno 2021).

4.3 Normativa sismica vigente

Con il Testo Unico (D.M. 14/01/08), entrato in vigore con la L.77/2009 di conversione del D.L. 39/2009 (Decreto "Abruzzo"), è divenuto vigente l'obbligo di eseguire la progettazione in prospettiva sismica in tutte le aree classificate in zona sismica. In particolare, con l'Allegato A sono state adottate definitivamente le stime di pericolosità sismica del progetto S1 già comprese nella citata Ordinanza 3519/2006 (**Fig. 18**). Accedendo al link <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>, si possono scaricare i dati di pericolosità sismica rappresentati dai valori di ag per diverse frequenze annuali di superamento, relativamente ai 10751 punti di una griglia in cui è stato diviso il territorio nazionale. Per qualsiasi punto del territorio Italiano è quindi possibile calcolare i parametri di azione sismica grazie a formule di interpolazione definite nella Circolare esplicativa 617/09. Tali stime superano il concetto di classificazione a scala comunale sulla base di 4 zone sismiche. Il concetto di zona sismica comunale tuttavia mantiene una funzione prevalentemente amministrativa così come chiarito, dalla D.G.R. Lombardia 9/2616/2011 e come regolamentato dalle normative regionali in termini di nuova classificazione sismica (D.G.R. 11 Luglio 2014 – n. X/2129) e di normative di indirizzo per la vigilanza sulle costruzioni in zona sismica (L.R. 33/2015, e D.G.R. 5001/2016).

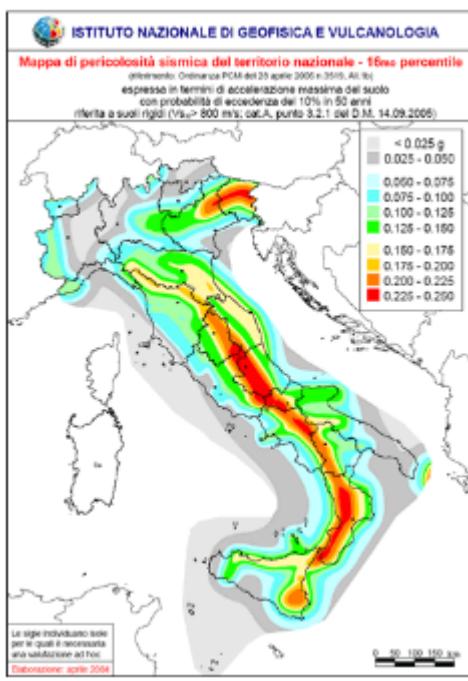


Fig. 18 - Mappa di pericolosità sismica secondo l'O.P.C.M. n. 3519 del 28/4/2006.

La redazione della "Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale" (espressa come accelerazione massima al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni) allegata all'O.P.C.M. n. 3519/2006 indica che il Comune di **Desenzano del Garda** risulta interessato da una fascia con accelerazione sismica **ag compresa tra 0,150 g e 0,175g** (con probabilità di superamento del 10% in 50 anni) riferibile quindi a una **Zona sismica 2**. La D.G.R. 11 Luglio 2014 – n. X/2129 che ha aggiornato le zone sismiche in Regione Lombardia, ha lasciato tutto il territorio di Desenzano del Garda in Zona sismica 2, indicando un valore di ag_{max} pari a 0,161 g.

4.4 Azione sismica di progetto

Per la valutazione dell'Azione Simica sono stati utilizzati i metodi semplificati previsti dal D.M. 17/01/18. In questo paragrafo si affrontano quindi, per quanto di pertinenza del Geologo, le eventuali prescrizioni sismiche di pianificazione urbanistica e, considerando le apposite analisi sismiche e geomorfologiche, si forniscono la Cat. di Sottosuolo e la Cat. Topografica di sito, che potranno essere utilizzate per la stima dell'Azione Sismica e più in generale per la progettazione prevista. Mediante il foglio elettronico Excel "Spettri-NTC (ver. 1.0.3)" è stato possibile definire gli Spettri di Risposta Elastici ed i Parametri di Pericolosità Sismica utilizzabili per il sito di progetto sulla base dei risultati del progetto S1 – INGV. Per

la definizione degli Spettri di Risposta Elastici di progetto, relativi ai vari Stati Limite, è necessaria la conoscenza e la scelta di parametri progettuali di competenza dei Tecnici Progettisti dell'opera di progetto. È stata infine presa in esame la stabilità del sito nei confronti della liquefazione, come richiesto al paragrafo 7.11.3.4.2 del D.M. 17/01/2018.

■ Categoria di Sottosuolo e Categoria Topografica

Viene di seguito eseguita la classificazione dei terreni di fondazione secondo quanto previsto dalle norme tecniche allegate al D.M. 17/01/18 ed in particolare tenendo conto di quanto indicato nella *Tabella 3.2.II* (Categorie di sottosuolo), allegate al testo unico.

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 3.2.1 del D.M. 17/01/18:

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

Secondo il D.M. 17/01/18, quindi, e tenuto conto dei risultati dell'indagine sismica MASW eseguita all'interno del lotto di progetto, è stato calcolato un valore di $V_{S,eq}$ pari a 250 m/s e quindi il sito di progetto ricadrebbe in una "categoria di sottosuolo C".

Dal punto di vista della Pericolosità Sismica Locale l'area d'intervento è stata classificata, nella "Componete Geologica, Idrogeologica e Sismica del P.G.T." di Desenzano d/G (*Tav. SG T07*), entro lo scenario di pericolosità sismica **Z4c** "Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi - comprese le coltri loessiche" (**Fig. 19**).

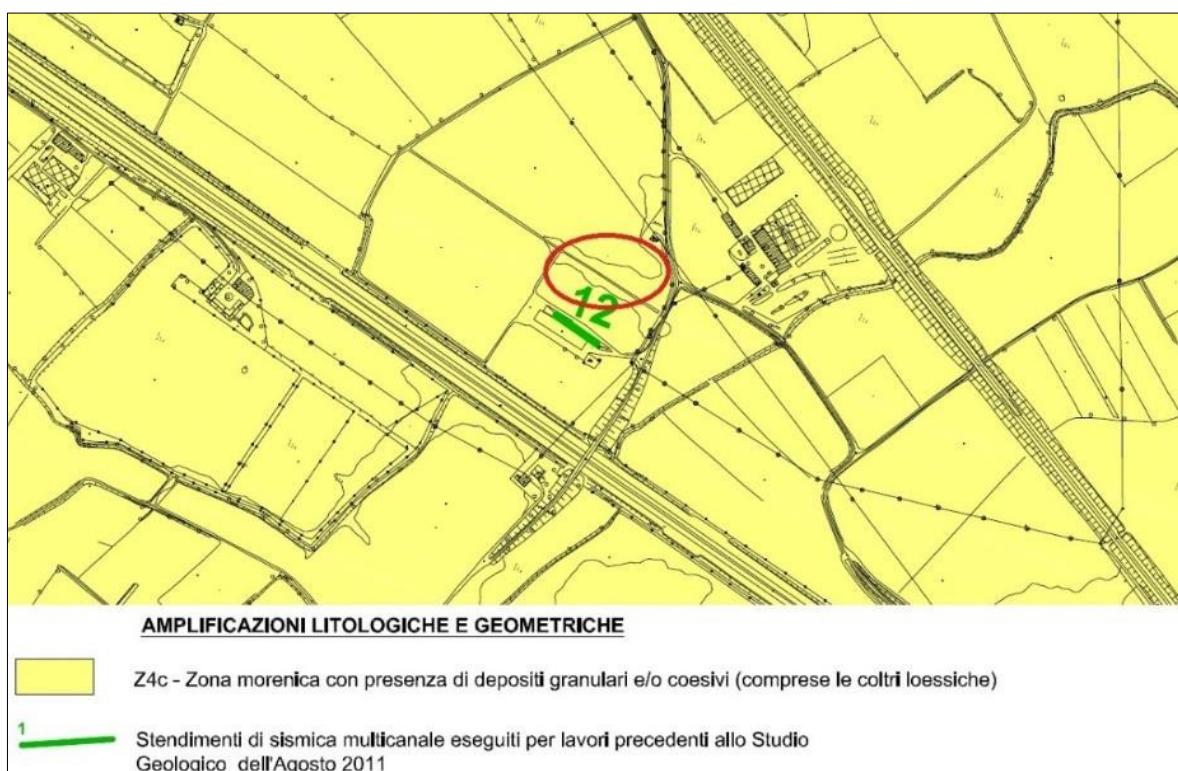


Fig. 19 - Stralcio della "Carta della pericolosità Sismica Locale" (*Tav.SG T07*) allegata allo Studio Geologico del P.G.T. comunale, con ubicazione dell'area d'interesse.

Per tale scenario è stata eseguita, nello Studio Geologico Comunale, un'analisi sito-specifica per la Stima degli effetti litologici e del Fattore di Amplificazione di sito (2° Livello di approfondimento - All. 5 della D.G.R. 8/7374/2008). Si ritiene che la D.G.R. 9/2616/2011, di aggiornamento alla D.G.R. 8/7374/2008 non comporti modifiche alle procedure sopradescritte e che pertanto i relativi risultati possano essere considerati validi. Secondo l'approfondimento di II livello citato, il lotto di progetto ricadrebbe in un'area con terreni di Cat. di sottosuolo "C" in cui sono segnalati, per edifici con periodo T compreso tra 0,5 e 1,5 s, valori di Fa di sito compatibili con il valore di Fa di soglia previsto per la categoria di sottosuolo considerata e che pertanto i parametri sismici della normativa sismica vigente sono sufficienti a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica. Al contrario per edifici con periodo compreso tra 0,1 s e 0,5 s, vengono segnalati valori di Fa di sito superiori ai valori di Fa di soglia comunale. Sarà quindi necessario assumere in progetto in mancanza di uno studio di III Livello di approfondimento la Categoria di Sottosuolo superiore, e cioè la Categoria "D" (**FAC > FAS**).

Considerato che per lo scenario di Pericolosità sismica individuato la normativa prevede possibili fenomeni di amplificazione litologica, e avendo a disposizione un profilo sismostratigrafico dell'area oggetto di studio, è stato scelto di eseguire comunque **un'analisi sito-specifica per la Stima degli effetti litologici e del Fattore di Amplificazione di sito (2° Livello di approfondimento - All. 5 della D.G.R. 9/2616/2011)**, utilizzando il profilo sismico riportato nel par. 3.2 del presente studio.

In accordo con la procedura di approfondimento sismico prevista nell'All. 5 della D.G.R. 9/2616/2011, esplicitata in ultimo nell'allegato APP 5 del Modulo di Asseverazione n° 9 della D.G.R. 5001/2016, è stato verificato, in base alle caratteristiche geologiche dell'area oggetto di studio e del profilo sismostratigrafico ottenuto, l'inapplicabilità del I Grado di approfondimento (2° Livello – calcolo di Fa semplificato mediante l'utilizzo delle Schede litologiche e degli abachi regionali, secondo l'App5 allegato al Modulo 9 DGR 5001/2016).

Per il tipo di profilo sismostratigrafico di Vs infatti, risultano applicabili solo gli abachi relativi alla Scheda litologica Sabbiosa, ritenuta inadatta a rappresentare la successione stratigrafica in esame (prettamente argillosa) in termini di modalità propagatorie e di smorzamento del sisma atteso.

Sono state quindi seguite le procedure previste dalle direttive della Regione Lombardia in merito alla stima dei fattori di amplificazione litologica, contenute nel **II Grado di approfondimento sismico** (App. 5 allegato al Modulo 9 di asseverazione della relazione geologica introdotto dalla D.G.R. 5001/2016). Sono stati innanzitutto importati mediante idoneo Software di calcolo per la realizzazione delle analisi di risposta sismica locale 1D (*SRATA - Kottke & Rathje 2008*), i cinque accelerogrammi riferiti al bedrock, estratti dal database della Regione Lombardia facenti riferimento al territorio comunale di Sirmione (fascia 8), in cui ricade anche il comune di Desenzano del Garda. Di seguito, in ordine, la procedura di calcolo ha previsto le seguenti analisi numeriche:

- a) calcolo degli spettri di risposta elastici di accelerazione e velocità al bedrock,
- b) curve di decadimento delle in funzione delle principali litologie considerate,
- c) immissione del profilo sismostratigrafico di Vs e delle caratteristiche geotecniche della successione stratigrafica del sito in esame,
- d) calcolo della funzione di trasferimento,
- e) stesura dei relativi spettri di Fourier e dei moti propagatori in superficie,
- f) calcolo dello spettro di risposta di sito in superficie da cui ricavare Fa (FAC).

Sulla scorta dei dati geotecnici e geofisici reperiti per il presente lavoro, a ciascuna tipologia litologica (identificata con un *n° soil type*) sono stati assegnati il peso di volume espresso in kN/m³ e le curve di decadimento estrapolate dal database messo a disposizione dalla Regione Lombardia per terreni tipo Ghiae, Limi Argillosi e Limi Sabbiosi (**Fig. 20**). Per terreni tipo argillosi è stato scelto di utilizzare anche la curva di decadimento proposta da Idriss (1990). Si ritiene che le curve così ottenute sono del tutto correlabili allo scenario geologico dell'area oggetto di studio. L'individuazione della profondità del bedrock sismico è stata affrontata, oltre che dall'analisi approfondita della curva HVSR, considerando tutte le stratigrafie dei pozzi terebrati nel territorio di San Martino della Battaglia.

	Depth (m)	Thickness (m)	Soil Type	V _s (m/s)
1	0.00	1.10	1	160.00
2	1.10	2.40	2	280.00
3	3.50	2.30	2	245.00
4	5.80	11.50	3	230.00
5	17.30	8.00	4	265.00
6	25.30	13.80	4	310.00
7	39.10	9.20	5	415.00
8	48.30	26.70	6	690.00
9	75.00	Half-Space	Bedrock	805.00

Fig. 20 - Modello geofisico e geotecnico del sottosuolo.

Gli spettri di risposta elastici delle accelerazioni e delle velocità in superficie e al bedrock (**Fig. 21**) sono stati calcolati mediando gli spettri di risposta dei cinque accelerogrammi di input, filtrati attraverso la funzione di trasferimento del terreno, adottando un'analisi lineare equivalente codice di calcolo tipo Shake. Per l'individuazione dei parametri dello spettro elastico delle accelerazioni di Normativa adattato, si è fatto riferimento allo spettro elastico medio, utilizzando il criterio suggerito negli ICMS della Protezione Civile (2008), per i due periodi di vibrazione previsti dalla normativa regionale lombarda (0,1-0,5 s e 0,5-1,5 s).

La procedura ha previsto quindi il calcolo del valore del fattore di amplificazione di sito (denominato FAC in ultimo dalla D.G.R. 5001/2016), approssimato alla prima cifra decimale, per la valutazione del grado di protezione raggiunto al sito, dall'applicazione della normativa sismica regionale vigente.

Nello specifico è stato determinato lo spettro di pseudo-velocità di input (SV_i) a partire da quello di accelerazione (SA_i) per i due intervalli di periodo previsti dalla normativa regionale (0,1-0,5 s e 0,5-1,5s), utilizzando la seguente formula:

$$SV_i[T] = SA_i[T] * \frac{T}{2\pi}$$

La valutazione del grado di protezione viene effettuata in termini di contenuti energetici (ovvero in pseudo-velocità), in quanto il confronto del valore di FA è eseguito con un parametro di analogo significato assegnato al territorio del Comune di Desenzano del Garda dalla Regione Lombardia, per le rispettive categorie di sottosuolo e per i due intervalli di periodo considerati.

Dagli spettri di risposta in pseudo-velocità è stata calcolata l'intensità spettrale (Housner, 1965), scegliendo come intervalli di integrazione i due intervalli di periodo di

vibrazione indicati dai criteri regionali (allegato 5 DGR 2616/2011), ovvero 0,1-0,5 s e 0,5-1,5 s.

$$SI_{0.1-0.5}(PSV) = \int_{0.1}^{0.5} PSV(T, \xi) dT \quad SI_{0.5-1.5}(PSV) = \int_{0.5}^{1.5} PSV(T, \xi) dT$$

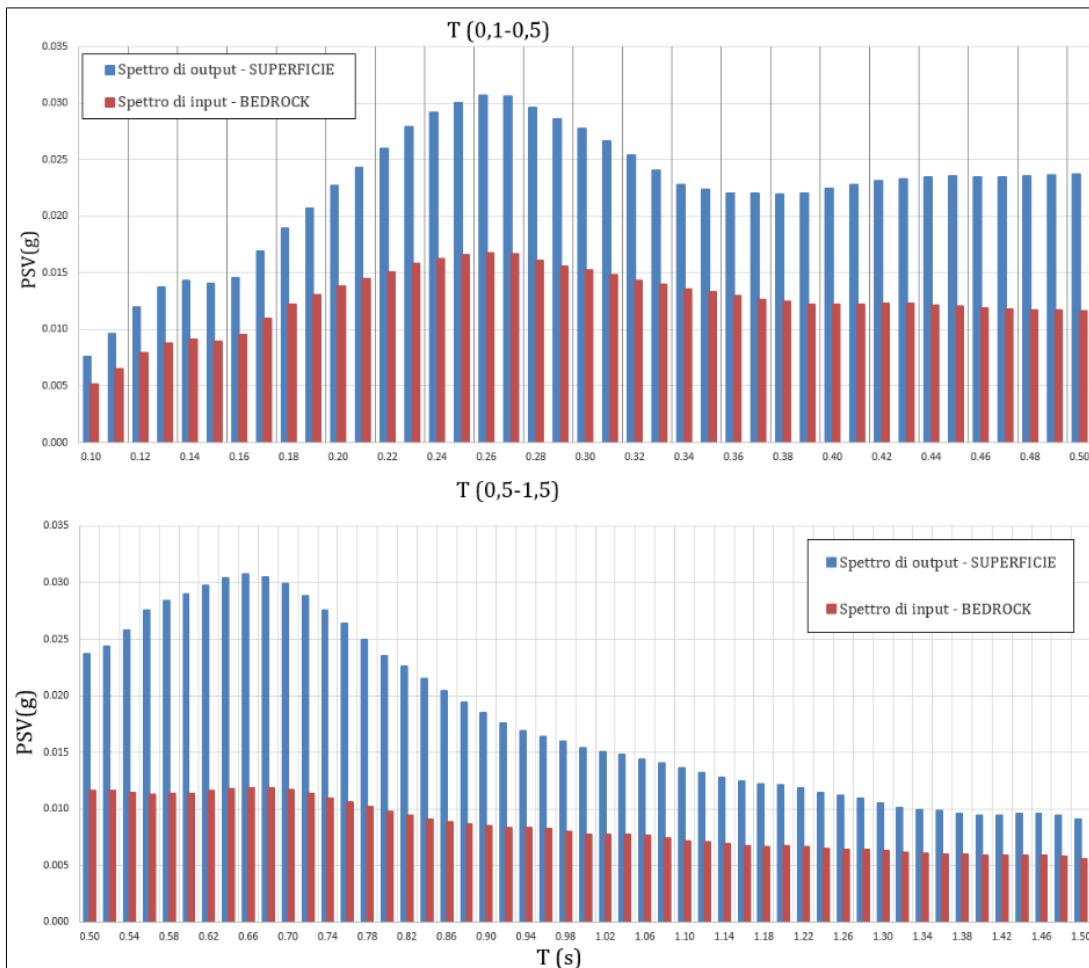


Fig. 21 - Porzioni dello spettro di risposta elastico delle accelerazioni in superficie e al bedrock, ottenuto per il sito in esame, per periodi 0,1-0,5 s e 0,5-1,5 s.

I fattori di amplificazione sono definiti come rapporto tra l'intensità spettrale riferita alla superficie (Output) e quella riferita al bedrock sismico (Input), ovvero calcolate sugli spettri di risposta in pseudo-velocità riferiti alla superficie e al bedrock sismico.

$$Fa_{0.1-0.5} = \frac{SI_{0.1-0.5}(\text{output})}{SI_{0.1-0.5}(\text{input})} \quad Fa_{0.5-1.5} = \frac{SI_{0.5-1.5}(\text{output})}{SI_{0.5-1.5}(\text{input})}$$

I risultati ottenuti, per il calcolo del fattore di amplificazione Fa, hanno verificato che, sia per edifici con periodo T compreso tra 0,5 e 1,5 s (**FAC=2,1 ≤ FAS=2,4**), che per edifici con periodo compreso tra 0,1 s e 0,5 s (**FAC=1,8 ≤ FAS=1,8**), si ottengono valori di Fa di sito compatibili con i valori di Fa di soglia previsti per la **categoria di sottosuolo "C"** (definita per il sito d'interesse) e che pertanto i parametri sismici della normativa sismica vigente sono sufficienti a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica (**FAC≤FAS**).

Si specifica che gli spettri di risposta sismica di sito utilizzati per il calcolo di *FAC*, sono stati generati partendo dagli accelerogrammi regionali non riferiti ad alcun tipo di edificio (e relativo T_R) e non devono assolutamente essere utilizzati come spettri per la progettazione delle nuove strutture. Gli spettri utili da utilizzare sono quindi quelli ottenuti con la procedura semplificata prevista dal D.M. 17/01/2018 per i parametri sismici di riferimento di seguito discussi e riferiti alla **Categoria di sottosuolo "C"**.

Per quanto concerne le caratteristiche geomorfologiche facendo riferimento alla tabella 3.2.III del D.M. 17/01/2018 e analizzando la cartografia dell'area di studio a scale da 1:5.000 a 1:10.000, si ritiene che il sito di progetto sia inserito in un contesto caratterizzato da una morfologia subpianeggiante con inclinazione media < 15°. Si potrà dunque tenere conto di una **categoria topografica T1**, alla quale, secondo quanto riportato nella sopracitata *Tabella 3.2.III*, corrisponde un coefficiente topografico **St pari a 1,0**.

■ **Pericolosità Sismica del Sito (parametri di riferimento)**

Attraverso il programma Spettri-NTC ver.1.0.3, partendo dall'identificazione geografica del punto mediano del sito di progetto (**Longitudine: 10,583251 - Latitudine: 45,439289**), sono stati stimati, per varie frequenze annuali di superamento, i valori dei parametri sismici normativi (a_g , F_0 e Tc^*) relativi alla Pericolosità Sismica.

Per l'analisi dell'azione sismica di progetto sono stati utilizzati i parametri di seguito riassunti. In funzione delle scelte progettuali adottate è stata considerata un'opera di **Classe d'Uso II** con vita utile 50 anni.

Categoria di sottosuolo	C			
Categoria Topografica	T1			
Fattore di amplificazione morfologica St	1,0			
Classe d'uso dell'edificio	II			
Vita Nominale della costruzione (in anni) - V_N	50			
Coefficiente d'uso della costruzione - C_U	1,0			
Periodo di Riferimento per la costruzione (in anni) T_R	SLO 30	SLD 50	SLV 475	SLC 975

Parametri di input per la determinazione dell'azione di progetto.

Vengono di seguito riportati i valori dei parametri sismici normativi (a_g , F_0 e Tc^*) relativi alla pericolosità sismica, calcolati secondo la strategia di progettazione ordinaria.

STATO LIMITE	T_R (anni)	a_g (g)	F_0 (-)	Tc^* (s)
SLO	30	0,041	2,551	0,232
SLD	50	0,055	2,485	0,248
SLV	475	0,158	2,435	0,276
SLC	975	0,205	2,481	0,277

Si allegano inoltre gli spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL e i diagrammi con la variabilità dei valori dei parametri a_g , F_0 e T_{C^*} in funzione del periodo di ritorno T_R associati a ciascun SL (**Fig. 22**).

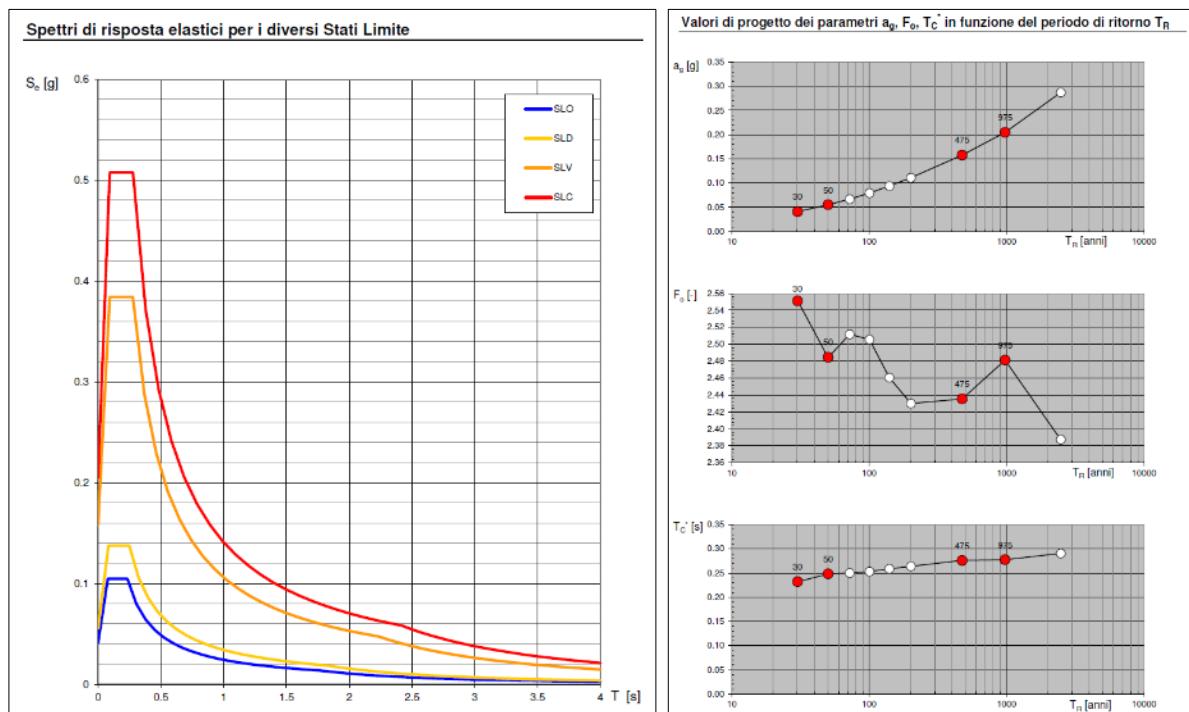


Fig. 22 - Spettri di risposta elastici e diagrammi di variabilità di a_g , F_0 e T_{C^*} .

■ Amplificazione Stratigrafica (Ss)

L'influenza del profilo sismostratigrafico sulla risposta sismica locale è stata valuta con riferimento alla categoria di sottosuolo. Per l'intervento di progetto e per le verifiche allo Stato Limite di Danno (SLD) ed allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV), si riportano i seguenti valori di *coefficiente di amplificazione stratigrafica (Ss)* e di *coefficiente in funzione della categoria di sottosuolo (Cc)*. Questi sono stati calcolati in funzione di F_0 e T_{C^*} relativi al sottosuolo di categoria A, mediante le espressioni fornite dalla Tabella 3.2.IV del D.M. 17/01/18.

Categoria di sottosuolo C					
SLD	S_s	1,500	SLV	S_s	1,469
	C_c	1,663		C_c	1,606

■ Stabilità del sito nei confronti della liquefazione

Il *fenomeno della liquefazione* è governato dalla generazione e dall'accumulo di eccessi di pressione interstiziale, in occasione di un terremoto, in sabbie e sabbie limose, sature e poco addensate. I dati sperimentali di letteratura mettono in evidenza che l'incremento della pressione interstiziale avviene in risposta alle sollecitazioni cicliche tangenziali a cui un elemento di volume di terreno è sottoposto in condizioni non drenate durante lo

scuotimento sismico. Per tale elemento di volume, il valore finale della pressione interstiziale è funzione delle caratteristiche del moto sismico, cioè ampiezza, contenuto in frequenza e numero di cicli, ovvero durata. Per la determinazione del potenziale di liquefazione dei terreni di fondazione, sono state considerate le “*circostanze di esclusione*” dalla verifica alla liquefazione elencate al punto 7.11.3.4.2 del D.M. 17/01/2018. Secondo il suddetto punto, (articolo 7.11.3.4.2 “Esclusione della verifica a liquefazione”) è possibile omettere la verifica alla liquefazione quando si manifesta, in ordine, almeno una delle seguenti condizioni:

Analisi delle condizioni per l'esclusione alla verifica a liquefazione:

comma 1. l'accelerazione massima attesa al piano campagna viene calcolata considerando i parametri riferiti allo Stato Limite Ultimo SLV, relativi alla categoria “C”, mediante la seguente relazione: $a_g \text{ max suolo} = a_g \times S_s \times S_t$. Riepilogando i parametri utilizzati sono i seguenti:

a_g	0,158
S_s	1,469
S_t	1,0

Il valore complessivo di accelerazione sismica orizzontale è risultato essere pari a 0,232 g e risulta quindi superiore a quello di esclusione indicato dal comma 1 (non verificato).

comma 2. per l'area oggetto di indagine, a seguito dell'esecuzione delle indagini in situ, non è stata rilevata la presenza di acquiferi superficiali, fino ad una profondità di circa -5/-6 m dal p.c.. Tuttavia, non si esclude che le acque di infiltrazione meteorica possano alimentare, specialmente durante periodi di intense e prolungate precipitazioni, falde superficiali discontinue e/o sospese, a partire da circa -2,0/-3,0 m profondità dal p.c., circolanti all'interno dei depositi superficiali, delimitati alla base dai depositi della morena di fondo impermeabili (non verificato).

comma 3. in base alle indagini svolte in situ e al modello geologico-stratigrafico proposto non sono stati rilevati depositi costituiti da sabbie pulite e quindi tale condizione non risulta direttamente applicabile.

comma 4. dal modello geologico-geotecnico redatto, è stata riscontrata, fino ad una profondità di circa -4,4/-5,0 m dal p.c., la presenza di depositi costituiti da imi sabbiosi debolmente argillosi, con granulometria presumibilmente interna alle curve normative riportate in Fig. 7.11.1 allegate al D.M. 17/01/2018 - fusi granulometrici di terreni suscettibili a liquefazione (non verificato).

Ai sensi del D.M. 17/01/2018, e secondo il modello geologico-geotecnico determinato per il sito di progetto, si ritiene quindi di procedere alla verifica della stabilità nei confronti liquefazione secondo metodi di III Livello.

Calcolo della suscettibilità alla liquefazione - Metodo Boulanger e Idriss (2014)

È stato quindi eseguito tramite il software *Liquef* (*ProgramGeo*) il calcolo per la valutazione del potenziale di liquefazione condotto mediante il metodo semplificato di *Boulanger e Idriss (2014)*. I metodi semplificati si basano in generale sul calcolo della resistenza del deposito alla liquefazione valutata con un coefficiente di sicurezza (F_s), ottenuto dal rapporto fra la resistenza al taglio mobilitabile nello strato (CRR) e lo sforzo di taglio massimo indotto dal sisma (CSR).

$$F_s = \frac{CRR}{CSR}$$

Un deposito è considerato suscettibile di liquefazione, se il coefficiente di sicurezza risulta minore di 1 (di 1,25 secondo l'Eurocodice 8).

Il valore di *CRR* è funzione delle caratteristiche meccaniche delle unità geotecniche identificate, e della loro storia tensionale, in questo caso ricavate dai risultati della prova penetrometrica statica CPT P1, eseguita nel lotto di progetto, spinta fino a -15 m dal p.c. e ritenuta rappresentativa dei terreni presenti in sito.

La grandezza *CSR* dipende invece dai parametri del sisma di progetto ovvero accelerazione sismica al suolo (**0,232 g**) e magnitudo di progetto (**M=5,00 calcolata mediante il metodo della disaggregazione**).

Per l'applicazione del metodo prescelto quindi, sulla scorta dei risultati delle indagini geotecniche e del modello geologico proposto, sono stati utilizzati i parametri derivati, da una stima ragionata dei valori numerici corretti di ciascuna delle misure del parametro q_c , ovvero per ogni intervallo di lettura eseguito di spessore pari a 0,20 m. Pertanto, per ogni 0,20 m di prova è stato eseguito il calcolo dell'Indice di Comportamento del Terreno *Ic*, utile per la determinazione della rispettiva litologia prevalente (vedi **Fig. 23**) e per la correzione, data dalla presenza di materiale fine, del calcolo del valore q_{c1N} (resistenza determinata in prove penetrometriche statiche CPT normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa), utilizzata a sua volta per il calcolo della resistenza al taglio mobilitata in ciascuno strato (CRR).

I_c	Comportamento assimilabile litologicamente a
< 1,31	Sabbie ghiaiose e sabbie addensate
1,31 + 2,05	Sabbie da pulite a limose
2,06 + 2,60	Sabbie limose e/o limi sabbiosi
2,60 + 2,95	Limì argillosi e/o argille limose
2,95 + 3,60	Argille
> 3,60	Torbe, suoli organici

Fig. 23 - Classificazione granulometrica in funzione dell'Indice di comportamento dei terreni.

I risultati grafico-analitici riportati di seguito, individuano le classi litologiche riconosciute (**Fig. 24**) mediante la carta proposta dal Prof. Robertson (1990), in corrispondenza della verticale di prova P1.

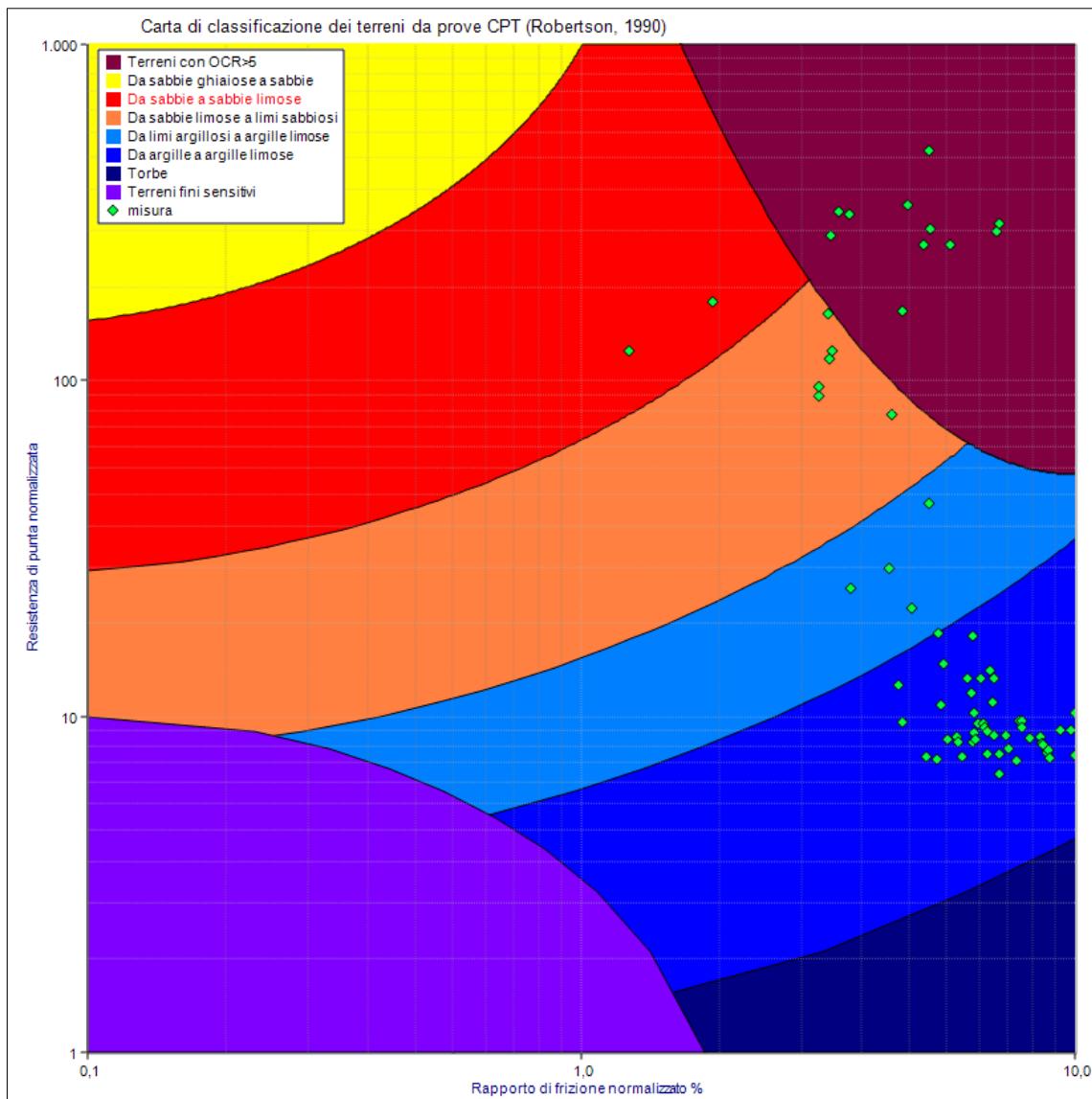


Fig. 24 - Carta di classificazione dei terreni da prove CPT (Robertson 1990), relativa alla Prova P1.

I terreni che costituiscono il sottosuolo indagato, pur risultando in percentuale maggiormente sabbioso-limosi-argilosì, come evidenziato dalla distribuzione dei valori sulla carta di Robertson, mostrano in alcuni casi un valore dell'indice di comportamento (I_c) maggiore di 2,60.

Dall'analisi dei risultati ottenuti dalle prove CPT (Fig. 25) si riscontra, per gli strati suscettibili a liquefazione (ovvero quelli comprendenti le letture del valore di qc al di sotto del livello di falda e con litologia maggiormente sabbiosa, con un valore di $I_c < 2,60$) un coefficiente di sicurezza alla liquefazione F_s sempre superiore al Fattore di Sicurezza considerato (pari a 1,25).

Di conseguenza l'indice di liquefazione all'interno del sito di progetto risulta pari a zero, ovvero molto basso e non si segnala rischio di liquefazione per l'area in esame.

Profilo CRR da CPT									
N.	d _a (m)	a (m)	qc(qt)(MPa)	f _s (kPa)	Gamma(kN/mc)	CSR	CRR	F _s	I _c
1	0	0,2	0,0	0,0	17,66	0,151			
2	0,2	0,4	0,0	98,1	18,99	0,151			
3	0,4	0,6	2,35	130,47	19,4	0,15			
4	0,6	0,8	3,73	189,33	19,91	0,15			
5	0,8	1,0	4,81	333,54	20,6	0,15			
6	1,0	1,2	6,28	438,51	20,9	0,15			
7	1,2	1,4	12,46	627,84	21,27	0,149			
8	1,4	1,6	10,01	458,13	20,95	0,149			
9	1,6	1,8	10,89	360,03	20,69	0,149			
10	1,8	2,0	9,71	477,75	20,99	0,149			
11	2,0	2,2	12,95	451,26	20,93	0,155	38,397	247,725	2,11
12	2,2	2,4	7,06	313,92	20,53	0,161	0,979	6,08	2,36
13	2,4	2,6	7,26	228,57	20,15	0,167	0,824	4,935	2,24
14	2,6	2,8	5,59	176,58	19,82	0,172	0,412	2,398	2,32
15	2,8	3,0	4,81	144,21	19,54	0,176	0,309	1,756	2,36
16	3,0	3,2	6,38	203,07	20,0	0,18	0,514	2,853	2,3
17	3,2	3,4	4,71	497,37	21,03	0,184			2,72
18	3,4	3,6	4,51	189,33	19,91	0,188	0,28	1,492	2,5
19	3,6	3,8	10,01	183,45	19,87	0,191	0,934	4,892	2,01
20	3,8	4,0	16,38	522,87	21,09	0,194	372,551	1920,368	2,07
21	4,0	4,2	5,69	169,71	19,77	0,196	0,344	1,756	2,34
22	4,2	4,4	7,95	98,1	18,99	0,199	0,322	1,616	1,97
23	4,4	4,6	2,94	144,21	19,54	0,202			2,66
24	4,6	4,8	1,96	78,48	18,64	0,204			2,74
25	4,8	5,0	1,77	58,06	18,18	0,206			2,74
26	5,0	5,2	1,08	65,73	18,36	0,209			3,1
27	5,2	5,4	1,37	78,48	18,64	0,211			3,01
28	5,4	5,6	1,08	58,86	18,18	0,219			3,09
29	5,6	5,8	1,47	71,61	18,5	0,214			2,95
30	5,8	6,0	0,98	58,86	18,18	0,216			3,18
31	6,0	6,2	0,98	46,11	17,76	0,218			3,12
32	6,2	6,4	1,08	58,86	18,18	0,219			3,13
33	6,4	6,6	0,98	85,35	18,77	0,221			3,31
34	6,6	6,8	1,18	46,11	17,76	0,222			3,02
35	6,8	7,0	1,96	85,35	18,77	0,223			2,86
36	7,0	7,2	1,28	78,48	18,64	0,224			3,13
37	7,2	7,4	0,98	117,72	19,26	0,225			3,44
38	7,4	7,6	1,47	71,61	18,5	0,226			3,03
39	7,6	7,8	1,37	78,48	18,64	0,227			3,11
40	7,8	8,0	1,08	71,61	18,5	0,228			3,26
41	8,0	8,2	1,08	58,86	18,18	0,228			3,21
42	8,2	8,4	1,08	71,61	18,5	0,229			3,27
43	8,4	8,6	1,08	85,35	18,77	0,229			3,33
44	8,6	8,8	0,98	71,61	18,5	0,23			3,36
45	8,8	9,0	1,18	78,48	18,64	0,23			3,26
46	9,0	9,2	1,18	65,73	18,36	0,23			3,22
47	9,2	9,4	1,18	65,73	18,36	0,23			3,23
48	9,4	9,6	1,18	98,1	18,99	0,23			3,35
49	9,6	9,8	1,08	65,73	18,36	0,23			3,31
50	9,8	10,0	1,18	71,61	18,5	0,23			3,27
51	10,0	10,2	1,08	58,86	18,18	0,23			3,29
52	10,2	10,4	1,08	51,99	17,97	0,23			3,27
53	10,4	10,6	1,08	46,11	17,76	0,23			3,24
54	10,6	10,8	1,28	71,61	18,5	0,23			3,24
55	10,8	11,0	1,37	51,99	17,97	0,229			3,11
56	11,0	11,2	1,47	78,48	18,64	0,229			3,18
57	11,2	11,4	1,28	58,86	18,18	0,228			3,21
58	11,4	11,6	1,28	65,73	18,36	0,227			3,25
59	11,6	11,8	1,37	71,61	18,5	0,227			3,23
60	11,8	12,0	1,37	78,48	18,64	0,226			3,26
61	12,0	12,2	1,37	65,73	18,36	0,225			3,22
62	12,2	12,4	1,37	71,61	18,5	0,224			3,24
63	12,4	12,6	1,37	65,73	18,36	0,223			3,23
64	12,6	12,8	1,28	51,99	17,97	0,222			3,22
65	12,8	13,0	1,18	65,73	18,36	0,221			3,35
66	13,0	13,2	1,28	78,48	18,64	0,22			3,35
67	13,2	13,4	1,37	98,1	18,99	0,219			3,36
68	13,4	13,6	1,37	78,48	18,64	0,217			3,31
69	13,6	13,8	1,37	110,85	19,17	0,216			3,41
70	13,8	14,0	1,37	98,1	18,99	0,215			3,38
71	14,0	14,2	1,57	110,85	19,17	0,213			3,32
72	14,2	14,4	1,57	104,97	19,09	0,212			3,31
73	14,4	14,6	1,47	104,97	19,09	0,21			3,37
74	14,6	14,8	1,57	110,85	19,17	0,209			3,34
75	14,8	15,0	1,57	110,85	19,17	0,207			3,34

Studio di Geologia - Dott. Geol. Luigi Renna - Dott. Geol. Niccolò Crestana

Viale Michelangelo, 40 – 25015 Desenzano del Garda (BS)

Cell: 349 2936733 - 347 9428449

mail: renna@crestanasrls.com - crestana@crestanasrls.com

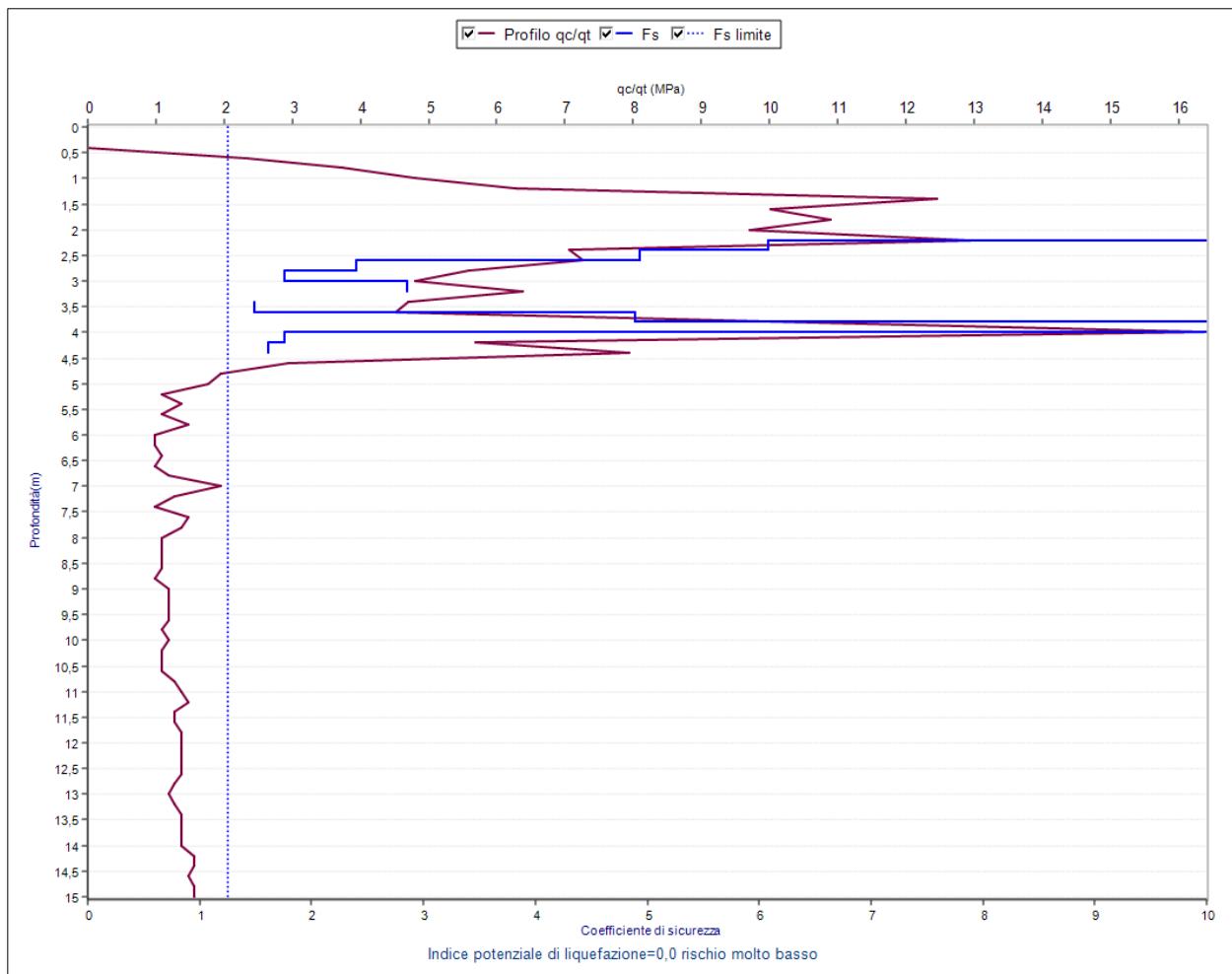


Fig. 25 - Risultati analitici dell'applicazione del metodo semplificato Boullanger e Idriss (2014) per il calcolo del fattore di sicurezza Fs (CPT-P1).

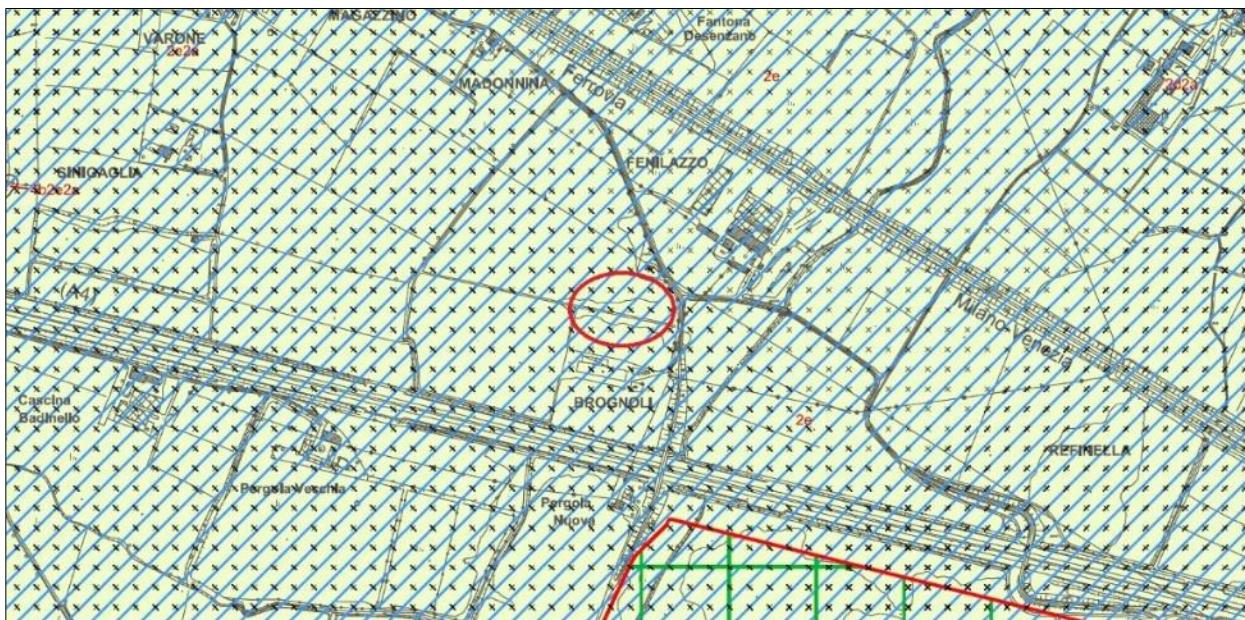
L'indice di liquefazione all'interno del sito di progetto, stimato secondo la relazione proposta da Somez (2003), dipendente dalla profondità d'indagine, dal numero degli strati e dai valori di Fs calcolati, risulta pari a 0,0, ovvero molto basso (Fig. 26). Per il sito di progetto quindi non si prevede l'innesto di fenomeni di liquefazione.

IL	Rischio di liquefazione
IL=0	Molto basso
$0 < IL \leq 2$	Basso
$2 < IL \leq 5$	Moderato
$5 < IL \leq 15$	Alto
$15 < IL$	Molto alto

Fig. 26 - Valutazione del Rischio liquefazione in funzione dell'Indice potenziale di Liquefazione (Somez, 2003).

5. FATTIBILITÀ GEOLOGICA E VINCOLI DELL'AREA DI PROGETTO

Dall'analisi della cartografia allegata allo *Studio Geologico redatto per l'Aggiornamento della "Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del Piano di Governo del Territorio"* di Desenzano del Garda (Agosto 2011 - Rev. 01 Gennaio 2016), è stato verificato che il sito di progetto ricade nella **Classe di Fattibilità 2, con modeste limitazioni d'uso.**



CLASSE 2 - FATTIBILITA' CON MODESTE LIMITAZIONI



2a - Area a media vulnerabilità delle acque sotterranee (prima falda)



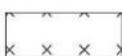
2e - Aree con terreni a caratteristiche geotecniche da discrete a buone e condizioni pianeggianti o con versanti debolmente acclivi.



PLIS

- Ambito dei cordoni morenici minori interposti a morfologia ondulata con ripiani subpianeggianti: area prevalentemente agricola;
- Fascia perilacustre non artificializzata in maniera esclusiva: area di ampiezza minima pari a 10 m dalla sponda. Localmente sono presenti piccoli lembi di canneto.

NORME GEOLOGICHE DI PIANO CORRELATE AL RISCHIO SISMICO PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE (PSL)



OBBLIGO DI APPLICAZIONE DELLA PROCEDURA DI 2° LIVELLO (D.G.R. 9 / 2616 / 2011)
"SITO-SPECIFICA" PER LA DEFINIZIONE DELLA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO DI PROGETTO
ovvero

OBBLIGO DI APPROFONDIMENTO DI 3° LIVELLO.

SCENARI PSL Z4a E Z4c con valori locali di Fa di sito > Fa di soglia (per edifici con periodo 0,1s-0,5s)

Fig. 27 - Stralcio della "Carta della Fattibilità Geologica per le Azioni di Piano" (Tav. SG T12b), allegata allo Studio Geologico del P.G.T. comunale vigente, con ubicazione dell'area d'interesse.

Per tali classi di Fattibilità Geologica, lo Studio Geologico allegato P.G.T. comunale prevede solo alcune limitazioni ed eventuali approfondimenti da effettuare in funzione delle specifiche costruttive degli interventi edificatori, in funzione delle sottoclassi individuate, di seguito enunciate:

Studio di Geologia - Dott. Geol. Luigi Renna - Dott. Geol. Niccolò Crestana

Viale Michelangelo, 40 – 25015 Desenzano del Garda (BS)

Cell: 349 2936733 - 347 9428449

mail: renna@crestanasrls.com - crestana@crestanasrls.com

✓ **CLASSE 2a** (*Aree a media vulnerabilità delle acque sotterranee – prima falda*)

Per questa sottoclasse sono consentite tutte le tipologie di opere di progetto proposte; la loro realizzazione è in ogni caso subordinata ad uno studio idrogeologico, rappresentato dal presente elaborato, che accerti la compatibilità dell'intervento con lo stato di vulnerabilità delle risorse idriche sotterranee, valutando il possibile impatto sulle acque sotterranee, e che preveda, se necessario, l'adozione di accorgimenti in grado di tutelare la falda acquifera e di sistemi di controllo.

A tal proposito si specifica che durante l'esecuzione delle indagini in situ, non è stata rilevata la presenza di acquiferi superficiali, fino ad una profondità di circa -5/-6 m rispetto al piano campagna esistente. Tuttavia, sulla base di indagini eseguite in aree limitrofe a quella d'interesse, non si esclude che le acque di infiltrazione meteorica possano alimentare, specialmente durante periodi di intense e prolungate precipitazioni, falde superficiali discontinue e/o sospese, a partire da circa -2,0/-3,0 m profondità dal p.c., circolanti all'interno dei depositi superficiali, delimitati alla base dai depositi della morena di fondo impermeabili.

Si ritiene in merito che, gli interventi di progetto, siano compatibili con lo stato di vulnerabilità delle risorse idriche sotterranee, non introducendo alcun impatto sulle acque di falda, essendo già presenti nel lotto d'interesse naturali deflussi per spaglio superficiale delle acque meteoriche e tramite i collettori idrici a servizio degli edifici già esistenti negli intorni dell'ingombro di progetto.

Per la vulnerabilità delle acque della falda freatica superficiale, inoltre è garantito che gli interventi di progetto e le attività svolte, sono legate al normale uso residenziale dei luoghi e non saranno potenzialmente idroinquinanti. La salvaguardia delle risorse idriche sotterranee dovrà comunque essere garantita operando in cantiere mediante procedure non potenzialmente idroinquinanti e adoperando idonei materiali e tecniche costruttive per l'isolamento delle strutture di fondazione.

✓ **CLASSE 2e** (*Aree con terreni a caratteristiche geotecniche da discrete a buone e condizioni pianeggianti o con versanti debolmente acclivi*)

Per questa sottoclasse sono previste le tipologie di opere di progetto e per essa è stata valutata la compatibilità dell'intervento con le caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche dell'area, con particolare attenzione alla caratterizzazione geotecnica, accertando lo spessore delle coperture superficiali e i parametri caratteristici dei terreni indagati. In base al modello geotecnico di seguito proposto, nel presente elaborato, redatto in ottemperanza a quanto previsto dal D.M. 17/01/2018, sono state indicate le unità litostratigrafiche idonee all'intestazione delle nuove fondazioni delle opere di progetto.

È stata verificata inoltre la stabilità dell'intera area in oggetto; in merito è stato eseguito un rilievo geomorfologico di campo, valutando l'andamento della superficie topografica del sito come subpianeggiante e con inclinazione <15°. Si specifica che alla data d'esecuzione delle indagini geognostiche, l'area di progetto risulta stabile e non presenta fenomeni di instabilità in atto e/o potenziali.

Alla luce quindi del presente studio geologico e in base alla caratterizzazione geotecnica di seguito proposta, si specifica che gli interventi di progetto, se eseguiti secondo le modalità realizzative prescritte sono compatibili con gli scenari di fattibilità generale previsti per l'area oggetto di studio.

Nelle sottoclassi individuate risultano consentite tutte le tipologie di intervento. Secondo i regolamenti di Piano, la loro realizzazione è subordinata comunque alla predisposizione di una relazione geologica e geotecnica, da eseguire attualmente ai sensi del D.M. 17/01/2018, così come ampiamente trattato nel presente elaborato.

Nell'area in esame, non si segnalano, per le classi di Fattibilità Geologica previste e per le corrispondenti limitazioni, situazioni e fenomeni in atto in grado di modificare le caratteristiche idrogeologiche, idrografiche e geomorfologiche dell'area. Inoltre, si ritiene che gli interventi di progetto non risultino in grado di indurre situazioni di dissesto o modificare il valore morfologico-paesaggistico del territorio.

Nello stesso Studio Geologico comunale si segnala la presenza, immediatamente a Nord dell'ingombro dell'area di progetto, di **Normative di vincolo** (*Carta dei vincoli – Tav. SG T10*) correlate ad alcuni elementi idrografici (**Fig. 28**).

A tal proposito si specifica che gli ingombri progettuali, così come definiti alla data di stesura del presente elaborato, non interferiscono con i suddetti elementi del reticolo idrografico e non rientrano all'interno delle fasce di tutela per essi istituite (pari a 4 m da ciascuna sponda). Nello specifico, il deflusso idrico superficiale entro l'area di indagine ed in quelle limitrofe avviene essenzialmente per spaglio superficiale. All'interno della proprietà oggetto d'intervento non si segnalano inoltre zone soggette a problematiche di tipo idraulico.

Secondo quanto previsto dalla “*Carta del dissesto con legenda uniformata PAI*” (Tav. SG T13 dell’Aggiornamento della Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del P.G.T. - 2012) è stata inoltre esclusa la presenza di fenomeni franosi o possibili esondazioni e dissesti morfologici di carattere torrentizio.

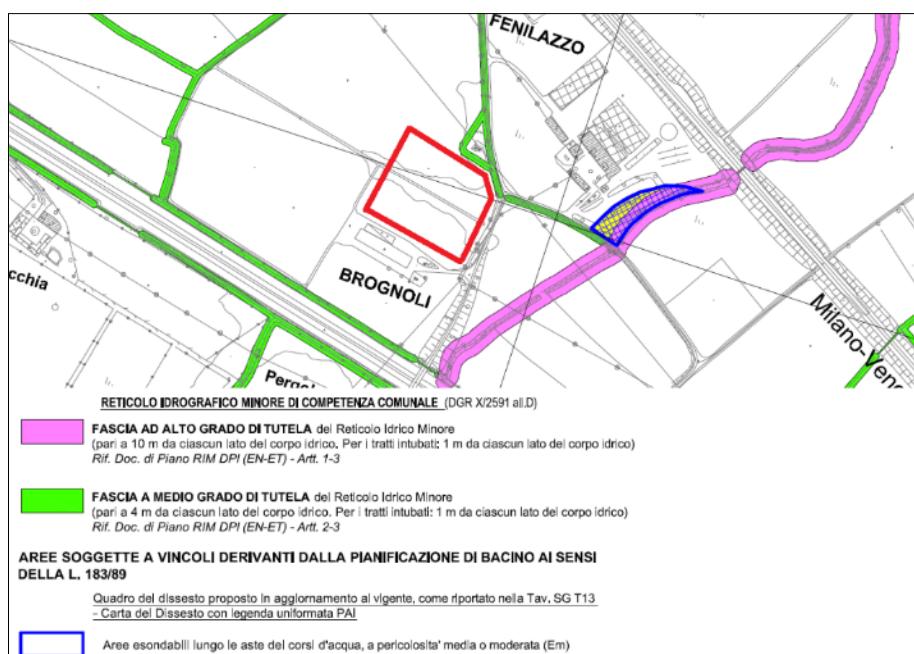


Fig. 28 - Stralcio della “Carta dei Vincoli” (Tav. SG T10), allegata allo Studio Geologico del P.G.T. comunale vigente, con ubicazione dell'area d'interesse.

B. RELAZIONE GEOTECNICA R2

6. MODELLO GEOTECNICO - VALORI CARATTERISTICI

Sulla scorta dei dati geognostici ricavati dalle indagini in sìto (Prove Penetrometriche Statiche CPT, scavi esplorativi e prospezione sismica MASW+HVS) e dall'elaborazione degli stessi, mediante formule di letteratura, sono stati individuati, da una stima ragionata e cautelativa, i valori caratteristici dei parametri geotecnici. Viene di seguito schematizzata la successione stratigrafica delle unità geotecniche riconosciute, riportando i valori del modello geotecnico medio proposto, partendo dall'alto verso il basso e prendendo come quota di riferimento il piano campagna esistente alla data di esecuzione delle indagini (p.c.).

- ✓ Terreno Superficiale S (Strato 1): Terreno superficiale vegetale prevalentemente limoso-sabbioso, scarsamente addensato.
- ✓ Unità Geotecnica MF1 (Strato 2): Depositi glaciali correlabili alla Morena di Fondo, costituiti da limi sabbiosi debolmente argillosi, nel complesso moderatamente addensati.
- ✓ Unità Geotecnica MF2 (Strato 3): Depositi correlabili alla Morena di Fondo, prevalentemente argilloso-limosi, nel complesso moderatamente consistenti.
- ✓ Unità Geotecnica MF3 (Strato 4): Depositi correlabili alla Morena di Fondo, prevalentemente argilloso-limosi, nel complesso moderatamente consistenti. In accordo con i dati sismostratigrafici, tale unità sembra possedere continuità fino ad almeno -35,0/-40,0 m dal p.c., oltre la quale si ipotizza la presenza di depositi maggiormente consistenti e/o addensati della medesima sequenza deposizionale.

PARAMETRI GEOTECNICI

	γ_{nat} (t/m ³)	Cu (kg/cm ²)	ϕ	Dr %	E_Y (kg/cm ²)	E_D (kg/cm ²)	Denominazione AGI
STRATO 1							
da 0,0 a -0,6/-1,2 m	1,80	--	28°	40	50	--	Scarsamente addensato
STRATO 2							
da -0,6/-1,2 m a -4,4/-5,0 m	1,90	--	31°	60	150	--	Moderatamente addensato
STRATO 3							
da -4,4/-5,0 m a -10,6/10,8 m	1,90	0,55	--	--	--	50	Moderatamente consistente
STRATO 4							
Oltre -10,6/-10,8 m dal p.c.	1,95	0,70	--	--	--	60	Moderatamente consistente

γ_{nat} = Peso unitario del terreno, Cu = Resistenza non drenata, ϕ = Angolo di resistenza al taglio, Dr = Densità relativa Skempton, E_Y = modulo di Young per terreni granulari, E_D = modulo edometrico per terreni coesivi.

Alla luce di tale ipotesi evidenziate dai risultati delle prove penetrometriche nel sìto di indagine, si ritiene di poter eseguire i calcoli geotecnici in condizioni drenate, trascurando cautelativamente la componente coesiva dei terreni di fondazione.

7. VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DELLE FONDAZIONI

Il D.M. 17/01/2018 prevede che la valutazione della sicurezza del progetto sia intesa in termini di stati limite per tutte le situazioni di funzionamento ipotizzabili, così come riassunto al par 2.2.1 e 2.2.2, secondo l'approccio evidenziato al par. 6.4.2.1., definiti dalla diversa combinazione di coefficienti parziali. Il Progettista dovrà verificare che per ogni stato limite sia rispettata la condizione: ***Ed ≤ Rd*** (dove: *Ed* è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione e *Rd* è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico).

Per la realizzazione dei piani di posa delle fondazioni del nuovo fabbricato, è stata quindi ipotizzata una profondità di scavo pari a -1,0 m, comprese di fondazione (0,40 m) e strato di magrone, intercettando quindi l'*Unità MF1 - Strato 2* a discrete caratteristiche geotecniche.

In fase di preparazione del piano di appoggio sarà quindi opportuno verificare che il fondo sia omogeneamente caratterizzato dai depositi dell'unità geotecnica prevista e comunque privo di lenti argilloso-limose scarsamente addensate o di eventuali materiali di riporto.

Considerando la natura dei depositi presenti e la tipologia delle opere fondazionali previste, in accordo con quanto descritto nei capitoli precedenti e con i *Tecnici della Committenza*, si ipotizza in questa sede, per la realizzazione delle fondazioni delle nuove opere di progetto, l'utilizzo di ***strutture a platea e a travi rovesce***.

Tenuto conto del significato puntuale delle indagini e della variabilità laterale che i terreni superficiali potrebbero presentare, si richiedono attente verifiche in fase di scavo e realizzazione delle opere di progetto.

Di seguito si riportano le specifiche geometrie ipotizzate e i parametri geotecnici caratteristici dei terreni di sottofondazione:

Platea		Travi di fondazione		Parametri geotecnici		
dimensioni (m)	altezza Df (m)	larghezza (m)	altezza Df (m)	γ_{nat} (t/m ³)	ϕ	Cu (kg/cm ²)
18,0x50,0	0,40	0,80	0,40	1,80	28°	--
		1,00		1,90	31°	--
		1,20		1,90	--	0,55
				1,95	--	0,70

7.1 Elementi per le Verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU)

Il calcolo della pressione limite (Q_{lim}) è stato eseguito per carichi centrati ed in condizioni statiche e sismiche, utilizzando il criterio di ***Brinch-Hansen (1970)***, considerando, cautelativamente, terreni di fondazione unicamente granulari ($\phi > 0^\circ$, $Cu = 0$), in condizioni drenate:

$$Q_{lim} = c \times N_c \times s_c \times d_c \times i_c \times b_c \times g_c + s_q \times y_1 \times D \times N_q \times d_q \times i_q \times b_q \times g_q + 0.5 \times y_2 \times B \times N_y \times s_y \times d_y \times i_y \times b_y \times g_y \quad (\text{per } \Phi > 0);$$

in cui:

Nc, Nq, Ny = fattori di capacità portante funzione di ϕ

sc, sq, sy = fattori di forma della fondazione

dc, dq, dy = fattori correttivi per l'approfondimento

ic, dq, dy = fattori correttivi per carichi inclinati

gc, gq, gy = fattori correttivi per fondazioni su pendio

bc, bq, by = fattori correttivi per l'inclinazione della base della fondazione

D = altezza della fondazione o del terreno di confinamento

B = lato minore della fondazione

Per le diverse geometrie delle fondazioni considerate, si ottengono i seguenti valori della Pressione limite, riassunti nella seguente tabella:

Platea	
dimensioni (m)	$Q_{lim\ M1}$ (kg/cm ²)
18,0x50,0	9,84

Travi di fondazione	
larghezza (m)	$Q_{lim\ M1}$ (kg/cm ²)
0,80	
1,00	
1,20	

Per le verifiche agli stati limite ultimi (**SLU**) è stato utilizzato l'**APPROCCIO 2** con coefficienti parziali riferiti ad Azioni, Parametri Geotecnici e Resistenze con combinazione: A1+M1+R3. Sono state quindi valutate le **Resistenze Rd** applicando, ai valori stimati per i carichi limite, ulteriori coefficienti parziali di sicurezza (γ_R), in funzione della "combinazione" di calcolo utilizzata ($\gamma_R=2,3$). Si riassumono i valori ottenuti per la suddetta combinazione:

Platea	
dimensioni (m)	$R_d\ (A1+M1+R3)$ (kg/cm ²)
18,0x50,0	4,28

Travi di fondazione	
larghezza (m)	$R_d\ (A1+M1+R3)$ (kg/cm ²)
0,80	2,31
1,00	2,46
1,20	2,64

In **condizioni sismiche (SLV)**, sono stati calcolati quindi i valori di resistenza del terreno di fondazione R_d considerando le eccentricità dei carichi dovute all'azione dei momenti agenti e alle azioni di taglio mediante il metodo proposto da Paolucci e Pecker.

Platea	
dimensioni (m)	R_d (kg/cm ²)
18,0x50,0	2,45

Travi di fondazione	
larghezza (m)	R_d (kg/cm ²)
0,80	1,15
1,00	1,21
1,20	1,30

7.2 Elementi per le Verifiche agli Stati Limite d'Esercizio (SLE)

Il calcolo agli Stati Limite d'Esercizio è stato eseguito considerando i cedimenti di consolidazione immediati, utilizzando i valori di pressione di progetto di esercizio (P_{SLE}) ipotizzati in funzione delle opere di progetto.

Per le strutture di fondazione considerate e per la tipologia di terreni di fondazione esistenti, il calcolo dei cedimenti (S) è stato condotto utilizzando il metodo di **Schmertmann (1970)**, per terreni nel complesso prevalentemente granulari, utilizzando le seguenti relazioni:

$$S_{TOT} = C_1 \times C_2 \times Q \times D_H \times \text{sommatoria}(I_z/E)$$

in cui:

Q = carico applicato alla fondazione

C₁ = fattore correttivo approfondimento fondazione

C₂ = fattore correttivo cedimento secondario

D_H = spessore di ciascuno strato

E = modulo di deformazione dello strato

I_z = fattore di influenza del carico applicato alla fondazione

<i>Platea</i>		
P_{SLE} (kg/cm ²)	dimensioni (m)	S (mm)
0,30	18,0x50,0	17,2
0,40		30,7
0,50		44,5
0,60		58,2
0,70		72,0

<i>Travi di fondazione</i>		
P_{SLE} (kg/cm ²)	larghezza (m)	S_{TOT} (mm)
0,80	0,80	10,3
	1,00	12,9
	1,20	14,6
1,00	0,80	13,8
	1,00	17,2
	1,20	19,5
1,15	0,80	16,4
	1,00	20,5
	1,20	23,2
1,20	1,00	21,5
	1,20	24,5

in cui:

P_{SLE} = pressione di esercizio sulla fondazione

S_{TOT} = cedimento totale

Per i terreni di fondazione potranno essere utilizzati valori del **coefficiente di sottofondazione di Winkler (k_w) pari a 2,0/2,5 kg/cm³.**

Si rimanda a specifiche considerazioni dei *Tecnici Strutturisti* incaricati, per la valutazione della compatibilità del cedimento globale (e non differenziale) stimato, rispetto alla sovrastruttura di progetto.

In nessun caso i valori stimati (sia per le resistenze che per i cedimenti) potranno essere utilizzati per fondazioni poggiante su coltri vegetali o su livelli o lenti di materiali a caratteristiche geotecniche particolarmente scadenti o in presenza di terreno rimaneggiato dalle operazioni di scavo e/o di fenomeni di ristagno d'acqua al piano di posa.

8. SPECIFICHE DI PROGETTO E PRESCRIZIONI REALIZZATIVE

Gli interventi proposti dalla *Committenza* riguardano le opere di ristrutturazione mediante demolizione e ricostruzione di un fabbricato esistente, sito in Località Brognoli, nel Comune di Desenzano del Garda (BS).

Gli interventi di progetto prevedono la realizzazione di un nuovo complesso residenziale, costituito da edifici con due piani fuori terra e privi di interrato.

In fase esecutiva, le scelte progettuali ed i criteri realizzativi dovranno garantire la sicurezza e la stabilità dei luoghi, la verifica della pressione limite, delle resistenze e della pressione d'esercizio dei terreni di fondazione, nonché la compatibilità con l'assetto geomorfologico, idrogeologico ed idrografico del territorio.

In funzione del modello geologico e geotecnico redatto e dello stato dei luoghi, si riportano di seguito le principali prescrizioni da tenere in considerazione in fase esecutiva:

- a.** Dall'analisi delle verticali di prova, è stata constatata inizialmente la presenza di un primo spessore pari a circa 0,6/1,2 m, correlabile ad uno strato superficiale vegetale (*Unità S - Strato 1*), scarsamente addensato. Da -0,6/-1,2 a -4,4/-5,0 m dal p.c., sono stati rinvenuti depositi costituiti da limi sabbiosi debolmente argillosi, nel complesso moderatamente addensati, afferenti alle porzioni superficiali della Morena di Fondo (*Unità MF1 - Strato 2*). Oltre -4,4/-5,0 m dal p.c., si rinvengono depositi glaciali prevalentemente argilosolimosi, moderatamente consistenti, afferenti alla medesima Unità della Morena di Fondo (*Unità MF2 - Strato 3 e Unità MF3 - Strato 4*).
- b.** Si segnala che durante l'esecuzione delle indagini geotecniche, non è stata rilevata la presenza di livelli acquiferi fino ad almeno -5,0/-6,0 m dal p.c.. Tuttavia, sulla base di indagini eseguite in aree limitrofe a quella d'interesse, non si esclude che le acque di infiltrazione meteorica possano alimentare, specialmente durante periodi di intense e prolungate precipitazioni, falde superficiali discontinue e/o sospese, a partire da circa -2,0/-3,0 m profondità dal p.c., circolanti all'interno dei depositi superficiali, delimitati alla base dai depositi della morena di fondo impermeabili.
- c.** Qualora, durante le operazioni di scavo, si riscontrassero livelli acquiferi superficiali, si prescrive la messa in opera di adeguati interventi di impermeabilizzazione dei manufatti di fondazione e delle strutture murarie, con guaine e giunti impermeabili da apporre alla base della fondazione, della pavimentazione e della porzione dei muri in elevazione al piano di calpestio, con eventuali sistemi permanenti di drenaggio e allontanamento delle acque sotterranee, da installare alla base dello scavo, perimetralmente all'edificio di progetto.
- d.** Per la realizzazione dei piani di posa delle nuove fondazioni, si considera una profondità di scavo massima pari a circa 1,0 m rispetto al p.c., intercettando quindi l'*Unità MF1 - Strato 2* a discrete caratteristiche geotecniche e ritenuta idonea all'appoggio delle nuove strutture di progetto.
- e.** Nella scelta di questa ipotesi, affidata ai *Tecnici progettisti*, in fase di preparazione del piano di appoggio, si dovrà comunque verificare che il fondo non sia caratterizzato da terreni a caratteristiche geotecniche particolarmente scadenti o rimaneggiati dalle operazioni di scavo. Considerando la natura dei depositi presenti, in accordo con quanto descritto nei capitoli precedenti e con i *Tecnici* della *Committenza*, si ipotizza, per la

realizzazione delle nuove fondazioni l'utilizzo di **strutture a platea** ed in alternativa **travi rovesce**.

- f.** Si rimanda in ogni caso al Progettista incaricato ogni valutazione inherente la tipologia delle fondazioni da utilizzare, soprattutto in funzione delle verifiche indicative agli Stati di Limite, Ultimi (SLU) e di Esercizio (SLE), riportate nel precedente capitolo. Si rimane altresì disponibili ad ulteriori calcoli e confronti diretti in merito alle Verifiche agli Stati Limite e per quanto concerne la valutazione dei cedimenti attesi.
- g.** In nessun caso le strutture di fondazione potranno poggiare su coltri vegetali o su livelli o lenti di materiali a caratteristiche geotecniche particolarmente scadenti (eventualmente non rilevati con le prove penetrometriche eseguite in sito), o in presenza di terreno rimaneggiato dalle operazioni di scavo.
- h.** A fine scavo di preparazione per la posa delle fondazioni, in caso di presenza di terreni a scadenti caratteristiche geotecniche a profondità superiori a quelle considerate, si prescrive un approfondimento del piano di posa delle fondazioni mediante operazioni di bonifica geotecnica con rimozione di un idoneo strato di terreno, a cui far seguire il getto di magrone o, secondo scelte del progettista, la posa di uno strato di materiale grossolano idoneamente realizzato e vibrocompattato, per raggiungere la quota d'imposta di progetto prevista.
- i.** Per tutti gli sbancamenti si raccomanda di non abbandonare i fronti di scavo aperti per periodi di tempo prolungati, formando per essi angoli di declivio non superiori a 45°-50°. A seguito di piogge intense, tali fronti potranno essere soggetti a fenomeni di dilavamento con conseguenti crolli delle pareti di scavo. In caso di pioggia i fronti di scavo dovranno essere protetti dal dilavamento superficiale mediante teloni impermeabili. In merito si prescrive di non posizionare in alcun modo sovraccarichi a bordo scavo, inoltre, in mancanza di sistemi di sostegno provvisori, si consiglia di procedere con operazioni di scavo per setti progressivi.
- j.** Per tutti gli sbancamenti per la formazione delle strutture di progetto e del piano di posa delle nuove fondazioni, si richiede che vengano rispettate le procedure e le precauzioni previste dalla normativa vigente in materia di sicurezza sui luoghi di lavoro (D. Lgs. n° 81/08) e per l'esecuzione degli scavi con altezza superiore a 1,5 m.

9. CONCLUSIONI

Il presente elaborato è redatto in ottemperanza ai contenuti del **D.M. 17/01/2018** e contempla i requisiti urbanistici e normativi di rilevanza geologica ivi prescritti, costituendo documento idoneo per il rilascio della concessione edilizia, sulla base del progetto ad esso allegato. Lo studio inoltre è stato condotto secondo le normative regionali vigenti e considerando la **D.G.R. 30 Novembre 2011 – n. IX/2616** “*Aggiornamento dei criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio*” (art. 57 comma 1 della L.R. 11 Marzo 2005 n. 12) e secondo quanto previsto dal P.G.T. del comune di Desenzano del Garda (BS). Nel presente elaborato sono stati presi in considerazione i seguenti aspetti di carattere geologico e normativo:

- ✓ Sulla base del **modello geologico-geotecnico** definito, sono state individuate le unità geotecniche che costituiscono il sottosuolo di fondazione, fornendo le prescrizioni sulle procedure progettuali da adottare in merito agli interventi proposti, in funzione delle caratteristiche geotecniche dei terreni presenti entro l'ingombro di progetto previsto.
- ✓ Dall'analisi della cartografia allegata alle Norme di piano comunale, nell'area in esame, non si segnalano, per la classe di **Fattibilità Geologica 2** e per le corrispondenti limitazioni previste, situazioni e fenomeni in atto in grado di modificare le caratteristiche geologiche, idrogeologiche e idrografiche dell'area. Si ritiene che gli interventi di progetto, come configurati, non risultino in grado di indurre situazioni di pericolo a carattere geologico ed idrogeologico e/o modificare il valore morfologico-paesaggistico del territorio. Nell'area in esame non si segnalano inoltre **Normative di vincolo** correlate ad elementi idrografici o ad altre problematiche geologiche, idrogeologiche e geomorfologiche.
- ✓ Dal punto di vista della Pericolosità Sismica Locale l'area in esame è stata classificata, nella “Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del P.G.T.” di Desenzano del Garda entro lo scenario di **pericolosità sismica Z4c** “*Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi - comprese le coltri loessiche*”.
- ✓ Per lo scenario di pericolosità Z4c è stata eseguita un'analisi sito-specifica (II Grado di approfondimento – APP 5 secondo quanto indicato nella DGR 5001/2016) per la Stima del Fattore di Amplificazione di sito, mediante il calcolo dello Spettro di risposta elastico. I risultati ottenuti, per il calcolo del fattore di amplificazione Fa, hanno verificato sia per edifici con periodo T compreso tra 0,5 e 1,5 s che per edifici con periodo compreso tra 0,1 s e 0,5 s si ottengono valori di Fa di sito compatibili con i valori di Fa di soglia previsti per la **Categoria di sottosuolo “C”** (definita per il sito d'interesse) e che pertanto i parametri sismici della normativa sismica vigente sono sufficienti a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica (**FAC≤FAS**).
- ✓ È stato determinato il potenziale di liquefazione dei terreni di fondazione considerando prima le “circostanze di esclusione” dalla verifica alla liquefazione elencate al punto 7.11.3.4.2 del D.M. 17/01/2018, e in seguito applicando il II Grado di approfondimento mediante metodi semplificati (*Boulanger e Idriss - 2014*), ritenendo in ultima analisi i **terreni del sito d'interesse non soggetti a liquefazione**.

- ✓ Sono stati infine valutati diversi valori di **resistenze limite (Rd)**, ed è stata ipotizzata l'entità dei **cedimenti (S)** riferiti ad alcuni carichi di esercizio (P_{SLE}), considerando strutture di fondazione alternativamente di tipo a platea e travi rovesce, per le opere di progetto previste. Si rimanda al Progettista ogni valutazione inerente i calcoli relativi alle strutture di fondazione.

Considerando infine un certo grado di imprevedibilità intrinseco delle formazioni geologiche, si rimanda al progettista l'onere di verificare, in fase esecutiva, la rispondenza tra quanto previsto (mediante indagine per punti) e quanto effettivamente verrà riscontrato in fase realizzativa, adottando in caso idonee soluzioni progettuali.

Sulla base del quadro normativo fornito e delle caratteristiche geologico-geotecniche ed idrogeologiche dell'area in oggetto, gli interventi di ristrutturazione mediante demolizione e ricostruzione di un fabbricato esistente, se eseguiti secondo le indicazioni e le prescrizioni riportate nel presente studio, risultano compatibili con la destinazione d'uso prevista e con le Norme di Piano vigenti.

Il presente elaborato è conforme a quanto previsto dalle nuove normative regionali in materia di vigilanza sulle costruzioni in zone sismiche (**L.R. 33/2015, D.G.R. 5001/2016**) e aggiornamento della classificazione sismica regionale (**DGR 2129/2014**).

In merito alla procedura di “*richiesta di autorizzazione sismica del progetto*” (zona sismica 2), si allega la modulistica riportante i dati anagrafici del sottoscritto, il Modulo 9 di dichiarazione/asseverazione del Geologo e il Modulo 10 di dichiarazione/asseverazione dell'estensore della Relazione Geotecnica, firmati anche digitalmente per l'eventuale gestione informatica della pratica sui portali web dedicati.

Desenzano del Garda, 17 Novembre 2021

Dott. Geol. Niccolò Crestana



Studio di Geologia - Dott. Geol. Luigi Renna - Dott. Geol. Niccolò Crestana

Viale Michelangelo, 40 - 25015 Desenzano del Garda (BS)

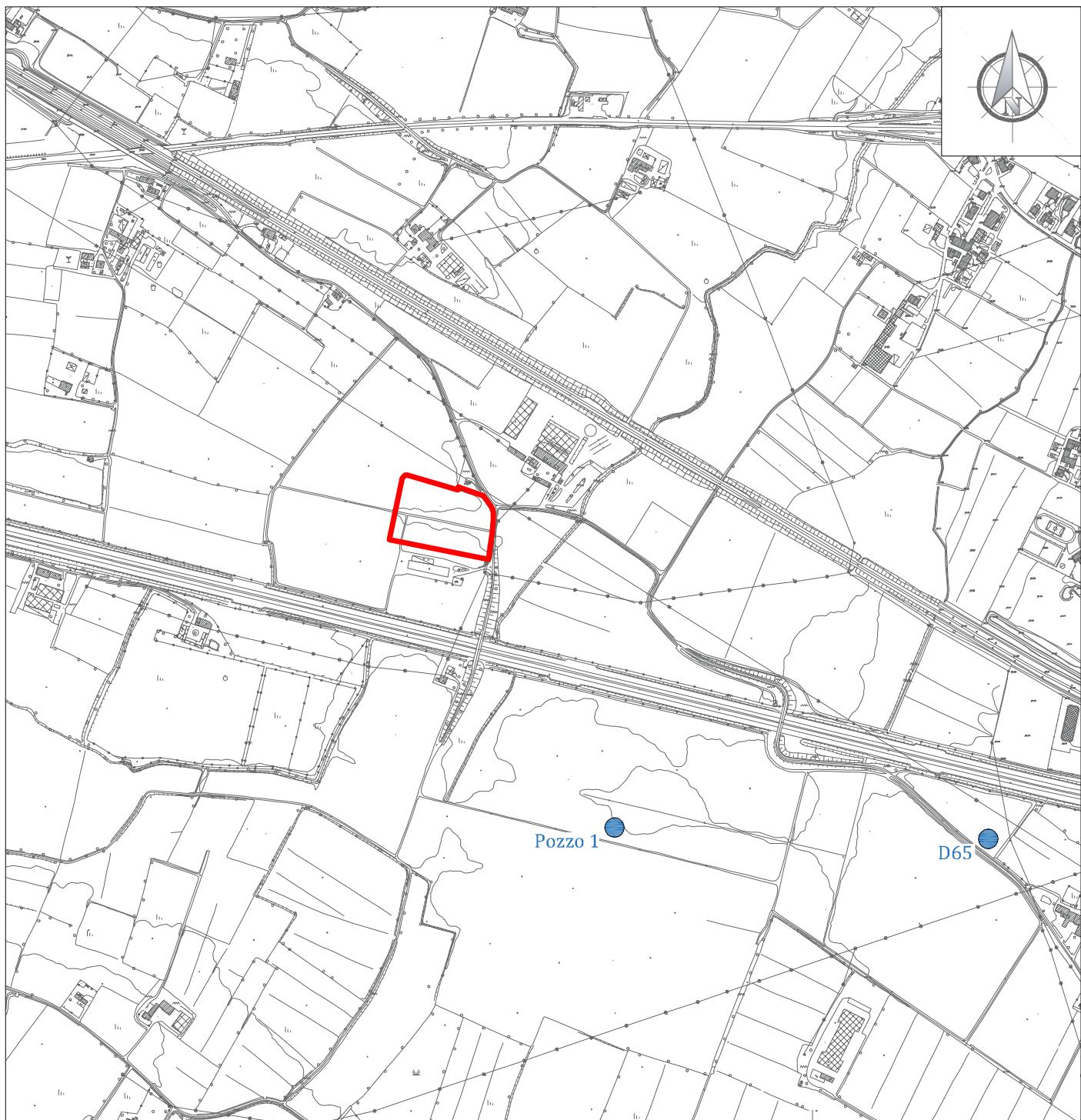
Cell: 349 2936733 - 347 9428449

mail: renna@crestanasrls.com - crestana@crestanasrls.com

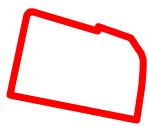
COROGRAFIA CON UBICAZIONE DELL'AREA D'INDAGINE
E DEI POZZI CON STRATIGRAFIA

SCALA 1:10.000

Tav. 1



LEGENDA



Area in esame

D65

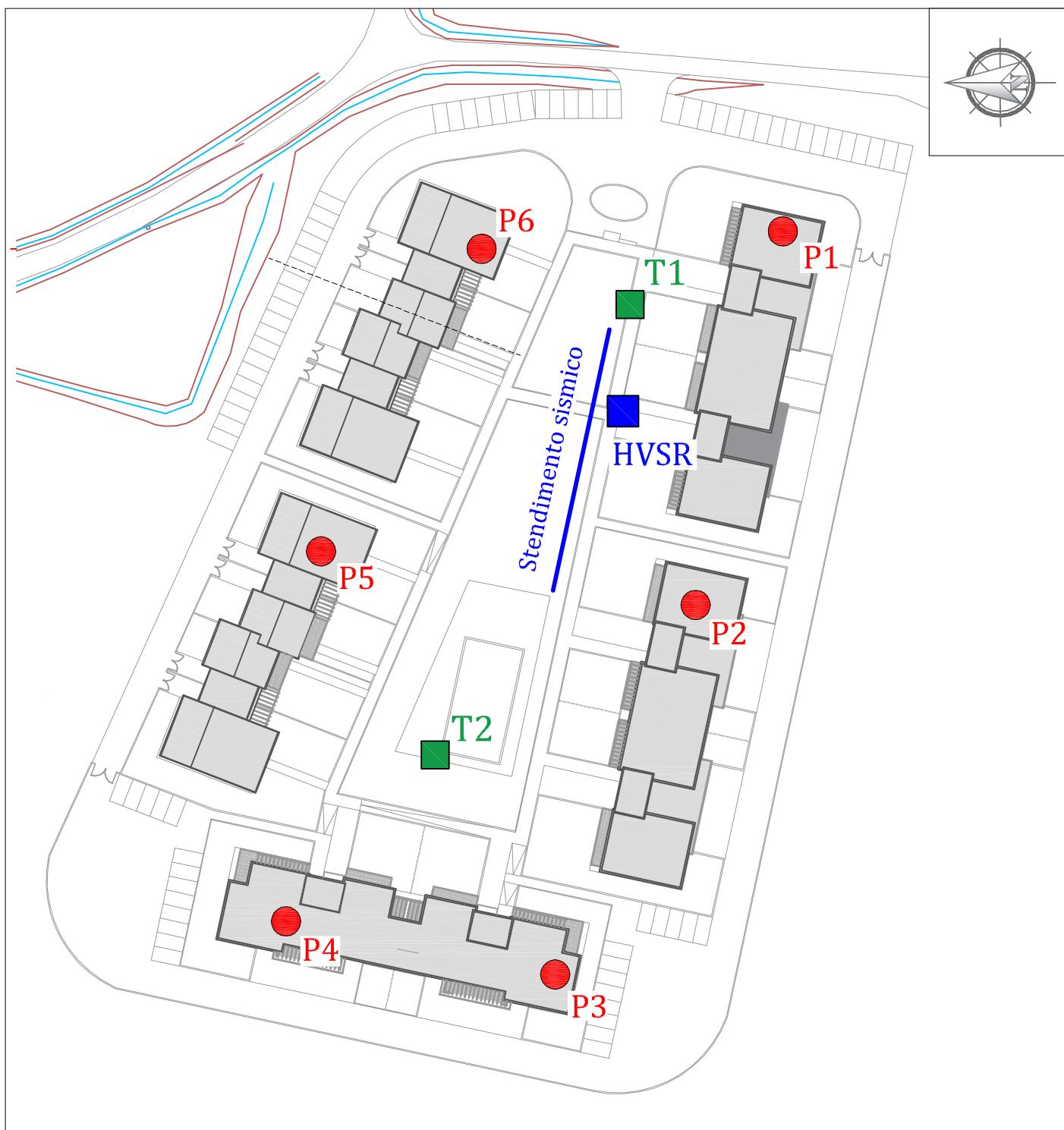


Pozzo con stratigrafia
in allegato

PLANIMETRIA DI PROGETTO CON UBICAZIONE DEI PUNTI DI INDAGINE

SCALA 1:1000

Tav. 2



LEGENDA

P1 Prova penetrometrica statica (CPT)

T1 Scavi esplorativi

Stendimento sismico
Prospezione sismica MASW
in onde di Rayleigh + Love

HVSР Misura di microtremore
sismico ambientale
mediante tecnica HVSР



CRESTANA S.r.l.s.

INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOFISICHE ED AMBIENTALI

Viale Michelangelo, 40 - 25015 Desenzano del Garda (BS)

info@crestanasrls.com - www.crestanasrls.com

**PROVA PENETROMETRICA STATICÀ MECCANICA
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI**

CPT	1
Riferimento	Desenzano

Committente	Parolini S.p.A.	U.M.:	kg/cm ²	Data esec.	20/10/2021
Cantiere		Pagina	1		
Località	Località Brognoli - Desenzano d/G (BS)	Elaborato		Falda	Assente

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	F	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	F	Rf %	
0,20	0,0	0,0		0,00	0,00											
0,40	0,0	0,0		0,00	1,00	0										
0,60	24,0	39,0		24,00	1,33	18	5,5									
0,80	38,0	58,0		38,00	1,93	20	5,1									
1,00	49,0	78,0		49,00	3,40	14	6,9									
1,20	64,0	115,0		64,00	4,47	14	7,0									
1,40	127,0	194,0		127,00	6,40	20	5,0									
1,60	102,0	198,0		102,00	4,67	22	4,6									
1,80	111,0	181,0		111,00	3,67	30	3,3									
2,00	99,0	154,0		99,00	4,87	20	4,9									
2,20	132,0	205,0		132,00	4,60	29	3,5									
2,40	72,0	141,0		72,00	3,20	23	4,4									
2,60	74,0	122,0		74,00	2,33	32	3,1									
2,80	57,0	92,0		57,00	1,80	32	3,2									
3,00	49,0	76,0		49,00	1,47	33	3,0									
3,20	65,0	87,0		65,00	2,07	31	3,2									
3,40	48,0	79,0		48,00	5,07	9	10,6									
3,60	46,0	122,0		46,00	1,93	24	4,2									
3,80	102,0	131,0		102,00	1,87	55	1,8									
4,00	167,0	195,0		167,00	5,33	31	3,2									
4,20	58,0	138,0		58,00	1,73	34	3,0									
4,40	81,0	107,0		81,00	1,00	81	1,2									
4,60	30,0	45,0		30,00	1,47	20	4,9									
4,80	20,0	42,0		20,00	0,80	25	4,0									
5,00	18,0	30,0		18,00	0,60	30	3,3									
5,20	11,0	20,0		11,00	0,67	16	6,1									
5,40	14,0	24,0		14,00	0,80	18	5,7									
5,60	11,0	23,0		11,00	0,60	18	5,5									
5,80	15,0	24,0		15,00	0,73	21	4,9									
6,00	10,0	21,0		10,00	0,60	17	6,0									
6,20	10,0	19,0		10,00	0,47	21	4,7									
6,40	11,0	18,0		11,00	0,60	18	5,5									
6,60	10,0	19,0		10,00	0,87	11	8,7									
6,80	12,0	25,0		12,00	0,47	26	3,9									
7,00	20,0	27,0		20,00	0,87	23	4,4									
7,20	13,0	26,0		13,00	0,80	16	6,2									
7,40	10,0	22,0		10,00	1,20	8	12,0									
7,60	15,0	33,0		15,00	0,73	21	4,9									
7,80	14,0	25,0		14,00	0,80	18	5,7									
8,00	11,0	23,0		11,00	0,73	15	6,6									
8,20	11,0	22,0		11,00	0,60	18	5,5									
8,40	11,0	20,0		11,00	0,73	15	6,6									
8,60	11,0	22,0		11,00	0,87	13	7,9									
8,80	10,0	23,0		10,00	0,73	14	7,3									
9,00	12,0	23,0		12,00	0,80	15	6,7									
9,20	12,0	24,0		12,00	0,67	18	5,6									
9,40	12,0	22,0		12,00	0,67	18	5,6									
9,60	12,0	22,0		12,00	1,00	12	8,3									
9,80	11,0	26,0		11,00	0,67	16	6,1									
10,00	12,0	22,0		12,00	0,73	16	6,1									
10,20	11,0	22,0		11,00	0,60	18	5,5									
10,40	11,0	20,0		11,00	0,53	21	4,8									
10,60	11,0	19,0		11,00	0,47	23	4,3									
10,80	13,0	20,0		13,00	0,73	18	5,6									
11,00	14,0	25,0		14,00	0,53	26	3,8									
11,20	15,0	23,0		15,00	0,80	19	5,3									
11,40	13,0	25,0		13,00	0,60	22	4,6									
11,60	13,0	22,0		13,00	0,67	19	5,2									
11,80	14,0	24,0		14,00	0,73	19	5,2									
12,00	14,0	25,0		14,00	0,80	18	5,7									
12,20	14,0	26,0		14,00	0,67	21	4,8									
12,40	14,0	24,0		14,00	0,73	19	5,2									
12,60	14,0	25,0		14,00	0,67	21	4,8									
12,80	13,0	23,0		13,00	0,53	25	4,1									
13,00	12,0	20,0		12,00	0,67	18	5,6									
13,20	13,0	23,0		13,00	0,80	16	6,2									
13,40	14,0	26,0		14,00	1,00	14	7,1									
13,60	14,0	29,0		14,00	0,80	18	5,7									
13,80	14,0	26,0		14,00	1,13	12	8,1									
14,00	14,0	31,0		14,00	1,00	14	7,1									
14,20	16,0	31,0		16,00	1,13	14	7,1									
14,40	16,0	33,0		16,00	1,07	15	6,7									
14,60	15,0	31,0		15,00	1,07	14	7,1									
14,80	16,0	32,0		16,00	1,13	14	7,1									
15,00	16,0	33,0		16,00												

H = profondità
L1 = prima lettura (punta)
L2 = seconda lettura (punta + laterale)
Lt = terza lettura (totale)
CT = 10,00 costante di trasformazione

qc = resistenza punta
fs = resistenza laterale
0,20 m sopra quota qc
F = rapporto Begemann (qc / fs)
Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc) * 100



CRESTANA S.r.l.s.

INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOFISICHE ED AMBIENTALI

Viale Michelangelo, 40 - 25015 Desenzano del Garda (BS)

info@crestanasrls.com - www.crestanasrls.com

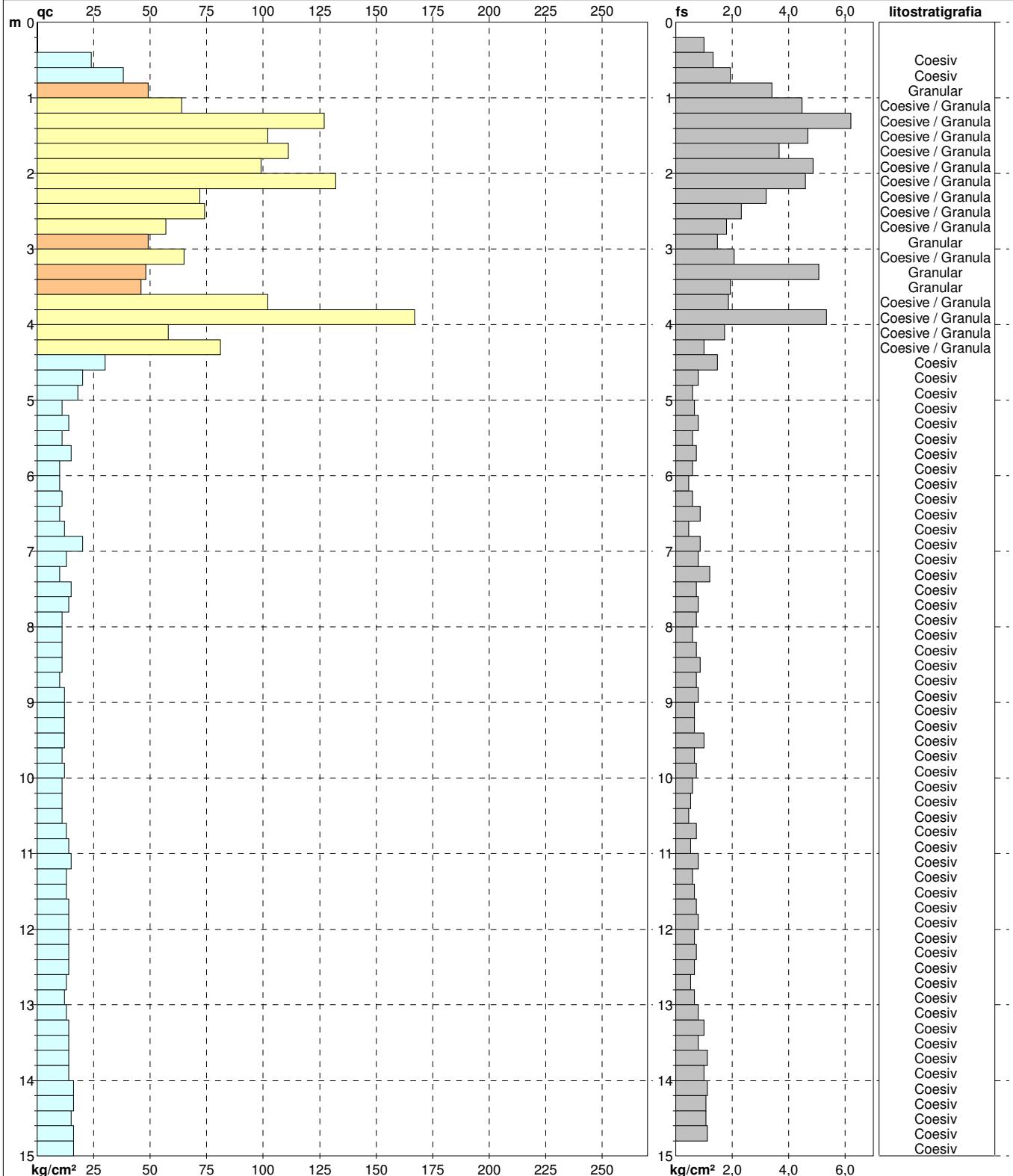
**PROVA PENETROMETRICA STATICÀ MECCANICA
DIAGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA****CPT****1**

Riferimento

Desenzano

Committente	Parolini S.p.A.	U.M.:	kg/cm ²	Data esec.	20/10/2021
Cantiere		Scala:	1:75		
Località	Località Brognoli - Desenzano d/G (BS)	Pagina	1	Quota inizio:	

Elaborato Falda Assente



Litology:	Begemann [qc + qc/fs] 4 Zone	preforo	m
Penetrometro:	TG63-200Stat	Corr.astine:	kg/ml
Responsabile:			
Assistente:		Cod. tip:	

PROVA PENETROMETRICA STATICÀ MECCANICA DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT

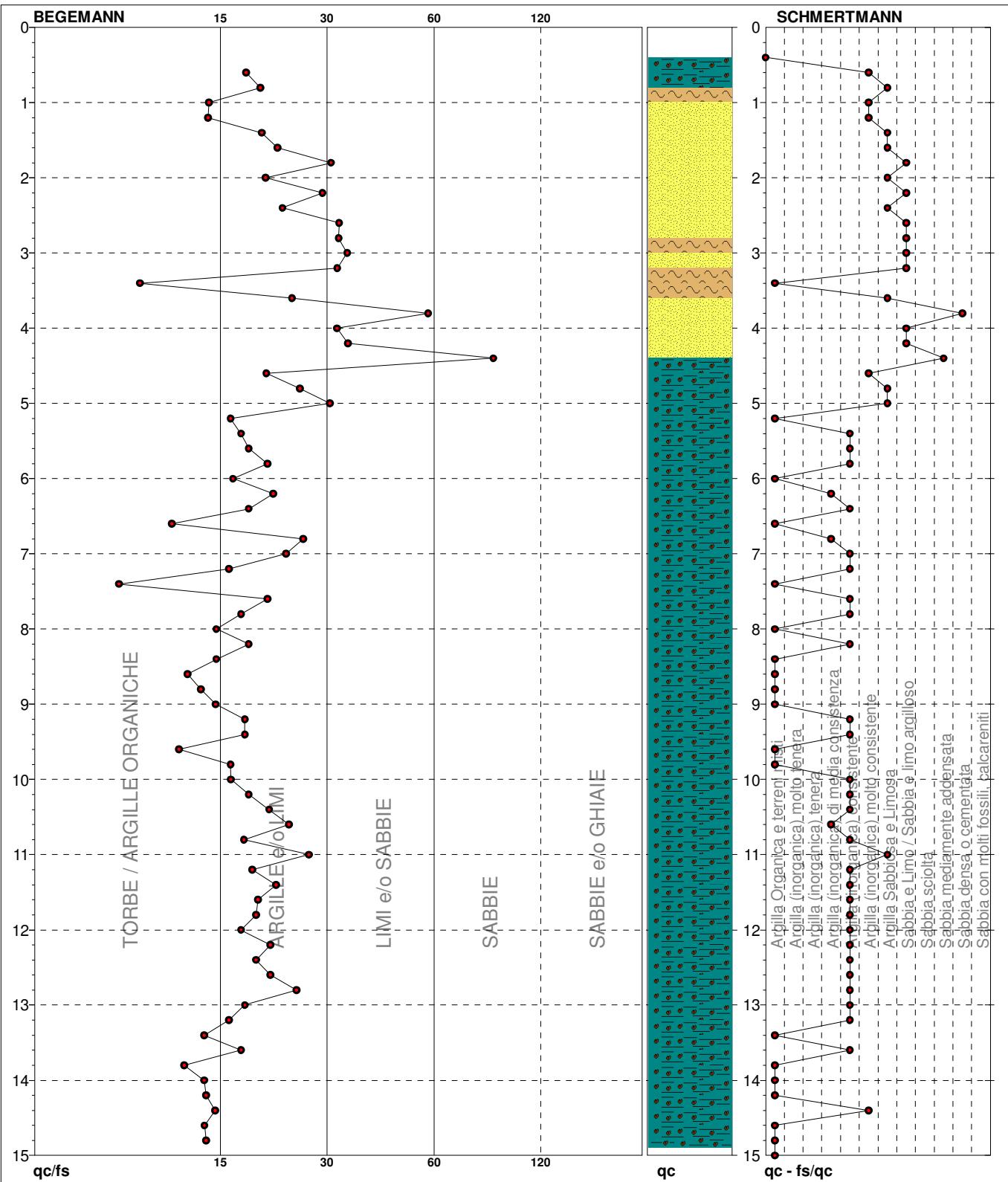
1

Riferimento

Desenzano

Committente **Parolini S.p.A.**
Cantiere
Località **Località Brognoli - Desenzano d/G (BS)**

U.M.: **kg/cm²** Data esec. **20/10/2021**
Scala: **1:75**
Pagina **1**
Elaborato Falda Assente



TORBE / ARGILLE ORGANICHE	15 punti, 24,00%	Argilla Organica e terreni misti	18 punti, 24,00%	Argilla Sabbiosa e Limosa	9 punti, 12,00%
ARGILLE e/o LIMI	47 punti, 62,67%	Argilla (inorganica) di media consistenza	3 punti, 4,00%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo argilloso	8 punti, 10,67%
LIMI e/o SABBIE	8 punti, 10,67%	Argilla (inorganica) consistente	27 punti, 36,00%	Sabbia mediamente addensata	1 punti, 1,33%
SABBIE	1 punti, 1,33%	Argilla (inorganica) molto consistente	5 punti, 6,67%	Sabbia densa o cementata	1 punti, 1,33%

PROVA PENETROMETRICA STATICÀ MECCANICA PARAMETRI GEOTECNICI

CPT		1
Riferimento	Desenzano	

Committente	Parolini S.p.A.	U.M.:	kg/cm ²	Data esec.	20/10/2021
Cantiere		Pagina	1		
Località	Località Brognoli - Desenzano d/G (BS)	Elaborato		Falda	Assente

H m	qc U.M.	qc/fs	zone	γ' t/m ³	σ'_{vo} U.M.	Vs m/s	NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE					FL1	FL2
							Cu U.M.	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	Sc ()	Ca ()	Ko ()	DB ()		
0,20	--	--	???	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
0,40	--	--	???	1,85	0,07	--	0,89	82,9	151,1	226,7	72,0	76	39	36	34	31	40	28
0,60	24,00	18,05	4 ~~~~	1,94	0,11	1,27	88,5	215,3	323,0	114,0	85	40	37	34	32	41	30	63,3
0,80	38,00	19,69	4 ~~~~	1,99	0,15	1,63	90,8	277,7	416,5	147,0	88	40	37	35	32	41	31	81,7
1,00	49,00	14,41	4 ~~~~	2,01	0,19	2,13	99,9	362,7	544,0	192,0	92	41	38	35	33	41	32	122,5
1,20	64,00	14,32	4 ~~~~	2,02	0,23	4,23	99,9	719,7	1079,5	381,0	100	42	40	38	35	44	35	211,7
1,40	127,00	19,84	4 ~~~~	2,07	0,27	3,40	99,9	578,0	867,0	306,0	100	42	38	36	33	42	34	255,0
1,60	102,00	21,84	4 ~~~~	2,05	0,32	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	306,0
1,80	111,00	30,25	3 ~~~~	2,02	0,36	--	--	--	--	--	--	100	42	38	36	33	42	34
2,00	99,00	20,33	4 ~~~~	2,05	0,40	3,30	88,7	561,0	841,5	297,0	94	41	37	35	32	41	34	247,5
2,20	132,00	28,70	4 ~~~~	2,07	0,44	4,40	99,9	748,0	1122,0	396,0	100	42	38	35	33	42	35	220,0
2,40	72,00	22,50	4 ~~~~	2,03	0,48	2,40	47,1	408,0	612,0	216,0	79	39	35	32	30	39	32	180,0
2,60	74,00	31,76	3 ~~~~	1,96	0,52	--	--	--	--	--	78	39	34	32	30	39	32	185,0
2,80	57,00	31,67	3 ~~~~	1,93	0,56	--	--	--	--	--	67	37	33	30	28	37	31	122,5
3,00	49,00	33,33	3 ~~~~	1,92	0,59	--	--	--	--	--	60	36	32	29	27	36	31	147,0
3,20	65,00	31,40	3 ~~~~	1,94	0,63	--	--	--	--	--	68	38	33	30	28	37	32	108,3
3,40	48,00	9,47	4 ~~~~	2,01	0,67	1,60	18,5	272,0	408,0	144,0	56	36	31	28	26	35	31	144,0
3,60	46,00	23,83	4 ~~~~	2,01	0,71	1,53	16,3	260,7	391,0	138,0	54	35	30	27	26	35	31	138,0
3,80	102,00	54,55	3 ~~~~	2,00	0,75	--	--	--	--	--	80	39	34	31	29	37	32	306,0
4,00	167,00	31,33	3 ~~~~	2,10	0,80	--	--	--	--	--	95	41	36	34	31	40	37	417,5
4,20	58,00	33,53	3 ~~~~	1,93	0,83	--	--	--	--	--	58	36	31	28	26	35	31	501,0
4,40	81,00	81,00	3 ~~~~	1,97	0,87	--	--	--	--	--	68	38	32	29	27	37	33	243,0
4,60	30,00	20,41	4 ~~~~	1,96	0,91	1,00	7,0	228,7	343,1	90,0	33	33	27	24	23	31	29	50,0
4,80	20,00	25,00	4 ~~~~	1,93	0,95	0,80	5,1	262,2	393,3	60,0	18	31	25	22	20	28	27	33,3
5,00	18,00	30,00	4 ~~~~	1,91	0,99	0,75	4,4	276,2	414,3	56,2	13	30	24	21	20	27	27	54,0
5,20	11,00	16,42	2 ~~~~	1,91	1,03	0,54	2,8	273,6	410,4	42,5	--	--	--	--	--	--	--	--
5,40	14,00	17,50	2 ~~~~	1,94	1,07	0,64	3,3	298,4	447,6	48,2	--	--	--	--	--	--	--	--
5,60	11,00	18,33	2 ~~~~	1,91	1,11	0,54	2,5	282,8	424,1	42,5	--	--	--	--	--	--	--	--
5,80	15,00	20,55	2 ~~~~	1,95	1,14	0,67	3,2	318,1	477,1	49,5	--	--	--	--	--	--	--	--
6,00	10,00	16,67	2 ~~~~	1,90	1,18	0,50	2,1	276,1	414,1	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--
6,20	10,00	21,28	2 ~~~~	1,90	1,22	0,50	2,1	278,4	417,6	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--
6,40	11,00	18,33	2 ~~~~	1,91	1,26	0,54	2,2	295,6	443,4	42,5	--	--	--	--	--	--	--	--
6,60	10,00	11,49	2 ~~~~	1,90	1,30	0,50	1,9	282,4	423,6	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--
6,80	12,00	25,53	2 ~~~~	1,92	1,33	0,57	2,2	314,5	471,7	44,6	--	--	--	--	--	--	--	--
7,00	20,00	22,99	4 ~~~~	1,93	1,37	0,80	3,2	381,7	572,6	60,0	9	29	23	20	19	26	27	33,3
7,20	13,00	16,25	2 ~~~~	1,93	1,41	0,60	2,2	332,7	499,0	46,5	--	--	--	--	--	--	--	--
7,40	10,00	8,33	2 ~~~~	1,90	1,45	0,50	1,7	288,3	432,5	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--
7,60	15,00	20,55	2 ~~~~	1,95	1,49	0,67	2,3	361,9	542,8	49,5	--	--	--	--	--	--	--	--
7,80	14,00	17,50	2 ~~~~	1,94	1,53	0,64	2,1	352,8	529,3	48,2	--	--	--	--	--	--	--	--
8,00	11,00	15,07	2 ~~~~	1,91	1,57	0,54	1,6	309,7	464,6	42,5	--	--	--	--	--	--	--	--
8,20	11,00	18,33	2 ~~~~	1,91	1,60	0,54	1,6	310,8	466,3	42,5	--	--	--	--	--	--	--	--
8,40	11,00	15,07	2 ~~~~	1,91	1,64	0,54	1,6	311,9	467,8	42,5	--	--	--	--	--	--	--	--
8,60	11,00	12,64	2 ~~~~	1,91	1,68	0,54	1,5	312,9	469,3	42,5	--	--	--	--	--	--	--	--
8,80	10,00	13,70	2 ~~~~	1,90	1,72	0,50	1,3	294,7	442,0	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--
9,00	12,00	15,00	2 ~~~~	1,92	1,76	0,57	1,5	332,4	498,5	44,6	--	--	--	--	--	--	--	--
9,20	12,00	17,91	2 ~~~~	1,92	1,80	0,57	1,5	333,3	500,0	44,6	--	--	--	--	--	--	--	--
9,40	12,00	17,91	2 ~~~~	1,92	1,83	0,57	1,5	334,2	501,3	44,6	--	--	--	--	--	--	--	--
9,60	12,00	12,00	2 ~~~~	1,92	1,87	0,57	1,4	335,0	502,5	44,6	--	--	--	--	--	--	--	--
9,80	11,00	16,42	2 ~~~~	1,91	1,91	0,54	1,3	317,3	476,0	42,5	--	--	--	--	--	--	--	--
10,00	12,00	16,44	2 ~~~~	1,92	1,95	0,57	1,4	336,5	504,7	44,6	--	--	--	--	--	--	--	--
10,20	11,00	18,33	2 ~~~~	1,91	1,99	0,54	1,2	318,4	477,6	42,5	--	--	--	--	--	--	--	--
10,40	11,00	20,75	2 ~~~~	1,91	2,02	0,54	1,2	318,9	478,4	42,5	--	--	--	--	--	--	--	--
10,60	11,00	23,40	2 ~~~~	1,91	2,06	0,54	1,2	319,4	479,1	42,5	--	--	--	--	--	--	--	--
10,80	13,00	17,81	2 ~~~~	1,93	2,10	0,60	1,3	356,7	535,1	46,5	--	--	--	--	--	--	--	--
11,00	14,00	26,42	2 ~~~~	1,94	2,14	0,64	1,4	374,2	561,3	48,2	--	--	--	--	--	--	--	--
11,20	15,00	18,75	2 ~~~~	1,95	2,18	0,67	1,4	390,8	586,1	49,5	--	--	--	--	--	--	--	--
11,40	13,00	21,67	2 ~~~~	1,93	2,22	0,60	1,2	358,5	537,8	46,5	--	--	--	--	--	--	--	--
11,60	13,00	19,40	2 ~~~~	1,93	2,26	0,60	1,2	359,0	538,6	46,5	--	--	--	--	--	--	--	--
11,80	14,00	19,18	2 ~~~~	1,94	2,30	0,64	1,3	376,8	565,2	48,2	--	--	--	--	--	--	--	--
12,00	14,00	17,50	2 ~~~~	1,94	2,33	0,64	1,2	377,3	566,0	48,2	--	--	--	--	--	--	--	--
12,20	14,00	20,90	2 ~~~~	1,94	2,37	0,64	1,2	377,8	566,8	48,2	--	--	--	--	--	--	--	--
12,40	14,00	19,18	2 ~~~~	1,94														



CRESTANA S.r.l.s.

INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOFISICHE ED AMBIENTALI

Viale Michelangelo, 40 - 25015 Desenzano del Garda (BS)

info@crestanasrls.com - www.crestanasrls.com

**PROVA PENETROMETRICA STATICÀ MECCANICA
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI**

CPT	2
Riferimento	Desenzano

Committente	Parolini S.p.A.	U.M.:	kg/cm²	Data esec.	20/10/2021
Cantiere		Pagina	1		
Località	Località Brognoli - Desenzano d/G (BS)	Elaborato		Falda	Assente

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	F	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	F	Rf %
0,20	0,0	0,0		0,00	0,00			0,20	0,0	0,0		0,00	0,00		
0,40	0,0	0,0		0,00	1,20	0		0,40	0,0	0,0		0,00	1,20	0	
0,60	21,0	39,0		21,00	1,67	13	8,0	0,60	21,0	39,0		21,00	1,67	13	8,0
0,80	35,0	60,0		35,00	2,07	17	5,9	0,80	35,0	60,0		35,00	2,07	17	5,9
1,00	73,0	104,0		73,00	3,27	22	4,5	1,00	73,0	104,0		73,00	3,27	22	4,5
1,20	83,0	132,0		83,00	2,87	29	3,5	1,20	83,0	132,0		83,00	2,87	29	3,5
1,40	118,0	161,0		118,00	6,13	19	5,2	1,40	118,0	161,0		118,00	6,13	19	5,2
1,60	98,0	190,0		98,00	1,47	67	1,5	1,60	98,0	190,0		98,00	1,47	67	1,5
1,80	93,0	115,0		93,00	3,67	25	3,9	1,80	93,0	115,0		93,00	3,67	25	3,9
2,00	153,0	208,0		153,00	6,07	25	4,0	2,00	153,0	208,0		153,00	6,07	25	4,0
2,20	157,0	248,0		157,00	6,67	24	4,2	2,20	157,0	248,0		157,00	6,67	24	4,2
2,40	223,0	323,0		223,00	11,13	20	5,0	2,40	223,0	323,0		223,00	11,13	20	5,0
2,60	126,0	293,0		126,00	7,67	16	6,1	2,60	126,0	293,0		126,00	7,67	16	6,1
2,80	83,0	198,0		83,00	3,60	23	4,3	2,80	83,0	198,0		83,00	3,60	23	4,3
3,00	96,0	150,0		96,00	2,47	39	2,6	3,00	96,0	150,0		96,00	2,47	39	2,6
3,20	60,0	97,0		60,00	1,33	45	2,2	3,20	60,0	97,0		60,00	1,33	45	2,2
3,40	39,0	59,0		39,00	3,00	13	7,7	3,40	39,0	59,0		39,00	3,00	13	7,7
3,60	52,0	97,0		52,00	5,07	10	9,8	3,60	52,0	97,0		52,00	5,07	10	9,8
3,80	85,0	161,0		85,00	6,33	13	7,4	3,80	85,0	161,0		85,00	6,33	13	7,4
4,00	79,0	174,0		79,00	1,47	54	1,9	4,00	79,0	174,0		79,00	1,47	54	1,9
4,20	56,0	78,0		56,00	1,67	34	3,0	4,20	56,0	78,0		56,00	1,67	34	3,0
4,40	38,0	63,0		38,00	0,87	44	2,3	4,40	38,0	63,0		38,00	0,87	44	2,3
4,60	37,0	50,0		37,00	1,13	33	3,1	4,60	37,0	50,0		37,00	1,13	33	3,1
4,80	21,0	38,0		21,00	1,87	11	8,9	4,80	21,0	38,0		21,00	1,87	11	8,9
5,00	20,0	48,0		20,00	0,93	22	4,7	5,00	20,0	48,0		20,00	0,93	22	4,7
5,20	14,0	28,0		14,00	0,47	30	3,4	5,20	14,0	28,0		14,00	0,47	30	3,4
5,40	14,0	21,0		14,00	0,40	35	2,9	5,40	14,0	21,0		14,00	0,40	35	2,9
5,60	14,0	20,0		14,00	0,53	26	3,8	5,60	14,0	20,0		14,00	0,53	26	3,8
5,80	19,0	27,0		19,00	0,47	40	2,5	5,80	19,0	27,0		19,00	0,47	40	2,5
6,00	12,0	19,0		12,00	0,60	20	5,0	6,00	12,0	19,0		12,00	0,60	20	5,0
6,20	10,0	19,0		10,00	0,40	25	4,0	6,20	10,0	19,0		10,00	0,40	25	4,0
6,40	12,0	18,0		12,00	0,53	23	4,4	6,40	12,0	18,0		12,00	0,53	23	4,4
6,60	11,0	19,0		11,00	0,47	23	4,3	6,60	11,0	19,0		11,00	0,47	23	4,3
6,80	15,0	22,0		15,00	1,27	12	8,5	6,80	15,0	22,0		15,00	1,27	12	8,5
7,00	37,0	56,0		37,00	0,93	40	2,5	7,00	37,0	56,0		37,00	0,93	40	2,5
7,20	14,0	28,0		14,00	1,00	14	7,1	7,20	14,0	28,0		14,00	1,00	14	7,1
7,40	15,0	30,0		15,00	0,80	19	5,3	7,40	15,0	30,0		15,00	0,80	19	5,3
7,60	16,0	28,0		16,00	0,87	18	5,4	7,60	16,0	28,0		16,00	0,87	18	5,4
7,80	15,0	28,0		15,00	0,60	25	4,0	7,80	15,0	28,0		15,00	0,60	25	4,0
8,00	15,0	24,0		15,00	0,87	17	5,8	8,00	15,0	24,0		15,00	0,87	17	5,8
8,20	13,0	26,0		13,00	0,67	19	5,2	8,20	13,0	26,0		13,00	0,67	19	5,2
8,40	12,0	22,0		12,00	0,73	16	6,1	8,40	12,0	22,0		12,00	0,73	16	6,1
8,60	12,0	23,0		12,00	0,87	14	7,3	8,60	12,0	23,0		12,00	0,87	14	7,3
8,80	13,0	26,0		13,00	0,73	18	5,6	8,80	13,0	26,0		13,00	0,73	18	5,6
9,00	12,0	23,0		12,00	0,60	20	5,0	9,00	12,0	23,0		12,00	0,60	20	5,0
9,20	12,0	21,0		12,00	0,80	15	6,7	9,20	12,0	21,0		12,00	0,80	15	6,7
9,40	12,0	24,0		12,00	0,73	16	6,1	9,40	12,0	24,0		12,00	0,73	16	6,1
9,60	13,0	24,0		13,00	0,93	14	7,2	9,60	13,0	24,0		13,00	0,93	14	7,2
9,80	13,0	27,0		13,00	0,93	14	7,2	9,80	13,0	27,0		13,00	0,93	14	7,2
10,00	12,0	26,0		12,00	0,73	16	6,1	10,00	12,0	26,0		12,00	0,73	16	6,1
10,20	12,0	23,0		12,00	0,80	15	6,7	10,20	12,0	23,0		12,00	0,80	15	6,7
10,40	12,0	24,0		12,00	0,60	20	5,0	10,40	12,0	24,0		12,00	0,60	20	5,0
10,60	13,0	22,0		13,00	0,73	18	5,6	10,60	13,0	22,0		13,00	0,73	18	5,6
10,80	12,0	23,0		12,00	0,60	20	5,0	10,80	12,0	23,0		12,00	0,60	20	5,0
11,00	14,0	23,0		14,00	0,53	26	3,8	11,00	14,0	23,0		14,00	0,53	26	3,8

H = profondità

L1 = prima lettura (punta)

L2 = seconda lettura (punta + laterale)

Lt = terza lettura (totale)

CT = 10,00 costante di trasformazione

qc = resistenza punta

fs = resistenza laterale

0,20 m sopra quota qc

F = rapporto Begemann (qc / fs)

Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc) * 100



CRESTANA S.r.l.s.

INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOFISICHE ED AMBIENTALI

Viale Michelangelo, 40 - 25015 Desenzano del Garda (BS)

info@crestanasrls.com - www.crestanasrls.com

PROVA PENETROMETRICA STATICHE MECCANICHE DIAGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

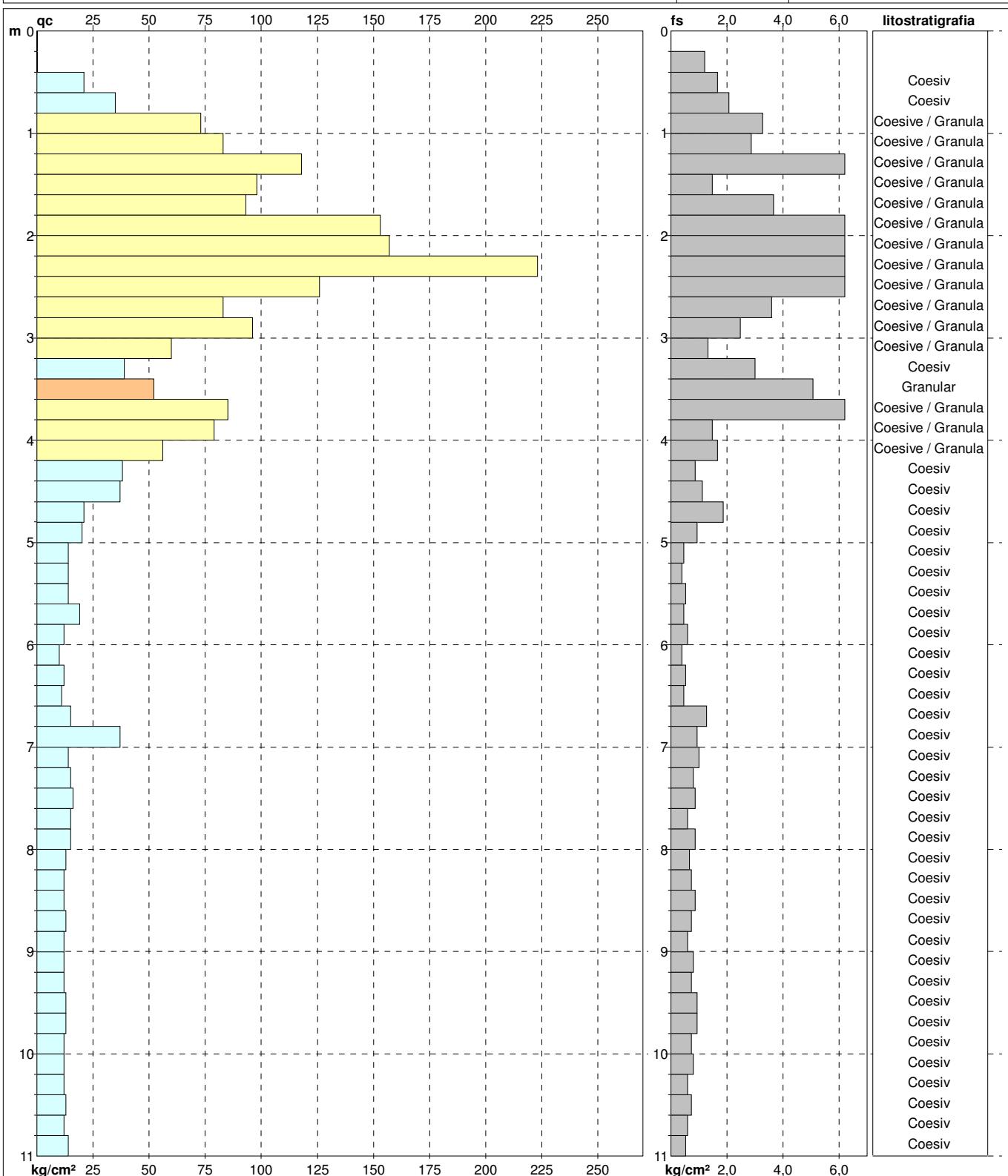
CPT

2

Riferimento

Desenzano

Committente	Parolini S.p.A.	U.M.:	kg/cm²	Data esec.	20/10/2021
Cantiere		Scala:	1:55		
Località	Località Brognoli - Desenzano d/G (BS)	Pagina	1	Quota inizio: Falda	Assente



		Litology: Begemann [qc + qc/fs] 4 Zone	preforo m
		Penetrometro: TG63-200Stat	Corr.astine: kg/ml
		Responsabile:	
		Assistente:	Cod. tip:

PROVA PENETROMETRICA STATICÀ MECCANICA DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT

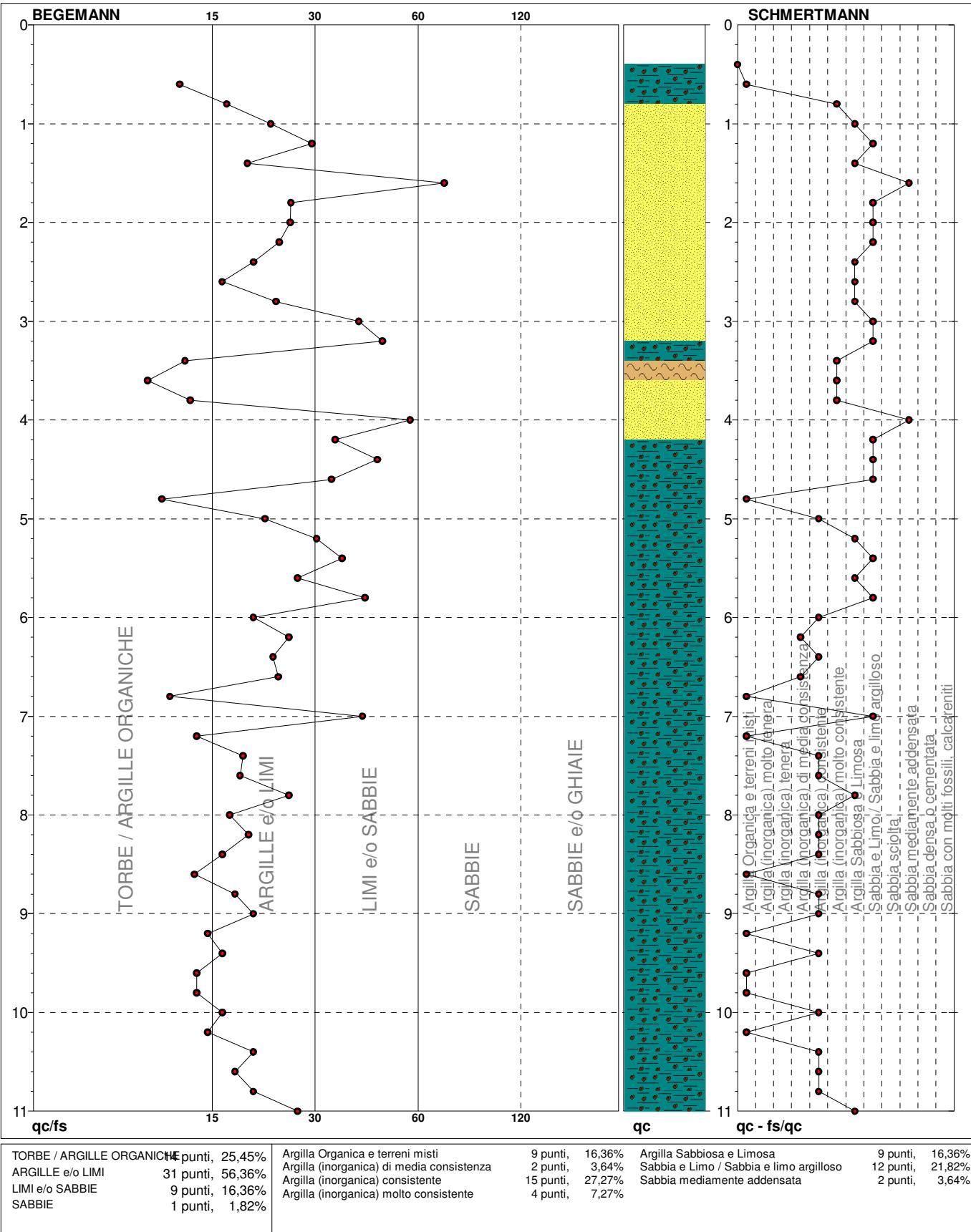
2

Riferimento

Desenzano

Committente **Parolini S.p.A.**
Cantiere
Località **Località Brognoli - Desenzano d/G (BS)**

U.M.: **kg/cm²** Data esec. **20/10/2021**
Scala: **1:55**
Pagina **1**
Elaborato Falda Assente





CRESTANA S.r.l.s.

INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOFISICHE ED AMBIENTALI

Viale Michelangelo, 40 - 25015 Desenzano del Garda (BS)

info@crestanasrls.com - www.crestanasrls.com

PROVA PENETROMETRICA STATICHE MECCANICHE PARAMETRI GEOTECNICI

CPT	2
Riferimento	Desenzano

Committente	Parolini S.p.A.	U.M.:	kg/cm²	Data esec.	20/10/2021
Cantiere		Pagina	1		
Località	Località Brognoli - Desenzano d/G (BS)	Elaborato		Falda	Assente



CRESTANA S.r.l.s.

INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOFISICHE ED AMBIENTALI

Viale Michelangelo, 40 - 25015 Desenzano del Garda (BS)

info@crestanasrls.com - www.crestanasrls.com

**PROVA PENETROMETRICA STATICÀ MECCANICA
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI**

CPT

3

Riferimento

Desenzano

Committente **Parolini S.p.A.**

Cantiere

Località **Località Brognoli - Desenzano d/G (BS)**

U.M.: **kg/cm²** Data esec. **20/10/2021**

Pagina **1** Elaborato Falda Assente

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	F	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	F	Rf %	
0,20	0,0	0,0		0,00	0,00											
0,40	0,0	0,0		0,00	1,53	0										
0,60	23,0	46,0		23,00	1,53	15	6,7									
0,80	34,0	57,0		34,00	1,20	28	3,5									
1,00	22,0	40,0		22,00	1,13	19	5,1									
1,20	16,0	33,0		16,00	1,13	14	7,1									
1,40	20,0	37,0		20,00	2,00	10	10,0									
1,60	77,0	107,0		77,00	2,13	36	2,8									
1,80	107,0	139,0		107,00	3,33	32	3,1									
2,00	112,0	162,0		112,00	2,87	39	2,6									
2,20	97,0	140,0		97,00	4,20	23	4,3									
2,40	98,0	161,0		98,00	4,80	20	4,9									
2,60	91,0	163,0		91,00	6,53	14	7,2									
2,80	98,0	196,0		98,00	4,93	20	5,0									
3,00	70,0	144,0		70,00	2,00	35	2,9									
3,20	132,0	162,0		132,00	6,33	21	4,8									
3,40	71,0	166,0		71,00	3,07	23	4,3									
3,60	132,0	178,0		132,00	6,13	22	4,6									
3,80	36,0	128,0		36,00	1,20	30	3,3									
4,00	29,0	47,0		29,00	1,33	22	4,6									
4,20	24,0	44,0		24,00	1,07	22	4,5									
4,40	29,0	45,0		29,00	1,00	29	3,4									
4,60	38,0	53,0		38,00	1,20	32	3,2									
4,80	27,0	45,0		27,00	0,80	34	3,0									
5,00	30,0	42,0		30,00	1,27	24	4,2									
5,20	14,0	33,0		14,00	0,53	26	3,8									
5,40	16,0	24,0		16,00	0,67	24	4,2									
5,60	13,0	23,0		13,00	0,47	28	3,6									
5,80	10,0	17,0		10,00	0,47	21	4,7									
6,00	10,0	17,0		10,00	0,53	19	5,3									
6,20	14,0	22,0		14,00	0,93	15	6,6									
6,40	13,0	27,0		13,00	0,47	28	3,6									
6,60	14,0	21,0		14,00	0,60	23	4,3									
6,80	14,0	23,0		14,00	0,53	26	3,8									
7,00	10,0	18,0		10,00	0,47	21	4,7									
7,20	12,0	19,0		12,00	0,40	30	3,3									
7,40	11,0	17,0		11,00	0,67	16	6,1									
7,60	13,0	23,0		13,00	0,47	28	3,6									
7,80	12,0	19,0		12,00	0,73	16	6,1									
8,00	10,0	21,0		10,00	0,40	25	4,0									
8,20	11,0	17,0		11,00	0,47	23	4,3									
8,40	8,0	15,0		8,00	0,40	20	5,0									
8,60	10,0	16,0		10,00	0,40	25	4,0									
8,80	9,0	15,0		9,00	0,40	23	4,4									
9,00	9,0	15,0		9,00	0,40	23	4,4									
9,20	9,0	15,0		9,00	0,33	27	3,7									
9,40	10,0	15,0		10,00	0,40	25	4,0									
9,60	9,0	15,0		9,00	0,47	19	5,2									
9,80	10,0	17,0		10,00	0,60	17	6,0									
10,00	9,0	18,0		9,00	0,47	19	5,2									
10,20	9,0	16,0		9,00	0,47	19	5,2									
10,40	9,0	16,0		9,00	0,40	23	4,4									
10,60	10,0	16,0		10,00	0,47	21	4,7									
10,80	9,0	16,0		9,00	0,60	15	6,7									

H = profondità

L1 = prima lettura (punta)

L2 = seconda lettura (punta + laterale)

Lt = terza lettura (totale)

CT = 10,00 costante di trasformazione

qc = resistenza punta

fs = resistenza laterale

0,20 m sopra quota qc

F = rapporto Begemann (qc / fs)

Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc) * 100



CRESTANA S.r.l.s.

INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOFISICHE ED AMBIENTALI

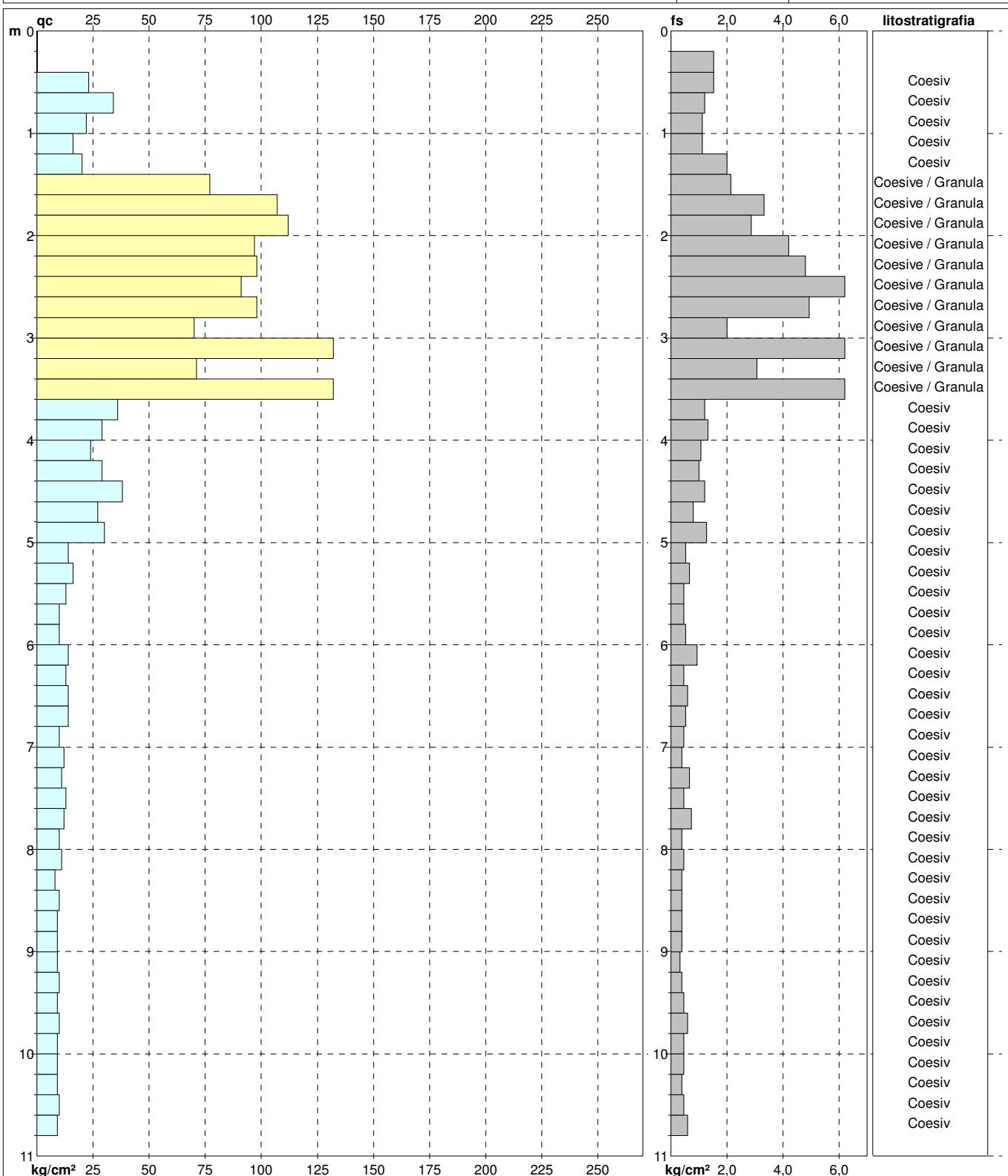
Viale Michelangelo, 40 - 25015 Desenzano del Garda (BS)

info@crestanasrls.com - www.crestanasrls.com

PROVA PENETROMETRICA STATICHE MECCANICA DIAGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

CPT	3
Riferimento	Desenzano

Committente	Parolini S.p.A.	U.M.:	kg/cm²	Data esec.	20/10/2021
Cantiere		Scala:	1:55		
Località	Località Brognoli - Desenzano d/G (BS)	Pagina	1	Quota inizio: Falda	Assente



		Litology: Begemann [qc + qc/fs] 4 Zone	preforo m
		Penetrometro: TG63-200Stat	Corr.astine: kg/ml
		Responsabile:	
		Assistente:	Cod. tip:

PROVA PENETROMETRICA STATICÀ MECCANICA DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT

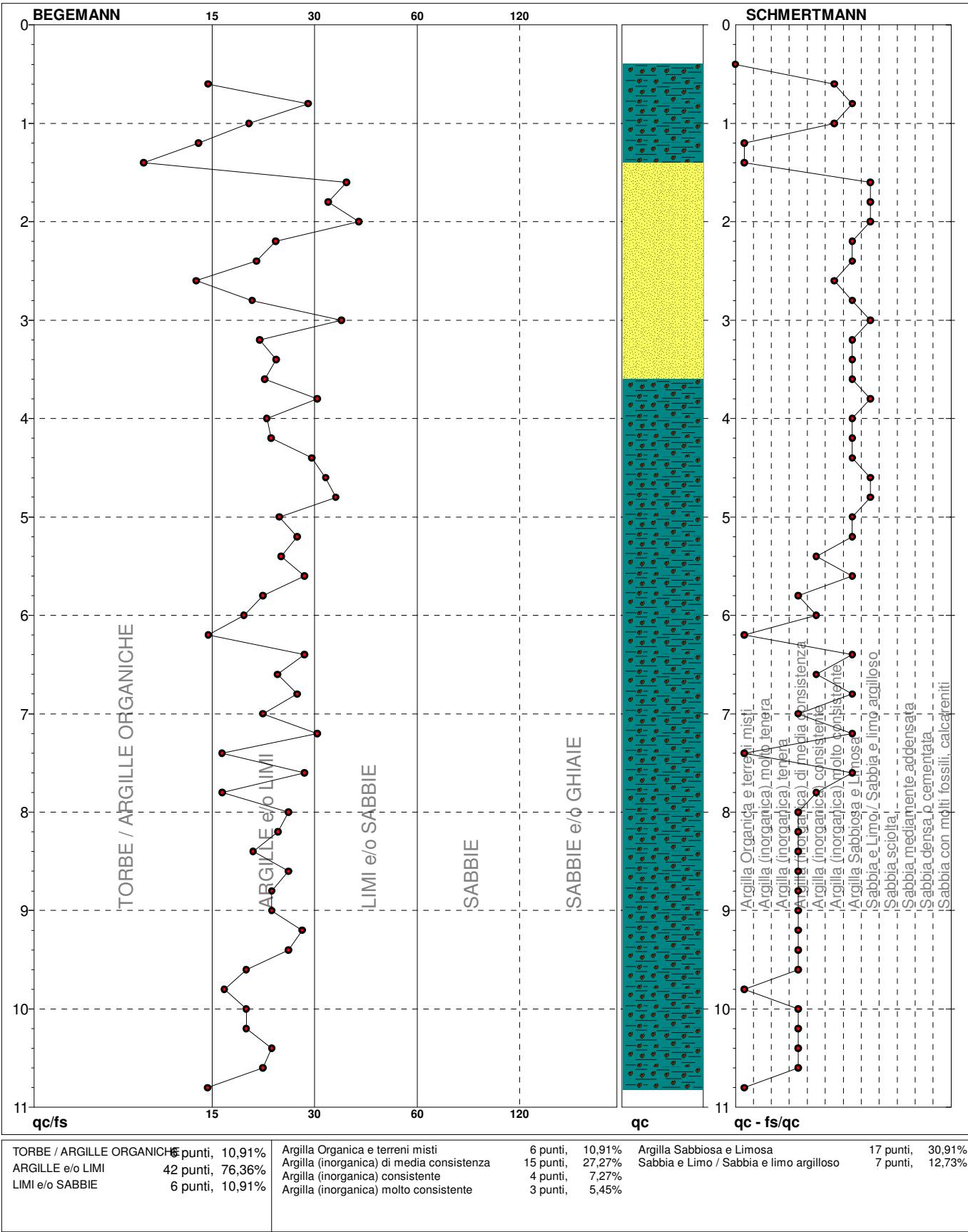
3

Riferimento

Desenzano

Committente **Parolini S.p.A.**
Cantiere
Località **Località Brognoli - Desenzano d/G (BS)**

U.M.: **kg/cm²** Data esec. **20/10/2021**
Scala: **1:55**
Pagina **1**
Elaborato Falda Assente





CRESTANA S.r.l.s.

INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOFISICHE ED AMBIENTALI

Viale Michelangelo, 40 - 25015 Desenzano del Garda (BS)

info@crestanasrls.com - www.crestanasrls.com

**PROVA PENETROMETRICA STATICÀ MECCANICA
PARAMETRI GEOTECNICI**

CPT

3

Riferimento

Desenzano

Committente	Parolini S.p.A.	U.M.:	kg/cm ²	Data esec.	20/10/2021
Cantiere		Pagina	1		
Località	Località Brognoli - Desenzano d/G (BS)	Elaborato		Falda	Assente

H m	qc U.M.	qc/fs	zone	γ' t/m ³	σ'_{vo}	Vs m/s	NATURA COESIVA				NATURA GRANULARE										
							Cu U.M.	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	Sc ()	Ca ()	Ko ()	DB ()	DM ()	Me ()	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.
0,20	--	--	???	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	--	--	???	1,85	0,07	--	80,5	147,5	221,3	69,0	75	38	36	33	31	40	28	38,3	57,5	69,0	--
0,60	23,00	15,03	4 ~~~~	1,94	0,11	0,87	80,5	147,5	289,0	102,0	81	39	37	34	32	41	29	56,7	85,0	102,0	--
0,80	34,00	28,33	4 ~~~~	1,98	0,15	1,13	77,2	192,7	215,8	66,0	60	36	33	30	28	38	28	36,7	55,0	66,0	--
1,00	22,00	19,47	4 ~~~~	1,93	0,19	0,85	40,4	143,8	70,0	35	31	28	26	25	35	27	33,3	50,0	60,0	--	
1,20	16,00	14,16	2 ~~~~	1,96	0,23	0,70	25,0	118,3	177,4	51,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,40	20,00	10,00	4 ~~~~	1,93	0,27	0,80	24,6	136,0	204,0	60,0	49	35	31	28	26	35	27	33,3	50,0	60,0	--
1,60	77,00	36,15	3 ~~~~	1,96	0,31	--	--	--	--	92	41	37	35	32	41	33	128,3	192,5	231,0	--	
1,80	107,00	32,13	3 ~~~~	2,01	0,35	--	--	--	--	100	42	38	36	33	42	34	178,3	267,5	321,0	--	
2,00	112,00	39,02	3 ~~~~	2,02	0,39	--	--	--	--	99	42	38	35	33	42	34	186,7	280,0	336,0	--	
2,20	97,00	23,10	4 ~~~~	2,05	0,43	3,23	78,3	549,7	824,5	291,0	92	41	37	34	32	41	34	161,7	242,5	291,0	--
2,40	98,00	20,42	4 ~~~~	2,05	0,47	3,27	70,8	555,3	833,0	294,0	90	41	36	34	31	40	34	163,3	245,0	294,0	--
2,60	91,00	13,94	4 ~~~~	2,04	0,51	3,03	58,1	515,7	773,5	273,0	85	40	36	33	31	40	33	151,7	227,5	273,0	--
2,80	98,00	19,88	4 ~~~~	2,05	0,55	3,27	57,9	555,3	833,0	294,0	86	40	35	33	31	40	34	163,3	245,0	294,0	--
3,00	70,00	35,00	3 ~~~~	1,95	0,59	--	--	--	--	73	38	33	31	29	38	32	116,7	175,0	210,0	--	
3,20	132,00	20,85	4 ~~~~	2,07	0,63	4,40	70,9	748,0	1122,0	396,0	93	41	36	34	31	40	35	220,0	330,0	396,0	--
3,40	71,00	23,13	4 ~~~~	2,03	0,67	2,37	30,2	402,3	603,5	213,0	70	38	33	30	28	37	32	118,3	177,5	213,0	--
3,60	132,00	21,53	4 ~~~~	2,07	0,71	4,40	60,9	748,0	1122,0	396,0	90	41	36	33	31	40	35	220,0	330,0	396,0	--
3,80	36,00	30,00	4 ~~~~	1,99	0,75	1,20	11,2	204,0	306,0	108,0	44	34	29	26	24	33	30	60,0	90,0	108,0	--
4,00	29,00	21,80	4 ~~~~	1,96	0,79	0,98	8,2	189,5	284,2	87,0	35	33	28	25	23	31	29	48,3	72,5	87,0	--
4,20	24,00	22,43	4 ~~~~	1,94	0,83	0,89	6,8	211,0	316,4	72,0	27	32	26	23	22	30	28	40,0	60,0	72,0	--
4,40	29,00	29,00	4 ~~~~	1,96	0,87	0,98	7,3	215,5	323,2	87,0	33	33	27	24	23	31	29	48,3	72,5	87,0	--
4,60	38,00	31,67	3 ~~~~	1,90	0,91	--	--	--	--	41	34	28	25	24	32	30	63,3	95,0	114,0	--	
4,80	27,00	33,75	3 ~~~~	1,87	0,95	--	--	--	--	28	32	26	23	22	30	29	45,0	67,5	81,0	--	
5,00	30,00	23,62	4 ~~~~	1,96	0,99	1,00	6,4	255,7	383,6	90,0	31	32	27	24	22	30	29	50,0	75,0	90,0	--
5,20	14,00	26,42	2 ~~~~	1,94	1,03	0,64	3,5	288,7	433,1	48,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,40	16,00	23,88	2 ~~~~	1,96	1,06	0,70	3,7	300,4	450,5	51,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,60	13,00	27,66	2 ~~~~	1,93	1,10	0,60	3,0	300,1	450,2	46,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,80	10,00	21,28	2 ~~~~	1,90	1,14	0,50	2,2	273,2	409,9	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,00	10,00	18,87	2 ~~~~	1,90	1,18	0,50	2,1	275,9	413,8	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,20	14,00	15,05	2 ~~~~	1,94	1,22	0,64	2,8	324,3	486,4	48,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,40	13,00	27,66	2 ~~~~	1,93	1,26	0,60	2,5	319,8	479,7	46,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,60	14,00	23,33	2 ~~~~	1,94	1,30	0,64	2,6	333,7	500,5	48,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,80	14,00	26,42	2 ~~~~	1,94	1,33	0,64	2,5	337,7	506,6	48,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,00	10,00	21,28	2 ~~~~	1,90	1,37	0,50	1,8	285,6	428,4	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,20	12,00	30,00	4 ~~~~	1,88	1,41	0,57	2,0	319,0	478,6	44,6	--	28	20	17	16	25	26	20,0	30,0	36,0	--
7,40	11,00	16,42	2 ~~~~	1,91	1,45	0,54	1,8	305,5	458,3	42,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,60	13,00	27,66	2 ~~~~	1,93	1,49	0,60	2,0	337,3	505,9	46,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,80	12,00	16,44	2 ~~~~	1,92	1,52	0,57	1,8	324,6	487,0	44,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,00	10,00	25,00	2 ~~~~	1,90	1,56	0,50	1,5	291,4	437,2	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,20	11,00	23,40	2 ~~~~	1,91	1,60	0,54	1,6	310,8	466,1	42,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,40	8,00	20,00	2 ~~~~	1,86	1,64	0,40	1,1	239,1	358,7	35,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,60	10,00	25,00	2 ~~~~	1,90	1,68	0,50	1,4	293,9	440,8	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,80	9,00	22,50	2 ~~~~	1,88	1,71	0,45	1,2	267,6	401,5	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,00	9,00	27,27	2 ~~~~	1,88	1,75	0,45	1,1	268,1	402,1	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,20	9,00	27,27	2 ~~~~	1,88	1,79	0,45	1,1	268,5	402,7	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,40	10,00	25,00	2 ~~~~	1,90	1,83	0,50	1,2	296,4	444,5	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,60	9,00	19,15	2 ~~~~	1,88	1,86	0,45	1,1	269,2	403,8	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,80	10,00	16,67	2 ~~~~	1,90	1,90	0,50	1,2	297,4	446,0	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,00	9,00	19,15	2 ~~~~	1,88	1,94	0,45	1,0	269,9	404,8	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,20	9,00	19,15	2 ~~~~	1,88	1,98	0,45	1,0	270,0	405,0	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,40	9,00	22,50	2 ~~~~	1,88	2,02	0,45	1,0	270,0	405,0	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,60	10,00	21,28	2 ~~~~	1,90	2,05	0,50	1,1	299,0	448,5	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,80	9,00	15,00	2 ~~~~	1,88	2,09	0,45	0,9	270,0	405,0	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--



CRESTANA S.r.l.s.

INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOFISICHE ED AMBIENTALI

Viale Michelangelo, 40 - 25015 Desenzano del Garda (BS)

info@crestanasrls.com - www.crestanasrls.com

**PROVA PENETROMETRICA STATICÀ MECCANICA
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI**

CPT	4
Riferimento	Desenzano

Committente	Parolini S.p.A.	U.M.:	kg/cm²	Data esec.	20/10/2021
Cantiere		Pagina	1		
Località	Località Brognoli - Desenzano del Garda (BS)	Elaborato		Falda	Non rilevata

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	F	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	F	Rf %	
0,20	0,0	0,0		0,00	0,00											
0,40	0,0	0,0		0,00	1,27	0										
0,60	30,0	49,0		30,00	1,40	21	4,7									
0,80	35,0	56,0		35,00	0,80	44	2,3									
1,00	98,0	110,0		98,00	4,53	22	4,6									
1,20	56,0	124,0		56,00	3,53	16	6,3									
1,40	80,0	133,0		80,00	3,80	21	4,8									
1,60	41,0	98,0		41,00	1,93	21	4,7									
1,80	39,0	68,0		39,00	3,60	11	9,2									
2,00	105,0	159,0		105,00	3,47	30	3,3									
2,20	200,0	252,0		200,00	4,07	49	2,0									
2,40	235,0	296,0		235,00	4,53	52	1,9									
2,60	203,0	271,0		203,00	7,80	26	3,8									
2,80	164,0	281,0		164,00	4,60	36	2,8									
3,00	53,0	122,0		53,00	2,80	19	5,3									
3,20	40,0	82,0		40,00	1,20	33	3,0									
3,40	121,0	139,0		121,00	4,60	26	3,8									
3,60	121,0	190,0		121,00	5,73	21	4,7									
3,80	98,0	184,0		98,00	2,47	40	2,5									
4,00	81,0	118,0		81,00	4,07	20	5,0									
4,20	45,0	106,0		45,00	2,00	23	4,4									
4,40	36,0	66,0		36,00	0,93	39	2,6									
4,60	30,0	44,0		30,00	1,47	20	4,9									
4,80	27,0	49,0		27,00	1,20	23	4,4									
5,00	16,0	34,0		16,00	0,87	18	5,4									
5,20	17,0	30,0		17,00	0,53	32	3,1									
5,40	12,0	20,0		12,00	0,80	15	6,7									
5,60	12,0	24,0		12,00	1,20	10	10,0									
5,80	15,0	33,0		15,00	0,40	38	2,7									
6,00	8,0	14,0		8,00	0,40	20	5,0									
6,20	8,0	14,0		8,00	0,33	24	4,1									
6,40	9,0	14,0		9,00	0,40	23	4,4									
6,60	10,0	16,0		10,00	0,40	25	4,0									
6,80	13,0	19,0		13,00	1,40	9	10,8									
7,00	20,0	41,0		20,00	0,60	33	3,0									
7,20	12,0	21,0		12,00	0,60	20	5,0									
7,40	10,0	19,0		10,00	0,47	21	4,7									
7,60	10,0	17,0		10,00	0,40	25	4,0									
7,80	9,0	15,0		9,00	0,27	33	3,0									
8,00	9,0	13,0		9,00	0,33	27	3,7									
8,20	9,0	14,0		9,00	0,33	27	3,7									
8,40	8,0	13,0		8,00	0,33	24	4,1									
8,60	9,0	14,0		9,00	0,47	19	5,2									
8,80	9,0	16,0		9,00	0,40	23	4,4									
9,00	10,0	16,0		10,00	0,40	25	4,0									
9,20	9,0	15,0		9,00	0,33	27	3,7									
9,40	9,0	14,0		9,00	0,40	23	4,4									
9,60	9,0	15,0		9,00	0,33	27	3,7									
9,80	10,0	15,0		10,00	0,33	30	3,3									
10,00	10,0	15,0		10,00	0,67	15	6,7									
10,20	10,0	20,0		10,00	0,47	21	4,7									
10,40	10,0	17,0		10,00	0,40	25	4,0									
10,60	10,0	16,0		10,00	0,33	30	3,3									
10,80	10,0	15,0		10,00												

H = profondità

L1 = prima lettura (punta)

L2 = seconda lettura (punta + laterale)

Lt = terza lettura (totale)

CT = 10,00 costante di trasformazione

qc = resistenza punta

fs = resistenza laterale

0,20 m sopra quota qc

F = rapporto Begemann (qc / fs)

Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc) * 100



CRESTANA S.r.l.s.

INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOFISICHE ED AMBIENTALI

Viale Michelangelo, 40 - 25015 Desenzano del Garda (BS)

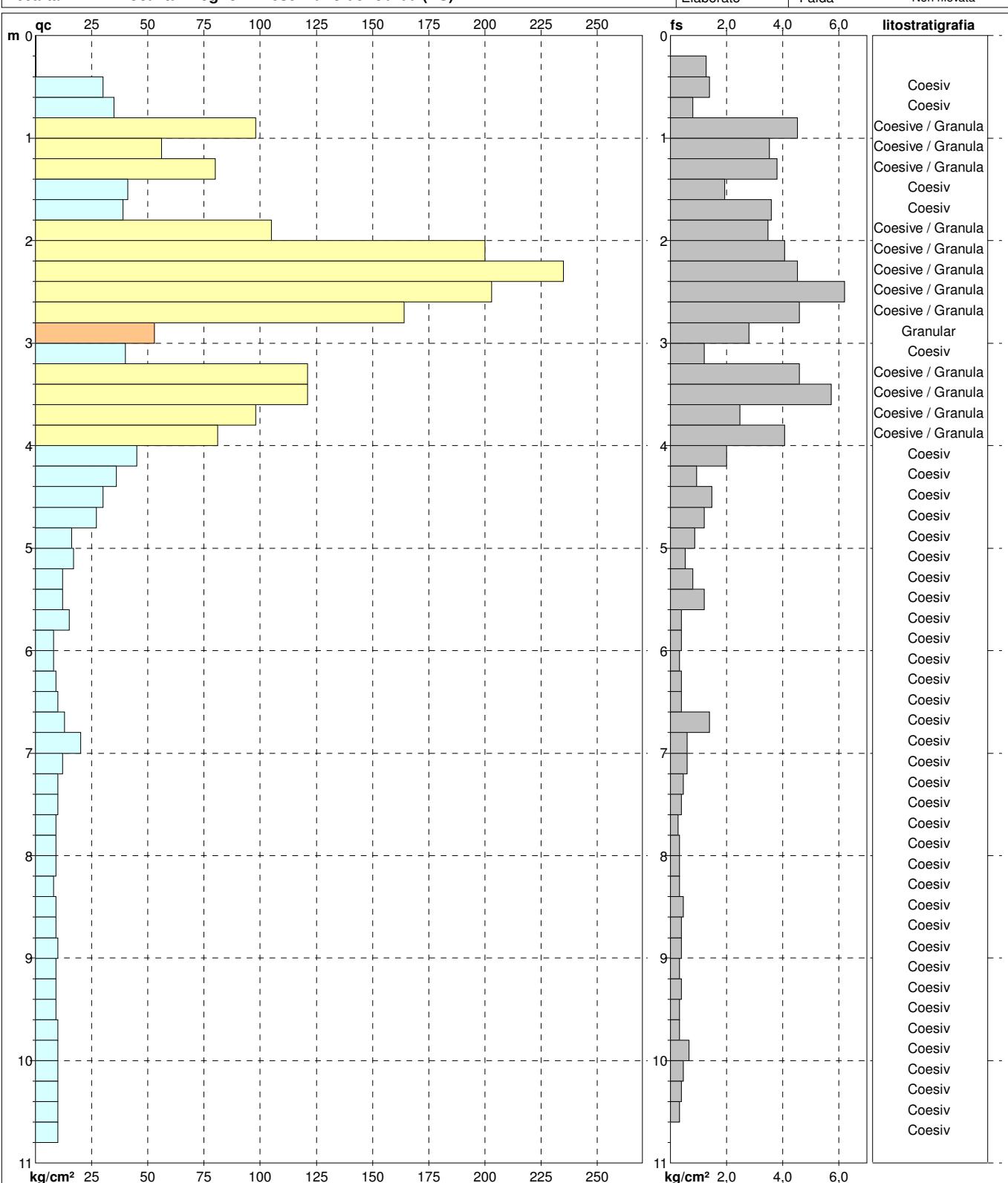
info@crestanasrls.com - www.crestanasrls.com

**PROVA PENETROMETRICA STATICÀ MECCANICA
DIAGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA****CPT****4**

Riferimento

Desenzano

Committente	Parolini S.p.A.	U.M.:	kg/cm ²	Data esec.	20/10/2021
Cantiere		Scala:	1:55		
Località	Località Brognoli - Desenzano del Garda (BS)	Pagina	1	Quota inizio:	Falda



Litology:	Begemann [qc + qc/fs] 4 Zone	preforo	m
Penetrometro:	TG63-200Stat	Corr.astine:	kg/ml
Responsabile:			
Assistente:		Cod. tip:	

PROVA PENETROMETRICA STATICÀ MECCANICA DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT

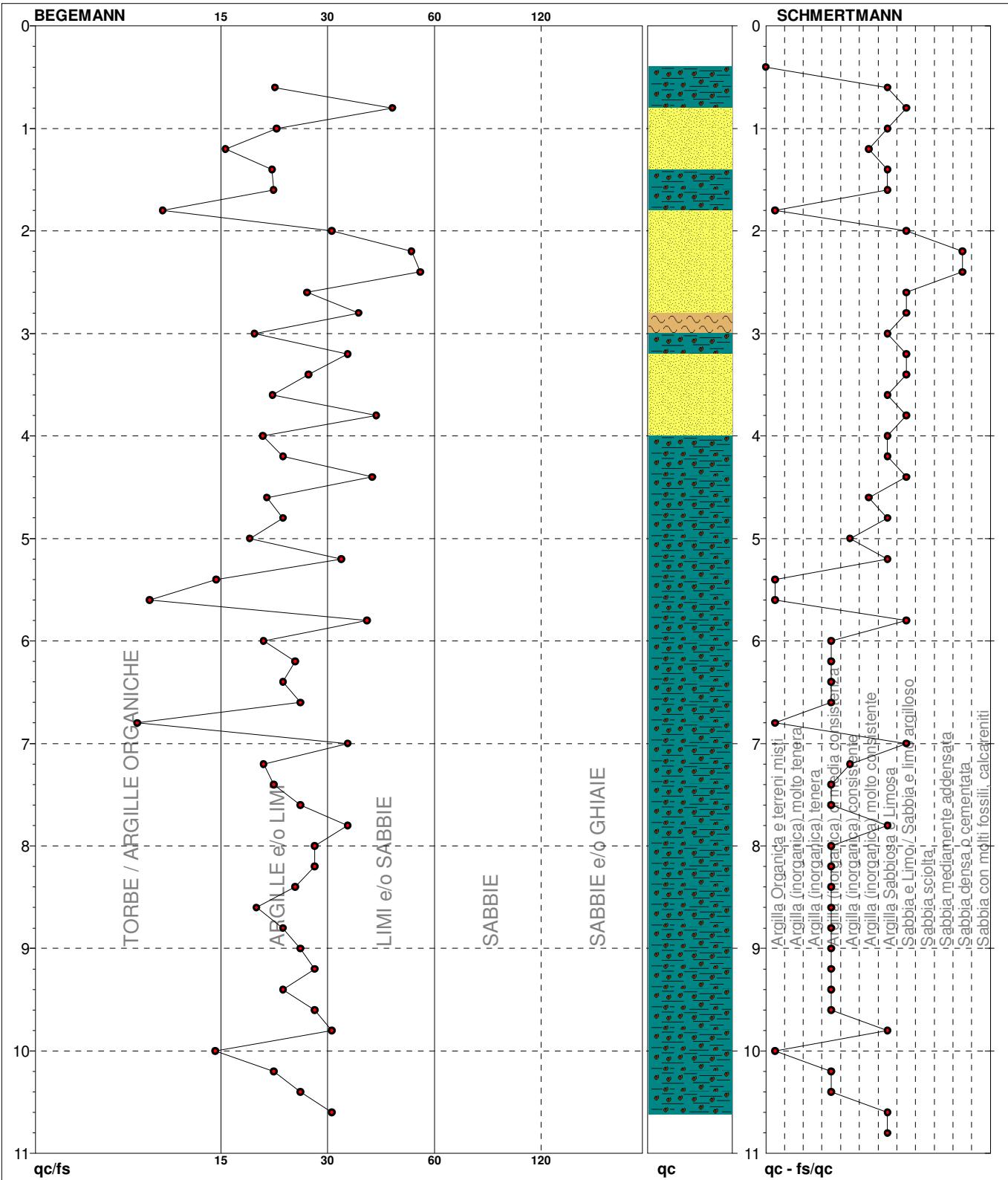
4

Riferimento

Desenzano

Committente **Parolini S.p.A.**
Cantiere
Località **Località Brognoli - Desenzano del Garda (BS)**

U.M.: **kg/cm²** Data esec. **20/10/2021**
Scala: **1:55**
Pagina **1**
Elaborato
Falda Non rilevata



TORBE / ARGILLE ORGANICHE punti, 12,96%
ARGILLE e/o LIMI 32 punti, 59,26%
LIMI e/o SABBIE 14 punti, 25,93%

Argilla Organica e terreni misti
Argilla (inorganica) di media consistenza
Argilla (inorganica) consistente
Argilla (inorganica) molto consistente

5 punti, 9,26%
17 punti, 31,48%
2 punti, 3,70%
2 punti, 3,70%

Argilla Sabbiosa e Limosa
Sabbia e Limo / Sabbia e limo argilloso
Sabbia densa o cementata

13 punti, 24,07%
10 punti, 18,52%
2 punti, 3,70%



CRESTANA S.r.l.s.

INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOFISICHE ED AMBIENTALI

Viale Michelangelo, 40 - 25015 Desenzano del Garda (BS)

info@crestanasrls.com - www.crestanasrls.com

PROVA PENETROMETRICA STATICHE MECCANICA PARAMETRI GEOTECNICI

CPT	4
Riferimento	Desenzano

Committente	Parolini S.p.A.	U.M.:	kg/cm²	Data esec.	20/10/2021
Cantiere		Pagina	1		
Località	Località Brognoli - Desenzano del Garda (BS)	Elaborato		Falda	Non rilevata

H m	qc U.M.	qc/fs	zone	γ' t/m³	$\sigma'vo$ U.M.	Vs m/s	NATURA COESIVA				NATURA GRANULARE										
							Cu U.M.	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	Sc (°)	Ca (°)	Ko (°)	DB (°)	DM (°)	Me (°)	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.
0,20	--	--	???	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	--	--	???	1,85	0,07	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,60	30,00	21,43	4	1,96	0,11	1,00	95,6	170,0	255,0	90,0	84	40	37	35	32	41	29	50,0	75,0	90,0	--
0,80	35,00	43,75	3	1,89	0,15	--	--	--	--	--	82	39	37	34	32	41	29	58,3	87,5	105,0	--
1,00	98,00	21,63	4	2,05	0,19	3,27	99,9	555,3	833,0	294,0	100	42	41	38	36	44	34	163,3	245,0	294,0	--
1,20	56,00	15,86	4	2,01	0,23	1,87	85,0	317,3	476,0	168,0	88	40	37	34	32	41	31	93,3	140,0	168,0	--
1,40	80,00	21,05	4	2,03	0,27	2,67	99,9	453,3	680,0	240,0	96	41	38	35	33	42	33	133,3	200,0	240,0	--
1,60	41,00	21,24	4	2,00	0,31	1,37	39,6	232,3	348,5	123,0	70	38	34	31	29	38	30	68,3	102,5	123,0	--
1,80	39,00	10,83	4	2,00	0,35	1,30	32,1	221,0	331,5	117,0	65	37	33	30	28	38	30	65,0	97,5	117,0	--
2,00	105,00	30,26	3	2,01	0,39	--	--	--	--	--	96	42	38	35	32	41	34	175,0	262,5	315,0	--
2,20	200,00	49,14	3	2,15	0,44	--	--	--	--	--	100	42	40	38	35	44	38	333,3	500,0	600,0	--
2,40	235,00	51,88	3	2,15	0,48	--	--	--	--	--	100	42	41	38	35	44	39	391,7	587,5	705,0	--
2,60	203,00	26,03	4	2,13	0,52	6,77	99,9	1150,3	1725,5	609,0	100	42	39	37	34	43	38	338,3	507,5	609,0	--
2,80	164,00	35,65	3	2,10	0,56	--	--	--	--	--	100	42	38	35	33	42	37	273,3	410,0	492,0	--
3,00	53,00	18,93	4	2,01	0,60	1,77	24,0	300,3	450,5	159,0	62	37	32	29	27	36	31	88,3	132,5	159,0	--
3,20	40,00	33,33	3	1,90	0,64	--	--	--	--	--	51	35	30	27	26	34	30	66,7	100,0	120,0	--
3,40	121,00	26,30	4	2,07	0,68	4,03	57,8	685,7	1028,5	363,0	88	40	35	33	31	40	35	201,7	302,5	363,0	--
3,60	121,00	21,12	4	2,07	0,72	4,03	53,7	685,7	1028,5	363,0	86	40	35	32	30	39	35	201,7	302,5	363,0	--
3,80	98,00	39,68	3	2,00	0,76	--	--	--	--	--	78	39	34	31	29	38	34	163,3	245,0	294,0	--
4,00	81,00	19,90	4	2,03	0,80	2,70	28,5	459,0	688,5	243,0	70	38	33	30	28	37	33	135,0	202,5	243,0	--
4,20	45,00	22,50	4	2,00	0,84	1,50	12,9	255,0	382,5	135,0	49	35	30	26	25	33	31	75,0	112,5	135,0	--
4,40	36,00	38,71	3	1,89	0,88	--	--	--	--	--	40	34	28	25	24	32	30	60,0	90,0	108,0	--
4,60	30,00	20,41	4	1,96	0,92	1,00	7,0	231,9	347,9	90,0	33	33	27	24	22	31	29	50,0	75,0	90,0	--
4,80	27,00	22,50	4	1,95	0,96	0,95	6,2	252,1	378,2	81,0	28	32	26	23	22	30	28	45,0	67,5	81,0	--
5,00	16,00	18,39	2	1,96	1,00	0,70	4,0	279,1	418,7	51,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,20	17,00	32,08	4	1,91	1,04	0,72	4,0	289,6	434,4	54,1	10	29	24	20	19	27	27	28,3	42,5	51,0	--
5,40	12,00	15,00	2	1,92	1,08	0,57	2,8	288,8	433,3	44,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,60	12,00	10,00	2	1,92	1,12	0,57	2,7	294,0	441,0	44,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,80	15,00	37,50	4	1,89	1,15	0,67	3,2	319,8	479,7	49,5	3	28	23	19	18	26	27	25,0	37,5	45,0	--
6,00	8,00	20,00	2	1,86	1,19	0,40	1,6	231,6	347,3	35,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,20	8,00	24,24	2	1,86	1,23	0,40	1,5	232,6	348,9	35,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,40	9,00	22,50	2	1,88	1,26	0,45	1,7	258,1	387,2	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,60	10,00	25,00	2	1,90	1,30	0,50	1,9	282,7	424,0	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,80	13,00	9,29	2	1,93	1,34	0,60	2,3	327,5	491,3	46,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,00	20,00	33,33	4	1,93	1,38	0,80	3,2	383,1	574,6	60,0	9	29	23	20	19	26	27	33,3	50,0	60,0	--
7,20	12,00	20,00	2	1,92	1,42	0,57	2,0	319,5	479,3	44,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,40	10,00	21,28	2	1,90	1,46	0,50	1,6	288,5	432,8	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,60	10,00	25,00	2	1,90	1,49	0,50	1,6	289,7	434,5	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,80	9,00	33,33	4	1,85	1,53	0,45	1,4	264,9	397,4	37,8	--	28	19	15	14	25	26	15,0	22,5	27,0	--
8,00	9,00	27,27	2	1,88	1,57	0,45	1,3	265,6	398,4	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,20	9,00	27,27	2	1,88	1,61	0,45	1,3	266,2	399,3	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,40	8,00	24,24	2	1,86	1,64	0,40	1,1	239,2	358,8	35,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,60	9,00	19,15	2	1,88	1,68	0,45	1,2	267,2	400,9	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,80	9,00	22,50	2	1,88	1,72	0,45	1,2	267,7	401,6	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,00	10,00	25,00	2	1,90	1,76	0,50	1,3	295,3	443,0	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,20	9,00	27,27	2	1,88	1,79	0,45	1,1	268,6	402,8	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,40	9,00	22,50	2	1,88	1,83	0,45	1,1	268,9	403,4	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,60	9,00	27,27	2	1,88	1,87	0,45	1,1	269,3	403,9	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,80	10,00	30,30	4	1,86	1,91	0,50	1,2	297,4	446,1	40,0	--	28	18	14	14	25	26	16,7	25,0	30,0	--
10,00	10,00	14,93	2	1,90	1,95	0,50	1,1	297,9	446,8	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,20	10,00	21,28	2	1,90	1,98	0,50	1,1	298,3	447,4	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,40	10,00	25,00	2	1,90	2,02	0,50	1,1	298,7	448,0	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,60	10,00	30,30	4	1,86	2,06	0,50	1,1	299,0	448,5	40,0	--	28	18	14	13	25	26	16,7	25,0	30,0	--
10,80	10,00	--	3	1,83	2,09	--	--	--	--	--	28	18	14	13	25	26	16,7	25,0	30,0	--	



CRESTANA S.r.l.s.

INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOFISICHE ED AMBIENTALI

Viale Michelangelo, 40 - 25015 Desenzano del Garda (BS)

info@crestanasrls.com - www.crestanasrls.com

**PROVA PENETROMETRICA STATICÀ MECCANICA
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI**

CPT

5

Riferimento

Desenzano

Committente **Parolini S.p.A.**

Cantiere

Località **Località Brognoli - Desenzano d/G (BS)**

U.M.: **kg/cm²**

Data esec. **20/10/2021**

Pagina **1**

Elaborato

Falda

Assente

H m	L1	L2	Lt	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	F	Rf %	H m	L1	L2	Lt	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	F	Rf %
0,20	0,0	0,0		0,00	0,00			0,20	0,0	0,0		0,00	0,00		
0,40	0,0	0,0		0,00	1,60	0		0,40	0,0	0,0		0,00	1,60	0	
0,60	21,0	45,0		21,00	1,53	14	7,3	0,60	21,0	45,0		21,00	1,53	14	7,3
0,80	55,0	78,0		55,00	1,13	49	2,1	0,80	55,0	78,0		55,00	1,13	49	2,1
1,00	58,0	75,0		58,00	3,07	19	5,3	1,00	58,0	75,0		58,00	3,07	19	5,3
1,20	73,0	119,0		73,00	4,07	18	5,6	1,20	73,0	119,0		73,00	4,07	18	5,6
1,40	50,0	111,0		50,00	3,60	14	7,2	1,40	50,0	111,0		50,00	3,60	14	7,2
1,60	58,0	112,0		58,00	3,73	16	6,4	1,60	58,0	112,0		58,00	3,73	16	6,4
1,80	101,0	157,0		101,00	5,13	20	5,1	1,80	101,0	157,0		101,00	5,13	20	5,1
2,00	143,0	220,0		143,00	6,20	23	4,3	2,00	143,0	220,0		143,00	6,20	23	4,3
2,20	251,0	344,0		251,00	6,73	37	2,7	2,20	251,0	344,0		251,00	6,73	37	2,7
2,40	170,0	271,0		170,00	7,00	24	4,1	2,40	170,0	271,0		170,00	7,00	24	4,1
2,60	126,0	231,0		126,00	5,33	24	4,2	2,60	126,0	231,0		126,00	5,33	24	4,2
2,80	50,0	130,0		50,00	5,53	9	11,1	2,80	50,0	130,0		50,00	5,53	9	11,1
3,00	82,0	165,0		82,00	5,27	16	6,4	3,00	82,0	165,0		82,00	5,27	16	6,4
3,20	75,0	154,0		75,00	2,07	36	2,8	3,20	75,0	154,0		75,00	2,07	36	2,8
3,40	251,0	282,0		251,00	3,27	77	1,3	3,40	251,0	282,0		251,00	3,27	77	1,3
3,60	140,0	189,0		140,00	4,33	32	3,1	3,60	140,0	189,0		140,00	4,33	32	3,1
3,80	55,0	120,0		55,00	3,20	17	5,8	3,80	55,0	120,0		55,00	3,20	17	5,8
4,00	183,0	231,0		183,00	4,07	45	2,2	4,00	183,0	231,0		183,00	4,07	45	2,2
4,20	34,0	95,0		34,00	2,07	16	6,1	4,20	34,0	95,0		34,00	2,07	16	6,1
4,40	27,0	58,0		27,00	1,13	24	4,2	4,40	27,0	58,0		27,00	1,13	24	4,2
4,60	29,0	46,0		29,00	0,80	36	2,8	4,60	29,0	46,0		29,00	0,80	36	2,8
4,80	43,0	55,0		43,00	0,93	46	2,2	4,80	43,0	55,0		43,00	0,93	46	2,2
5,00	16,0	30,0		16,00	0,53	30	3,3	5,00	16,0	30,0		16,00	0,53	30	3,3
5,20	13,0	21,0		13,00	0,27	48	2,1	5,20	13,0	21,0		13,00	0,27	48	2,1
5,40	12,0	16,0		12,00	0,53	23	4,4	5,40	12,0	16,0		12,00	0,53	23	4,4
5,60	11,0	19,0		11,00	0,47	23	4,3	5,60	11,0	19,0		11,00	0,47	23	4,3
5,80	13,0	20,0		13,00	0,80	16	6,2	5,80	13,0	20,0		13,00	0,80	16	6,2
6,00	8,0	20,0		8,00	0,33	24	4,1	6,00	8,0	20,0		8,00	0,33	24	4,1
6,20	7,0	12,0		7,00	0,40	18	5,7	6,20	7,0	12,0		7,00	0,40	18	5,7
6,40	8,0	14,0		8,00	0,40	20	5,0	6,40	8,0	14,0		8,00	0,40	20	5,0
6,60	8,0	14,0		8,00	0,47	17	5,9	6,60	8,0	14,0		8,00	0,47	17	5,9
6,80	9,0	16,0		9,00	0,40	23	4,4	6,80	9,0	16,0		9,00	0,40	23	4,4
7,00	10,0	16,0		10,00	0,40	25	4,0	7,00	10,0	16,0		10,00	0,40	25	4,0
7,20	8,0	14,0		8,00	0,40	20	5,0	7,20	8,0	14,0		8,00	0,40	20	5,0
7,40	9,0	15,0		9,00	0,47	19	5,2	7,40	9,0	15,0		9,00	0,47	19	5,2
7,60	12,0	19,0		12,00	0,27	44	2,3	7,60	12,0	19,0		12,00	0,27	44	2,3
7,80	12,0	16,0		12,00	0,60	20	5,0	7,80	12,0	16,0		12,00	0,60	20	5,0
8,00	7,0	16,0		7,00	0,40	18	5,7	8,00	7,0	16,0		7,00	0,40	18	5,7
8,20	8,0	14,0		8,00	0,40	20	5,0	8,20	8,0	14,0		8,00	0,40	20	5,0
8,40	8,0	14,0		8,00	0,40	20	5,0	8,40	8,0	14,0		8,00	0,40	20	5,0
8,60	8,0	14,0		8,00	0,40	20	5,0	8,60	8,0	14,0		8,00	0,40	20	5,0
8,80	7,0	13,0		7,00	0,47	15	6,7	8,80	7,0	13,0		7,00	0,47	15	6,7
9,00	9,0	16,0		9,00	0,47	19	5,2	9,00	9,0	16,0		9,00	0,47	19	5,2
9,20	9,0	16,0		9,00	0,47	19	5,2	9,20	9,0	16,0		9,00	0,47	19	5,2
9,40	9,0	16,0		9,00	0,47	19	5,2	9,40	9,0	16,0		9,00	0,47	19	5,2
9,60	9,0	16,0		9,00	0,53	17	5,9	9,60	9,0	16,0		9,00	0,53	17	5,9
9,80	10,0	18,0		10,00	0,53	19	5,3	9,80	10,0	18,0		10,00	0,53	19	5,3
10,00	10,0	18,0		10,00	0,53	19	5,3	10,00	10,0	18,0		10,00	0,53	19	5,3
10,20	11,0	19,0		11,00	0,60	18	5,5	10,20	11,0	19,0		11,00	0,60	18	5,5
10,40	10,0	19,0		10,00	0,47	21	4,7	10,40	10,0	19,0		10,00	0,47	21	4,7
10,60	9,0	16,0		9,00	0,47	19	5,2	10,60	9,0	16,0		9,00	0,47	19	5,2
10,80	10,0	17,0		10,00				10,80	10,0	17,0		10,00			

H = profondità

L1 = prima lettura (punta)

L2 = seconda lettura (punta + laterale)

Lt = terza lettura (totale)

CT = 10,00 costante di trasformazione

qc = resistenza punta

fs = resistenza laterale

0,20 m sopra quota qc

F = rapporto Begemann (qc / fs)

Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc) * 100



CRESTANA S.r.l.s.

INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOFISICHE ED AMBIENTALI

Viale Michelangelo, 40 - 25015 Desenzano del Garda (BS)

info@crestanasrls.com - www.crestanasrls.com

PROVA PENETROMETRICA STATICHE MECCANICA DIAGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

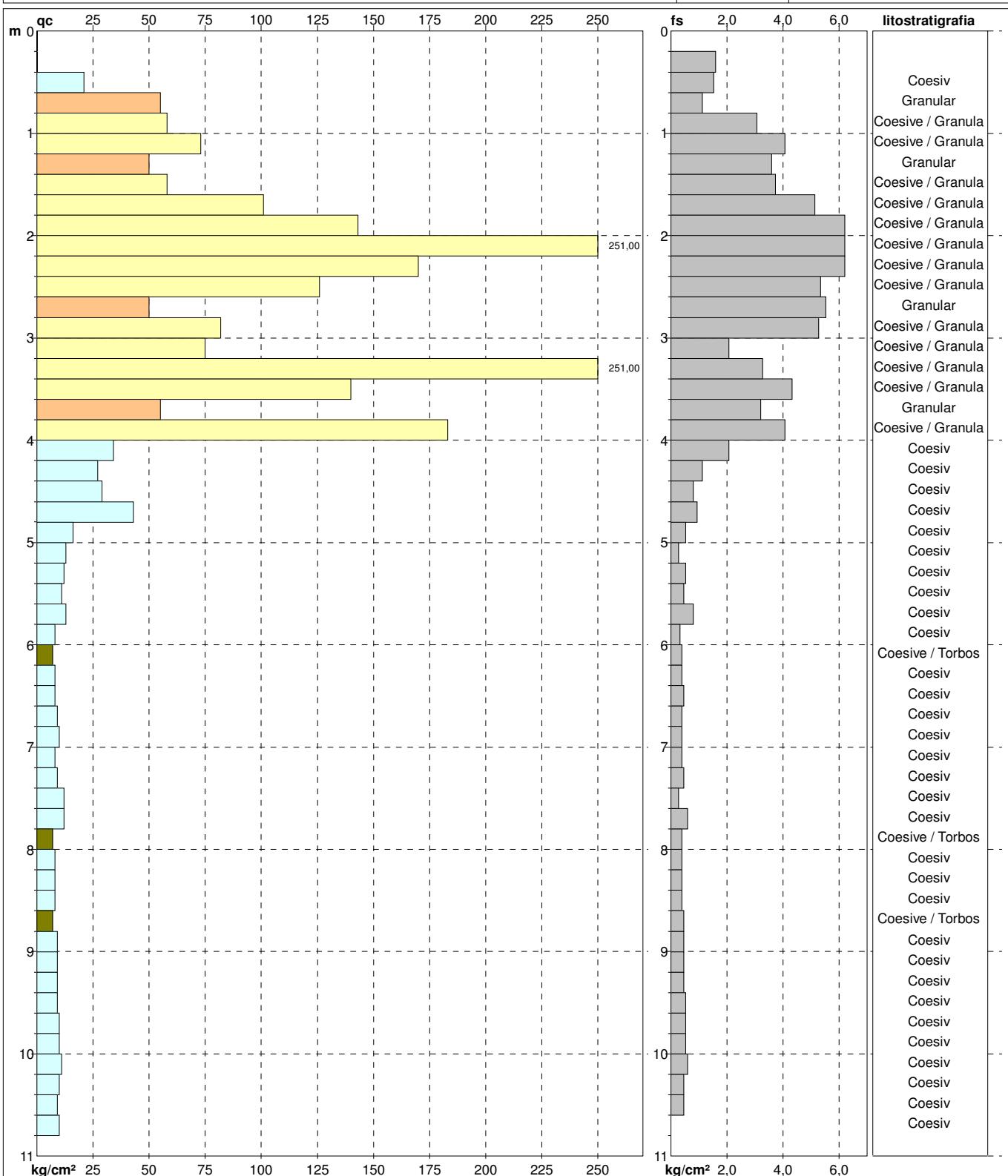
CPT

5

Riferimento

Desenzano

Committente	Parolini S.p.A.	U.M.:	kg/cm²	Data esec.	20/10/2021
Cantiere		Scala:	1:55		
Località	Località Brognoli - Desenzano d/G (BS)	Pagina	1	Quota inizio:	
		Elaborato		Fatto	Assento



		Litology: Begemann [qc + qc/fs] 4 Zone	preforo m
		Penetrometro: TG63-200Stat	Corr.astine: kg/ml
		Responsabile:	
		Assistente:	Cod. tip:

PROVA PENETROMETRICA STATICÀ MECCANICA DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT

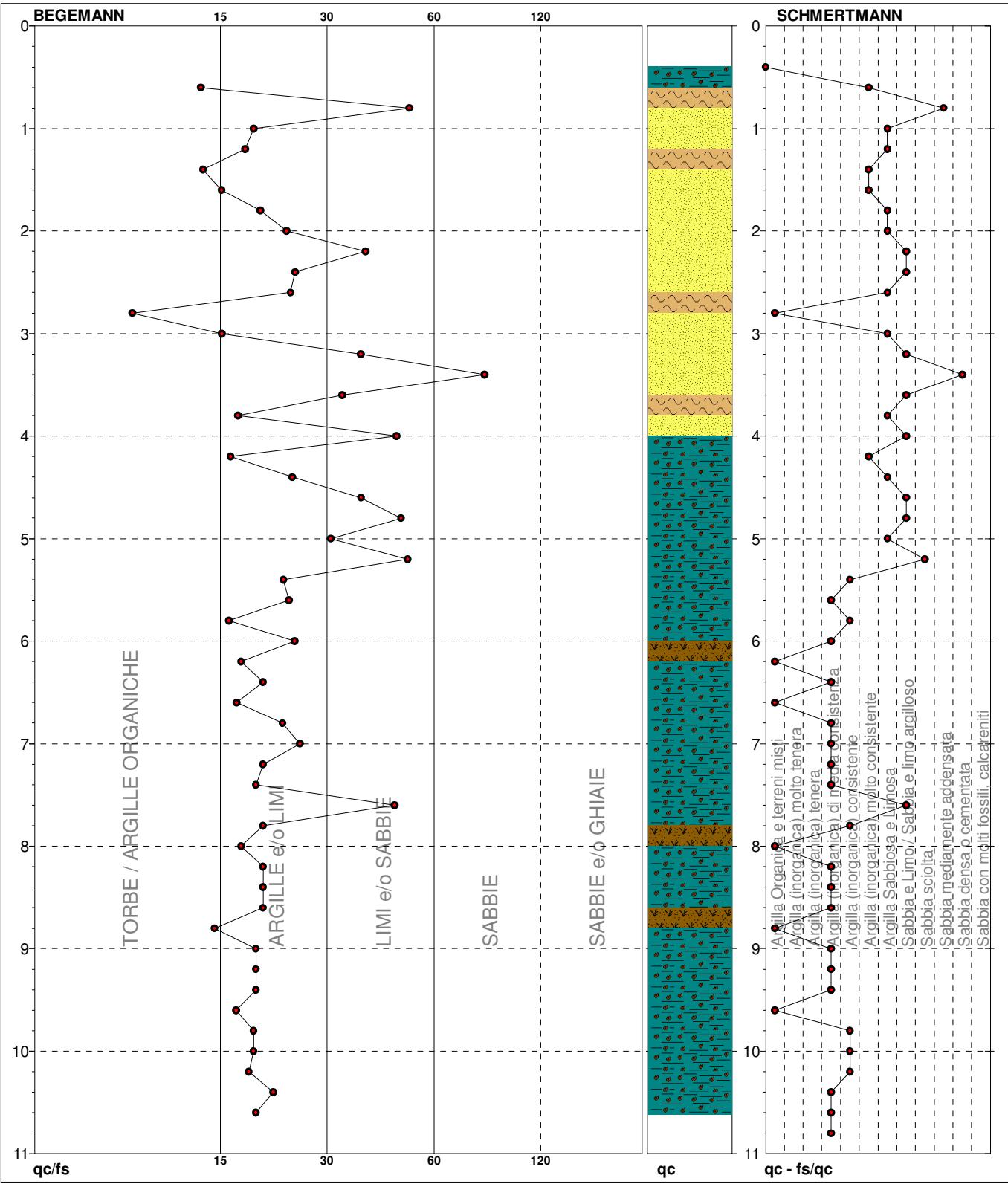
5

Riferimento

Desenzano

Committente **Parolini S.p.A.**
Cantiere
Località **Località Brognoli - Desenzano d/G (BS)**

U.M.: **kg/cm²** Data esec. **20/10/2021**
Scala: **1:55**
Pagina **1**
Elaborato Falda Assente



TORBE / ARGILLE ORGANICHE	6 punti, 11,11%	Argilla Organica e terreni misti	6 punti, 11,11%	Argilla Sabbiosa e Limosa	9 punti, 16,67%
ARGILLE e/o LIMI	36 punti, 66,67%	Argilla (inorganica) di media consistenza	15 punti, 27,78%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo argilloso	8 punti, 14,81%
LIMI e/o SABBIE	10 punti, 18,52%	Argilla (inorganica) consistente	6 punti, 11,11%	Sabbia sciolta	1 punti, 1,85%
SABBIE	1 punti, 1,85%	Argilla (inorganica) molto consistente	4 punti, 7,41%	Sabbia mediamente addensata	1 punti, 1,85%

**PROVA PENETROMETRICA STATICÀ MECCANICA
PARAMETRI GEOTECNICI**

CPT	5
Riferimento	Desenzano

Committente	Parolini S.p.A.	U.M.: kg/cm ²	Data esec.	20/10/2021
Cantiere		Pagina	1	
Località	Località Brognoli - Desenzano d/G (BS)	Elaborato	Falda	Assente

H m	qc U.M.	qc/fs	zone	γ' t/m ³	σ'_{vo} U.M.	Vs m/s	NATURA COESIVA				NATURA GRANULARE										
							Cu U.M.	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	Sc ()	Ca ()	Ko ()	DB ()	DM ()	Me ()	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.
0,20	--	--	???	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	--	--	???	1,85	0,07	0,82	75,5	140,0	210,0	63,0	72	38	36	33	31	40	27	35,0	52,5	63,0	--
0,60	21,00	13,73	4 	1,93	0,11	--	--	--	--	--	98	42	39	36	34	43	31	91,7	137,5	165,0	--
0,80	55,00	48,67	3 	1,93	0,15	--	--	--	--	--	94	41	38	36	33	42	31	96,7	145,0	174,0	--
1,00	58,00	18,89	4 	2,02	0,19	1,93	99,9	328,7	493,0	174,0	94	41	38	36	33	42	32	121,7	182,5	219,0	--
1,20	73,00	17,94	4 	2,03	0,23	2,43	99,9	413,7	620,5	219,0	97	42	38	36	33	42	32	83,3	125,0	150,0	--
1,40	50,00	13,89	4 	2,01	0,27	1,67	60,5	283,3	425,0	150,0	80	39	36	33	31	40	31	96,7	145,0	174,0	--
1,60	58,00	15,55	4 	2,02	0,31	1,93	61,3	328,7	493,0	174,0	82	39	36	33	31	40	31	96,7	145,0	174,0	--
1,80	101,00	19,69	4 	2,05	0,35	3,37	99,9	572,3	858,5	303,0	98	42	38	35	33	42	34	168,3	252,5	303,0	--
2,00	143,00	23,06	4 	2,08	0,40	4,77	99,9	810,3	1215,5	429,0	100	42	39	36	34	43	36	238,3	357,5	429,0	--
2,20	251,00	37,30	3 	2,15	0,44	--	--	--	--	--	100	42	41	39	36	44	39	418,3	627,5	753,0	--
2,40	170,00	24,29	4 	2,10	0,48	5,67	99,9	963,3	1445,0	510,0	100	42	39	36	34	42	37	283,3	425,0	510,0	--
2,60	126,00	23,64	4 	2,07	0,52	4,20	85,2	714,0	1071,0	378,0	96	41	37	34	32	41	35	210,0	315,0	378,0	--
2,80	50,00	9,04	4 	2,01	0,56	1,67	24,5	283,3	425,0	150,0	62	37	32	29	27	36	31	83,3	125,0	150,0	--
3,00	82,00	15,56	4 	2,04	0,60	2,73	41,6	464,7	697,0	246,0	78	39	34	31	29	39	33	136,7	205,0	246,0	--
3,20	75,00	36,23	3 	1,96	0,64	--	--	--	--	--	73	38	33	31	29	38	32	125,0	187,5	225,0	--
3,40	251,00	76,76	3 	2,15	0,68	--	--	--	--	--	100	42	39	37	34	43	39	418,3	627,5	753,0	--
3,60	140,00	32,33	3 	2,06	0,73	--	--	--	--	--	91	41	36	33	31	40	36	233,3	350,0	420,0	--
3,80	55,00	17,19	4 	2,01	0,77	1,83	18,7	311,7	467,5	165,0	58	36	31	28	26	35	31	91,7	137,5	165,0	--
4,00	183,00	44,96	3 	2,12	0,81	--	--	--	--	--	98	42	37	34	32	41	37	305,0	457,5	549,0	--
4,20	34,00	16,43	4 	1,98	0,85	1,13	9,0	201,2	301,7	102,0	39	33	28	25	23	32	29	56,7	85,0	102,0	--
4,40	27,00	23,89	4 	1,95	0,89	0,95	6,8	224,8	337,2	81,0	30	32	27	24	22	30	28	45,0	67,5	81,0	--
4,60	29,00	36,25	3 	1,87	0,92	--	--	--	--	--	31	32	27	24	22	31	29	48,3	72,5	87,0	--
4,80	43,00	46,24	3 	1,91	0,96	--	--	--	--	--	44	34	29	26	24	32	30	71,7	107,5	129,0	--
5,00	16,00	30,19	4 	1,90	1,00	0,70	4,0	279,3	419,0	51,8	9	29	24	20	19	27	27	26,7	40,0	48,0	--
5,20	13,00	48,15	4 	1,88	1,04	0,60	3,2	288,6	432,9	46,5	1	28	22	19	18	25	26	21,7	32,5	39,0	--
5,40	12,00	22,64	2 	1,92	1,08	0,57	2,8	288,8	433,3	44,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,60	11,00	23,40	2 	1,91	1,11	0,54	2,5	283,8	425,7	42,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,80	13,00	16,25	2 	1,93	1,15	0,60	2,8	307,6	461,4	46,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,00	8,00	24,24	2 	1,86	1,19	0,40	1,6	231,6	347,4	35,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,20	7,00	17,50	2 	1,84	1,23	0,35	1,3	206,7	310,0	32,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,40	8,00	20,00	2 	1,86	1,26	0,40	1,5	233,5	350,3	35,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,60	8,00	17,02	2 	1,86	1,30	0,40	1,4	234,3	351,5	35,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,80	9,00	22,50	2 	1,88	1,34	0,45	1,6	260,5	390,8	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,00	10,00	25,00	2 	1,90	1,38	0,50	1,8	285,8	428,7	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,20	8,00	20,00	2 	1,86	1,41	0,40	1,3	236,4	354,6	35,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,40	9,00	19,15	2 	1,88	1,45	0,45	1,5	263,4	395,0	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,60	12,00	44,44	4 	1,88	1,49	0,57	1,9	323,1	484,7	44,6	--	28	20	17	16	25	26	20,0	30,0	36,0	--
7,80	12,00	20,00	2 	1,92	1,53	0,57	1,8	324,8	487,2	44,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,00	7,00	17,50	2 	1,84	1,56	0,35	1,0	210,0	315,0	32,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,20	8,00	20,00	2 	1,86	1,60	0,40	1,1	238,8	358,2	35,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,40	8,00	20,00	2 	1,86	1,64	0,40	1,1	239,2	358,7	35,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,60	8,00	20,00	2 	1,86	1,68	0,40	1,0	239,5	359,2	35,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,80	7,00	14,89	1 	1,46	1,71	0,35	0,9	45,5	68,3	10,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,00	9,00	19,15	2 	1,88	1,74	0,45	1,2	268,0	402,0	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,20	9,00	19,15	2 	1,88	1,78	0,45	1,1	268,4	402,6	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,40	9,00	19,15	2 	1,88	1,82	0,45	1,1														



CRESTANA S.r.l.s.

INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOFISICHE ED AMBIENTALI

Viale Michelangelo, 40 - 25015 Desenzano del Garda (BS)

info@crestanasrls.com - www.crestanasrls.com

**PROVA PENETROMETRICA STATICÀ MECCANICA
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI**

CPT

6

Riferimento

Desenzano

Committente **Parolini S.p.A.**

Cantiere

Località **Località Brognoli - Desenzano d/G (BS)**

U.M.: **kg/cm²**

Data esec. **20/10/2021**

Pagina **1**

Elaborato

Falda

Assente

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	F -	Rf %	
0,20	0,0	0,0		0,00	0,00											
0,40	0,0	0,0		0,00	0,93	0										
0,60	21,0	35,0		21,00	1,40	15	6,7									
0,80	25,0	46,0		25,00	1,60	16	6,4									
1,00	38,0	62,0		38,00	2,13	18	5,6									
1,20	89,0	121,0		89,00	5,13	17	5,8									
1,40	145,0	222,0		145,00	5,27	28	3,6									
1,60	235,0	314,0		235,00	8,13	29	3,5									
1,80	268,0	390,0		268,00	13,93	19	5,2									
2,00	114,0	323,0		114,00	5,93	19	5,2									
2,20	88,0	177,0		88,00	2,27	39	2,6									
2,40	94,0	128,0		94,00	3,07	31	3,3									
2,60	88,0	134,0		88,00	1,07	82	1,2									
2,80	102,0	118,0		102,00	2,33	44	2,3									
3,00	58,0	93,0		58,00	3,67	16	6,3									
3,20	110,0	165,0		110,00	3,73	29	3,4									
3,40	176,0	232,0		176,00	6,93	25	3,9									
3,60	116,0	220,0		116,00	4,87	24	4,2									
3,80	53,0	126,0		53,00	3,07	17	5,8									
4,00	107,0	153,0		107,00	2,73	39	2,6									
4,20	34,0	75,0		34,00	1,80	19	5,3									
4,40	27,0	54,0		27,00	1,53	18	5,7									
4,60	14,0	37,0		14,00	0,80	18	5,7									
4,80	11,0	23,0		11,00	0,33	33	3,0									
5,00	15,0	20,0		15,00	0,40	38	2,7									
5,20	15,0	21,0		15,00	0,67	22	4,5									
5,40	14,0	24,0		14,00	0,60	23	4,3									
5,60	9,0	18,0		9,00	0,40	23	4,4									
5,80	9,0	15,0		9,00	0,47	19	5,2									
6,00	9,0	16,0		9,00	0,60	15	6,7									
6,20	9,0	18,0		9,00	0,53	17	5,9									
6,40	10,0	18,0		10,00	0,53	19	5,3									
6,60	9,0	17,0		9,00	0,67	13	7,4									
6,80	9,0	19,0		9,00	0,67	13	7,4									
7,00	9,0	19,0		9,00	0,53	17	5,9									
7,20	8,0	16,0		8,00	0,60	13	7,5									
7,40	9,0	18,0		9,00	0,60	15	6,7									
7,60	10,0	19,0		10,00	0,67	15	6,7									
7,80	9,0	19,0		9,00	0,60	15	6,7									
8,00	9,0	18,0		9,00	0,53	17	5,9									
8,20	9,0	17,0		9,00	0,53	17	5,9									
8,40	9,0	17,0		9,00	0,73	12	8,1									
8,60	10,0	21,0		10,00	0,73	14	7,3									
8,80	11,0	22,0		11,00	0,67	16	6,1									
9,00	9,0	19,0		9,00	0,53	17	5,9									
9,20	10,0	18,0		10,00	0,53	19	5,3									
9,40	10,0	18,0		10,00	0,60	17	6,0									
9,60	11,0	20,0		11,00	0,60	18	5,5									
9,80	9,0	18,0		9,00	0,60	15	6,7									
10,00	11,0	20,0		11,00	0,53	21	4,8									

H = profondità

qc = resistenza punta

L1 = prima lettura (punta)

fs = resistenza laterale

L2 = seconda lettura (punta + laterale)

0,20 m sopra quota qc

Lt = terza lettura (totale)

F = rapporto Begemann (qc / fs)

CT = 10,00 costante di trasformazione

Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc) * 100



CRESTANA S.r.l.s.

INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOFISICHE ED AMBIENTALI

Viale Michelangelo, 40 - 25015 Desenzano del Garda (BS)

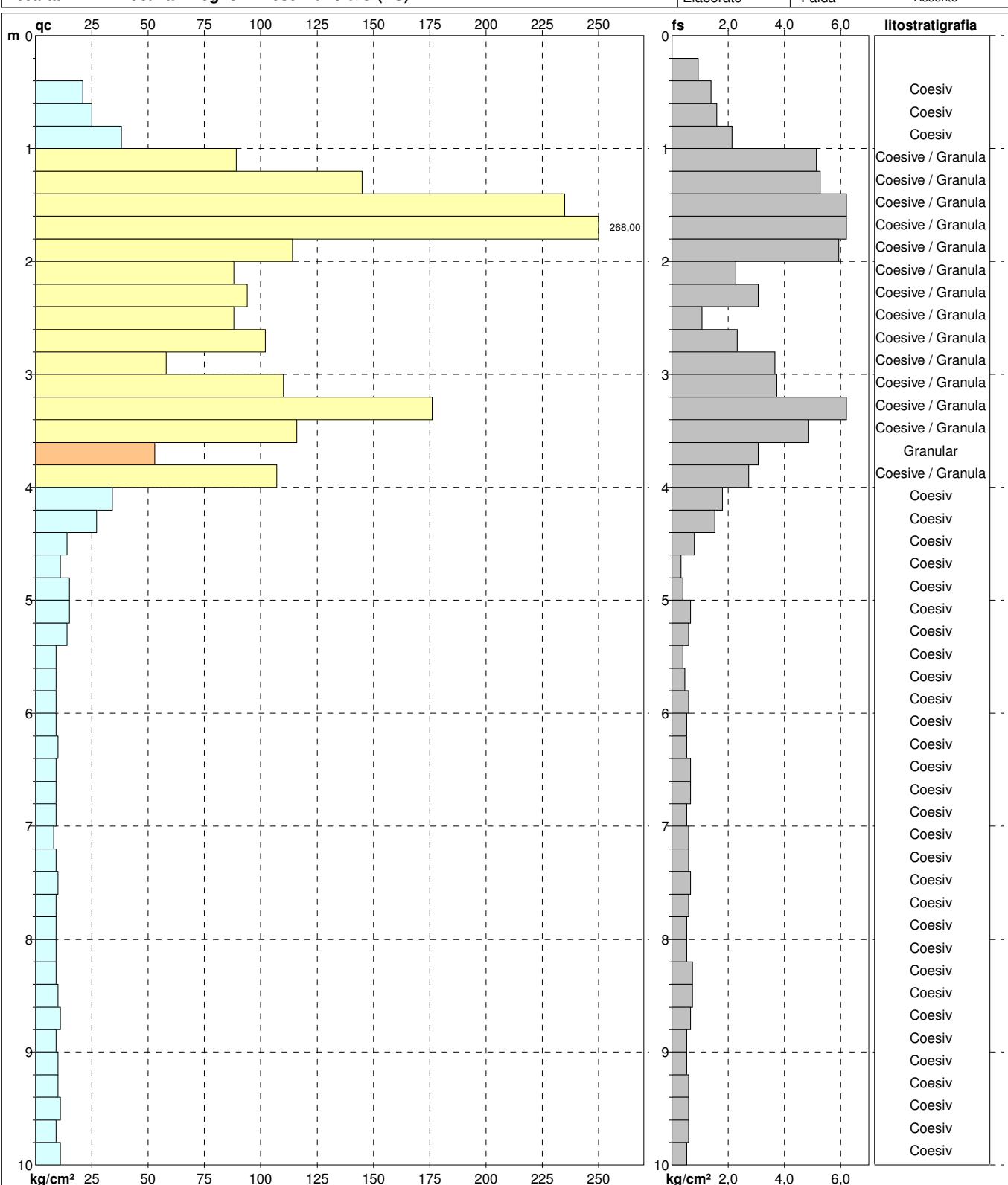
info@crestanasrls.com - www.crestanasrls.com

**PROVA PENETROMETRICA STATICÀ MECCANICA
DIAGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA****CPT****6**

Riferimento

Desenzano

Committente	Parolini S.p.A.	U.M.:	kg/cm ²	Data esec.	20/10/2021
Cantiere		Scala:	1:50		
Località	Località Brognoli - Desenzano d/G (BS)	Pagina	1	Quota inizio:	Falda



Litology:	Begemann [qc + qc/fs] 4 Zone	preforo	m
Penetrometro:	TG63-200Stat	Corr.astine:	kg/ml
Responsabile:			
Assistente:		Cod. tip:	

PROVA PENETROMETRICA STATICÀ MECCANICA DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT

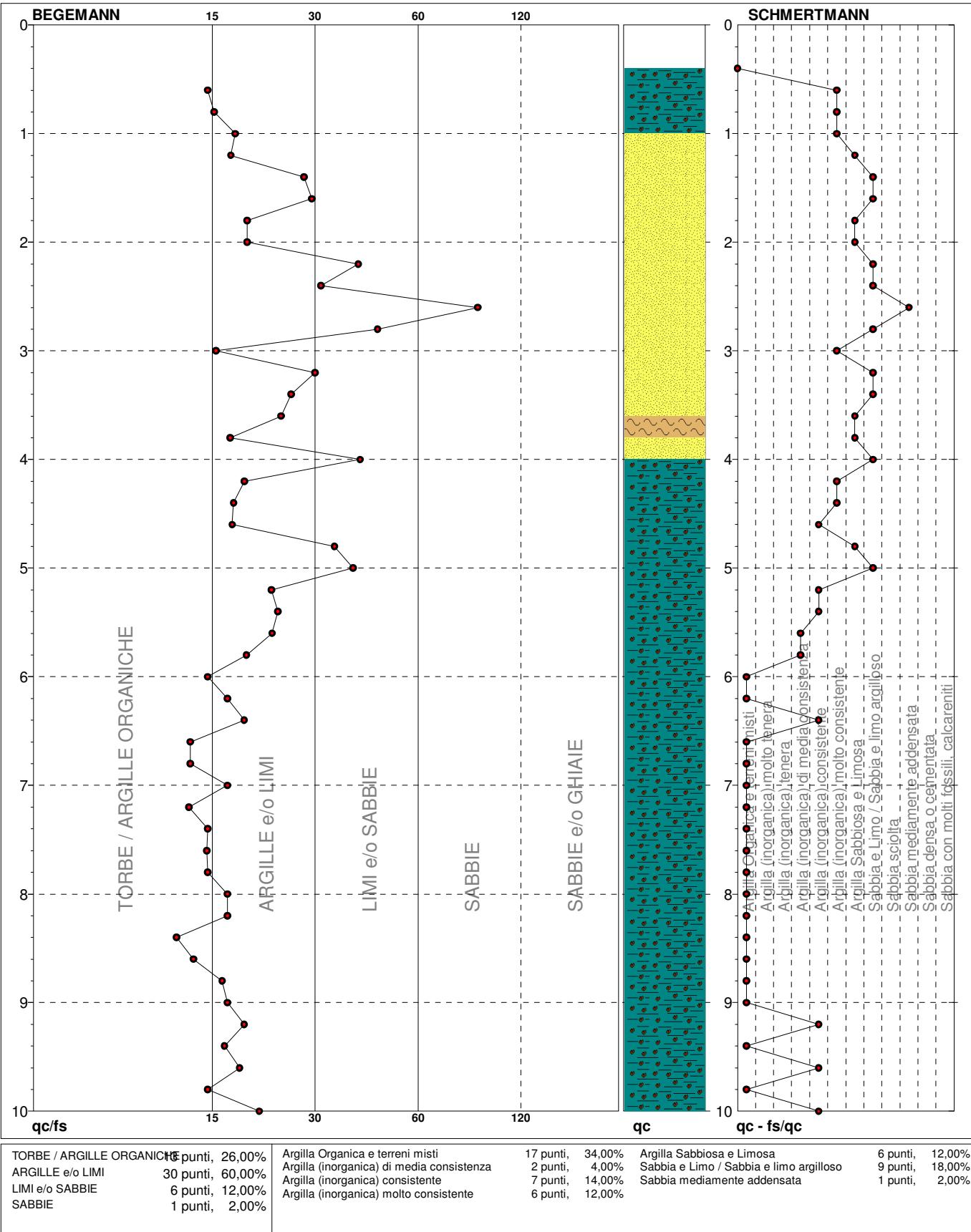
6

Riferimento

Desenzano

Committente **Parolini S.p.A.**
Cantiere
Località **Località Brognoli - Desenzano d/G (BS)**

U.M.: **kg/cm²** Data esec. **20/10/2021**
Scala: **1:50**
Pagina **1**
Elaborato Falda Assente



**PROVA PENETROMETRICA STATICÀ MECCANICA
PARAMETRI GEOTECNICI**

CPT	6
Riferimento	Desenzano

Committente	Parolini S.p.A.	U.M.: kg/cm ²	Data esec.	20/10/2021
Cantiere		Pagina	1	
Località	Località Brognoli - Desenzano d/G (BS)	Elaborato	Falda	Assente

H m	qc U.M.	qc/fs	zone	γ' t/m ³	σ'_{vo} U.M.	Vs m/s	NATURA COESIVA				NATURA GRANULARE											
							Cu U.M.	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	Sc ()	Ca ()	Ko ()	DB ()	DM ()	Me ()	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.	FL1
0,20	--	--	???	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
0,40	--	--	???	1,85	0,07	0,82	75,5	140,0	210,0	63,0	72	38	36	33	31	40	27	35,0	52,5	63,0	--	--
0,60	21,00	15,00	4 ~~~~	1,93	0,11	0,91	59,0	154,5	231,8	75,0	70	38	35	32	30	39	28	41,7	62,5	75,0	--	--
0,80	25,00	15,63	4 ~~~~	1,94	0,15	1,27	66,7	215,3	323,0	114,0	79	39	36	33	31	40	30	63,3	95,0	114,0	--	--
1,00	38,00	17,84	4 ~~~~	1,99	0,19	2,97	99,9	504,3	756,5	267,0	100	42	39	37	34	43	33	148,3	222,5	267,0	--	--
1,20	89,00	17,35	4 ~~~~	2,04	0,23	4,83	99,9	821,7	1232,5	435,0	100	42	41	38	36	44	36	241,7	362,5	435,0	--	--
1,40	145,00	27,51	4 ~~~~	2,08	0,27	7,83	99,9	1331,7	1997,5	705,0	100	42	43	40	37	45	39	391,7	597,5	705,0	--	--
1,60	235,00	28,91	4 ~~~~	2,13	0,32	8,93	99,9	1518,7	2278,0	804,0	100	42	43	40	37	45	40	446,7	670,0	804,0	--	--
1,80	268,00	19,24	4 ~~~~	2,13	0,36	3,80	99,9	646,0	969,0	342,0	99	42	38	35	33	42	34	190,0	285,0	342,0	--	--
2,00	114,00	19,22	4 ~~~~	2,06	0,40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2,20	88,00	38,77	3 ~~~~	1,98	0,44	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2,40	94,00	30,62	3 ~~~~	1,99	0,48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2,60	88,00	82,24	3 ~~~~	1,98	0,52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2,80	102,00	43,78	3 ~~~~	2,00	0,56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3,00	58,00	15,80	4 ~~~~	2,02	0,60	1,93	27,1	328,7	493,0	174,0	66	37	32	30	28	37	31	96,7	145,0	174,0	--	--
3,20	110,00	29,49	4 ~~~~	2,06	0,64	3,67	55,6	623,3	935,0	330,0	86	40	35	33	30	39	34	183,3	275,0	330,0	--	--
3,40	176,00	25,40	4 ~~~~	2,11	0,68	5,87	92,4	997,3	1496,0	528,0	100	42	37	35	32	41	37	293,3	440,0	528,0	--	--
3,60	116,00	23,82	4 ~~~~	2,06	0,72	3,87	51,0	657,3	986,0	348,0	85	40	35	32	30	39	35	193,3	290,0	348,0	--	--
3,80	53,00	17,26	4 ~~~~	2,01	0,76	1,77	17,9	300,3	450,5	159,0	57	36	31	28	26	35	31	88,3	132,5	159,0	--	--
4,00	107,00	39,19	3 ~~~~	2,01	0,80	--	--	--	--	--	80	39	34	31	29	38	34	178,3	267,5	321,0	--	--
4,20	34,00	18,89	4 ~~~~	1,98	0,84	1,13	9,1	200,3	300,5	102,0	39	33	28	25	23	32	29	56,7	85,0	102,0	--	--
4,40	27,00	17,65	4 ~~~~	1,95	0,88	0,95	6,9	223,2	334,8	81,0	30	32	27	24	22	30	28	45,0	67,5	81,0	--	--
4,60	14,00	17,50	2 ~~~~	1,94	0,92	0,64	4,0	257,8	386,8	48,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4,80	11,00	33,33	4 ~~~~	1,87	0,96	0,54	3,0	263,1	394,6	42,5	--	28	22	18	18	25	26	18,3	27,5	33,0	--	--
5,00	15,00	37,50	4 ~~~~	1,89	1,00	0,67	3,8	280,8	421,2	49,5	7	29	23	20	19	26	27	25,0	37,5	45,0	--	--
5,20	15,00	22,39	2 ~~~~	1,95	1,04	0,67	3,6	292,5	438,8	49,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5,40	14,00	23,33	2 ~~~~	1,94	1,07	0,64	3,3	300,1	450,1	48,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5,60	9,00	22,50	2 ~~~~	1,88	1,11	0,45	2,0	251,4	377,1	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5,80	9,00	19,15	2 ~~~~	1,88	1,15	0,45	1,9	253,3	380,0	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6,00	9,00	15,00	2 ~~~~	1,88	1,19	0,45	1,9	255,1	382,6	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6,20	9,00	16,98	2 ~~~~	1,88	1,23	0,45	1,8	256,7	385,0	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6,40	10,00	18,87	2 ~~~~	1,90	1,26	0,50	2,0	280,8	421,1	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6,60	9,00	13,43	2 ~~~~	1,88	1,30	0,45	1,7	259,4	389,0	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6,80	9,00	13,43	2 ~~~~	1,88	1,34	0,45	1,6	260,5	390,7	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7,00	9,00	16,98	2 ~~~~	1,88	1,38	0,45	1,6	261,5	392,3	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7,20	8,00	13,33	2 ~~~~	1,86	1,41	0,40	1,3	236,4	354,6	35,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7,40	9,00	15,00	2 ~~~~	1,88	1,45	0,45	1,5	263,3	395,0	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7,60	10,00	14,93	2 ~~~~	1,90	1,49	0,50	1,6	289,5	434,2	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7,80	9,00	15,00	2 ~~~~	1,88	1,53	0,45	1,4	264,8	397,3	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8,00	9,00	16,98	2 ~~~~	1,88	1,56	0,45	1,3	265,5	398,2	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8,20	9,00	16,98	2 ~~~~	1,88	1,60	0,45	1,3	266,1	399,2	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8,40	9,00	12,33	2 ~~~~	1,88	1,64	0,45	1,2	266,7	400,0	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8,60	10,00	13,70	2 ~~~~	1,90	1,68	0,50	1,4	293,9	440,9	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8,80	11,00	16,42	2 ~~~~	1,91	1,72	0,54	1,5	313,7	470,5	42,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
9,00	9,00	16,98	2 ~~~~	1,88	1,75	0,45	1,1	268,1	402,2	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
9,20	10,00	18,87	2 ~~~~	1,90	1,79	0,50	1,3	295,8	443,8	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
9,40	10,00	16,67	2 ~~~~	1,90	1,83	0,50	1,2	296,4	444,6	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
9,60	11,00	18,33	2 ~~~~	1,91	1,87	0,54	1,3	316,6	474,9	42,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
9,80	9,00	15,00	2 ~~~~	1,88	1,90	0,45	1,0	269,6	404,4	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
10,00	11,00	20,75	2 ~~~~	1,91	1,94	0,54	1,3	317,8	476,7	42,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	



CRESTANA S.r.l.s.

INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOFISICHE ED AMBIENTALI

Viale Michelangelo, 40 - 25015 Desenzano del Garda (BS)
 Cell: 347 9428449 - 349 2936733
 mail: info@crestanasrls.com
 web: www.crestanasrls.com
 P.IVA e C.F. 03632850982

Località: Località Brognoli - Desenzano d/G (BS)

DATA

20/10/2021

Committente: Parolini S.p.A.

SCAVO

T1

Tecnico: Dott. Geol. N. Crestana

QUOTA INIZIO

p.c.

Escavatore: Terna JCB 3CX

Profondità m da p.c.	Stratigrafia	Campioni profondità da p.c.	DESCRIZIONE LITOLOGICA	VOC	Profondità m da p.c.	Prova di permeabilità a carico variabile
----------------------	--------------	-----------------------------	------------------------	-----	----------------------	--

0,00			Limo sabbioso debolmente argilloso, asciutto, di colore marrone chiaro.			
2,90			Descrizione eseguita utilizzando il criterio granulometrico per le terre (AGI 1977), secondo cui il terreno viene denominato gerarchicamente con il nome della frazione con percentuale maggiore. Successivamente, la frazione gerarchicamente inferiore viene preceduta dal termine " con " se la percentuale è compresa tra il 25% e il 50%, dal suffisso " .oso " se la percentuale è compresa tra il 10% e il 25%, oppure dal suffisso " debolmente .oso " se la percentuale è compresa tra il 5% e il 10%.			K=1,05*10 ⁻⁵ m/s



CRESTANA S.r.l.s.

INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOFISICHE ED AMBIENTALI

Viale Michelangelo, 40 - 25015 Desenzano del Garda (BS)
Cell: 347 9428449 - 349 2936733
mail: info@crestanasrls.com
web: www.crestanasrls.com
P.IVA e C.F. 03632850982

Località: Località Brognoli - Desenzano d/G (BS)

DATA

20/10/2021

Committente: Parolini S.p.A.

SCAVO

T2

Tecnico: Dott. Geol. N. Crestana

QUOTA INIZIO

p.c.

Escavatore: Terna JCB 3CX

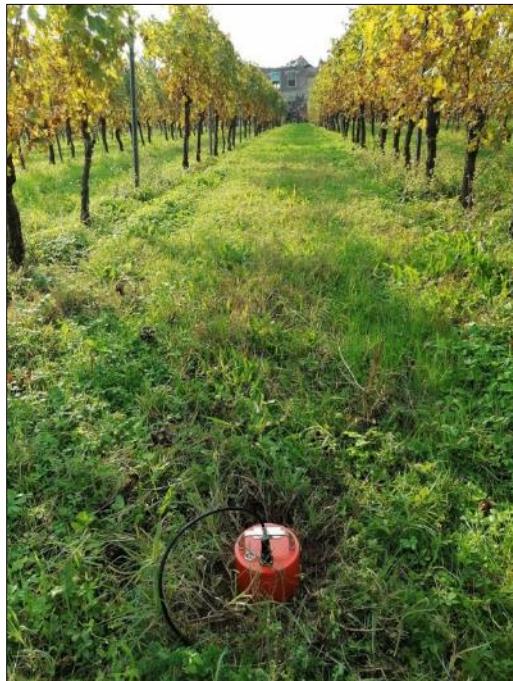
Profondità m da p.c.	Stratigrafia	Campioni profondità da p.c.	DESCRIZIONE LITOLOGICA	VOC	Profondità m da p.c.	Prova di permeabilità a carico variabile
----------------------	--------------	-----------------------------	------------------------	-----	----------------------	--

0,00			Limo sabbioso debolmente argilloso, asciutto, di colore marrone chiaro.			
2,00			Descrizione eseguita utilizzando il criterio granulometrico per le terre (AGI 1977), secondo cui il terreno viene denominato gerarchicamente con il nome della frazione con percentuale maggiore. Successivamente, la frazione gerarchicamente inferiore viene preceduta dal termine " con " se la percentuale è compresa tra il 25% e il 50%, dal suffisso " ...oso " se la percentuale è compresa tra il 10% e il 25%, oppure dal suffisso " debolmente ...oso " se la percentuale è compresa tra il 5% e il 10%.			K=1,27*10 ⁻⁵ m/s

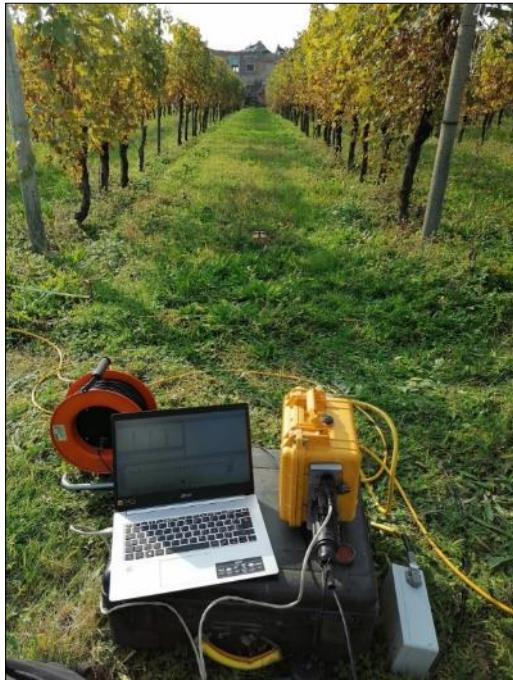
ALLEGATO FOTOGRAFICO



Stendimento sismico M.A.S.W.



*Misura del microtremore sismico
mediante tecnica H.V.S.R.*



*Acquisizione del segnale sismico
mediante Sismografo Geometrics
Mod. Geode 3-1000*



*Shot sismico orizzontale per la
generazione delle onde di Love*



Prova penetrometrica CPT-P1



Prova penetrometrica CPT-P2



Prova penetrometrica CPT-P3



Prova penetrometrica CPT-P4



Prova penetrometrica CPT-P5



Prova penetrometrica CPT-P6



*Scavo esplorativo T1
postazione*



Scavo esplorativo T1



*Scavo esplorativo T2
postazione*



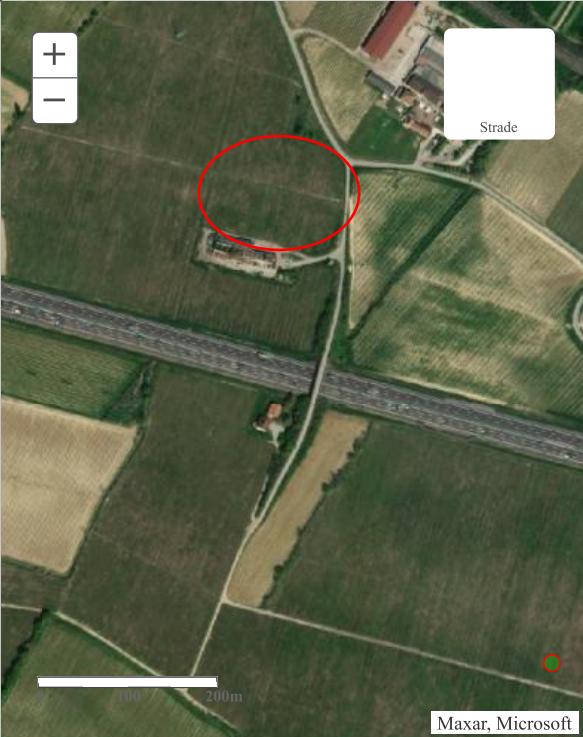
Scavo esplorativo T2

Pozzo 1



Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale

Archivio nazionale delle indagini nel sottosuolo (Legge 464/1984)

Dati generali	Ubicazione indicativa dell'area d'indagine
<p>Codice: 19577 Regione: LOMBARDIA Provincia: BRESCIA Comune: DESENZANO DEL GARDA Tipologia: PERFORAZIONE Opera: POZZO PER ACQUA Profondità (m): 110,00 Quota pc slm (m): 85,00 Anno realizzazione: 1998 Numero diametri: 1 Presenza acqua: SI Portata massima (l/s): 50,000 Portata esercizio (l/s): 50,000 Numero falde: 1 Numero filtri: 1 Numero piezometrie: 1 Stratigrafia: SI Certificazione(*): SI Numero strati: 5 Longitudine WGS84 (dd): 10,587258 Latitudine WGS84 (dd): 45,434367 Longitudine WGS84 (dms): 10° 35' 14.14" E Latitudine WGS84 (dms): 45° 26' 03.72" N</p> <p>(*)Indica la presenza di un professionista nella compilazione della stratigrafia</p>	 <p>Maxar, Microsoft</p>

DIAMETRI PERFORAZIONE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	0,00	110,00	110,00	450

FALDE ACQUIFERE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)
1	55,00	110,00	55,00

POSIZIONE FILTRI

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	80,00	110,00	30,00	323

MISURE PIEZOMETRICHE

Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (l/s)
set/1998	25,00	41,00	16,00	50,000

STRATIGRAFIA

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica
1	0,00	19,00	19,00	PLEISTOCENE	ARGILLA
2	19,00	42,00	23,00	PLEISTOCENE	PREVALENTE ARGILLA CON LIMO E SABBIA FINA
3	42,00	55,00	13,00	PLEISTOCENE	ARGILLA CON TROVANTI
4	55,00	75,00	20,00	PLEISTOCENE	GHIAIA IN MATRICE LIMOSO SABBIOSA
5	75,00	110,00	35,00	PLEISTOCENE	CONGLOMERATO

