



GARDA UNO S.p.a.

Via Italo Barbieri, 20
25080 PADENGHE SUL GARDA (BS)
Tel. 030-9995401
Fax 030-9995420
e-mail: gardauno@gardauno.it
Cod. Fisc. 87007530170
P. IVA 00726790983

SERVER SRL Società di Servizi
del Comune di Verolanuova P.zza Liberta', 39
25028 Verolanuova (BS) c.f. e p.iva 02315390985

PROGETTO ESECUTIVO

**NUOVO SISTEMA DEPURATIVO E FOGNARIO
DEL COMUNE DI VEROLANUOVA
LOTTO 1**

RELAZIONE GEOLOGICA GEOTECNICA

Allegato C

Giugno 2017

Aggiornamento

Progetto VER 543-13

PROGETTISTI

Dott. Ing. Mario Giacomelli

**COLLABORATORI PRO-
GETTAZIONE IDRAULICA**
Dott. Ing. Angelo Agostini

**UFFICIO TECNICO PIANIFICAZIONE E SVILUPPO
IL RESPONSABILE**

Dott. Geol. Gianfranco Sinatra

PROGETTAZIONE ELETTROMECCANICA
Studio D.R.P. Engineering
Dott. Ing. Luca Bertini

PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA
Dott. Arch. Rosario Gangemi

PROGETTAZIONE ELETTRICA
STUDIO PROTECNO s.r.l.
P.l. Massimo Fasani

PROGETTAZIONE STRUTTURALE
Dott. Ing. Agostino Librandi

PROGETTAZIONE ELETTROMECCANICA
Dott. Ing. Fausta Prandini

Le firme in formato digitale sono state apposte sull'originale elettronico del presente atto ai sensi dell' art. 24 del D. Lgs 07/03/2005 n. 82 e smi. L' originale elettronico del presente atto è conservato negli archivi informatici della Società Garda Uno SpA ai sensi dell' art. 22 del medesimo decreto

**STUDIO DI
GEOLOGIA
TECNICA ED
AMBIENTALE**

**ROSANNA
LENTINI**

Comune di **VEROLANUOVA**

Provincia di **BRESCIA**

NUOVO SISTEMA DEPURATIVO E FOGNARIO DEL COMUNE DI VEROLANUOVA

RELAZIONE GEOLOGICA AI SENSI DEL D.M. 14/01/2008

- MODELLO GEOLOGICO
- MODELLO GEOTECNICO
- MODELLO GEOFISICO-SISMICO
- ELEMENTI PER LE VERIFICHE DELLA SICUREZZA E DELLE PRESTAZIONI

Committente: GARDA UNO SPA

Padenghe sul Garda, Novembre 2015

Il Tecnico

Dott. Geol. Rosanna Lentini



Sede operativa: Via Verdi , 9 – 25080 Padenghe sul Garda (BS)
Tel/Fax 030 9914222 - cell. 3396012311

E-mail: info@lentinirosannageologia.it
Sito Web: www.lentinirosannageologia.it



INDICE

1. PREMESSA – Riferimenti Progettuali e Normativi	2
2. CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO	4
2.1. Inquadramento Geologico e Strutturale.....	4
2.2. Successione stratigrafica.....	5
2.3. Inquadramento Geomorfologico – Idrografia.....	6
2.4. Inquadramento Idrogeologico.....	6
3. SISMICITA'	10
3.1. Sismicità storica.....	15
3.2. Normative Sismiche – Valori di ag.....	25
4. CAMPAGNA DI INDAGINE GEOGNOSTICA	28
4.1. Sondaggio a carotaggio continuo- Piezometro.....	28
4.2. Prove penetrometriche dinamiche standard (DPHS-SCPT).....	30
4.3. Prove penetrometriche statiche (CPT).....	31
4.4. Piezometri – Condizioni di Circolazione d'Acqua.....	33
4.5. Interpretazione dati	34
4.6. Indagine Sismica.....	36
5. MODELLO GEOTECNICO- GEOFISICO	41
6. RISPOSTA SISMICA DEL SITO.....	47
6.1. Categoria di Sottosuolo e Categoria Topografica	47
6.2. Pericolosità Sismica del Sito – Parametri sismici di riferimento	49
6.3. Amplificazione Stratigrafica (Ss) e Topografica (St).....	50
6.4. Stabilità del sito nei confronti della liquefazione – Esclusione della verifica a liquefazione	51
6.4.1. Circostanze di esclusione relativi all'input sismico	51
6.4.2. Circostanze di esclusione relative a fattori geologici-geotecnici.....	53
6.4.3. Analisi di 3° Livello - Metodi di calcolo della suscettibilità alla liquefazione Metodo di Boulanger e Idriss (2004).....	54
7. INTERVENTO DI PROGETTO – PROBLEMATICHE REALIZZATIVE – PRESCRIZIONI	56
8. ELEMENTI PER LE VERIFICHE DELLA SICUREZZA E DELLE PRESTAZIONI.....	63
8.1. Parametri geotecnici di progetto.....	63
8.2. Fondazioni superficiali	65
8.2.1. Elementi per le Verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU).....	65
8.2.2. Elementi per le Verifiche alle Tensioni Ammissibili	71
8.2.3. Elementi per le Verifiche agli Stati Limite d'Esercizio (SLE) – Stima dei cedimenti.....	72
9. OPERAZIONI DI SCAVO.....	77
9.1. Modalità esecutive in condizioni di sicurezza – Interventi di drenaggio e impermeabilizzazione	77
9.2. Linee guida generali di utilizzo del materiale escavato.....	79
10. COMPATIBILITA' DELL'INTERVENTO DI PROGETTO CON LE RISULTANZE DELLO STUDIO GEOLOGICO E CON LE NORMATIVE GEOLOGICHE DI FATTIBILITA', DI VINCOLO E DI PERICOLOSITA' SISMICA	83



1. PREMESSA – Riferimenti Progettuali e Normativi

Per conto di *Garda Uno S.p.A.* è stato eseguito uno studio geologico-geotecnico presso un'area sita in a *Via Vallatelle, particella 88 del Foglio 23*, nell'ambito del "Progetto di un Nuovo sistema depurativo e fognario del Comune di Verolanuova" in territorio comunale di Verolanuova (BS).

In riferimento alla "**Componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio di Verolanuova**" (Dott. Geol. Paolo Ferrari – Aprile 2009) il sito di progetto ricade nella **Classe di Fattibilità 3**, con limitazioni d'uso consistenti, riferibili ad *aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche associate a ridotta soggiacenza della falda* (Tavv. G5.3, G4.1 e G1.1 del Documento di Piano del PGT – Aprile 2009).

Nello stesso studio non si segnala la presenza, presso l'area d'interesse, di *normative di vincolo* correlate agli elementi idrografici appartenenti al Reticolo Idrico Minore o ad altre problematiche geologiche-idrogeologiche-geomorfologiche (Tav. G3.1 - *Carta dei Vincoli* – Documento di piano del PGT - Aprile 2009).

Scopo principale dello studio è definire la **natura litologica** e le **caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione** presenti nell'area al fine di pervenire ad un **modello geologico-geotecnico e geofisico del sito di progetto** (¶6.2.1 e ¶6.2.2 del D.M. 14/01/08) da assumere alla base della progettazione.

In fase di progettazione dovranno essere valutate le problematiche riconosciute allo scopo di predisporre i criteri e le tipologie realizzative/costruttive più adatte.

E' stato dapprima eseguito il **rilievo geolitologico e geomorfologico** dell'area in oggetto e di quelle ad essa limitrofe.

Per la caratterizzazione geotecnica dei terreni è stata predisposta un'indagine geognostica condotta mediante **n. 1 sondaggio a carotaggio continuo**, con esecuzione di prove SPT in foro e posa di piezometro da 2", e **n. 3 prove penetrometriche dinamiche continue standard (S.C.P.T.)** e **n° 5 prove penetrometriche statiche (C.P.T.)**, con posa in opera di piezometro da ½".

Per la definizione del modello geofisico dell'area di progetto e per la valutazione delle velocità V_{S30} di sito sono stati acquisiti dati geofisici mediante uno **stendimento di sismica multicanale con acquisizione delle onde superficiali**, anche a bassa frequenza, ed elaborazione dati con metodologia tipo MASW, eseguito entro l'area di progetto.

Altri dati relativi alla natura litologica ed alle caratteristiche geotecniche e geofisiche dei terreni della zona derivano da studi geologici corredati da indagini geognostiche redatti dalla scrivente, in aree limitrofe (territorio comunale di Manerbio, Leno e Bagnolo Mella).

Con Ordinanza P.C.M. n. 3519 del 27/04/2006 il Comune di Verolanuova (BS) è stato classificato in zona sismica 3 ed in particolare nelle sottozone con valori di a_g compresi tra 0.125 e 0.150 g e tra 0.100 e 0.125 g (accelerazione massima al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni).

Già l'Ordinanza P.C.M. 3274/2003 includeva il territorio comunale in zona sismica 3, classificazione attualmente vigente solo a livello regionale ed ai fini amministrativi e di pianificazione territoriale; la Regione Lombardia con D.G.R. n. X/2129 del 11/07/14 ha di recente approvato un



“*Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (L.R. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d)*” che recepisce definitivamente la classificazione dell’OPCM 3519/2006 e che, sulla base della successiva D.G.R. 8 ottobre 2015 - n. X/4144, entrerà in vigore il 10 aprile 2016.

Dal punto di vista della Pericolosità Sismica Locale l’area è stata classificata nello Studio della Componente Geologica del PGT vigente (*Carta della Pericolosità Sismica Locale – Tav. G.2.1 del Documento di Piano del PGT - Dott. Geol. P. Ferrari – Aprile 2009*), entro lo **scenario di pericolosità sismica PSL Z2** definito “*Zona con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporto poco addensato, terreni granulari fini con falda superficiale)*” e quindi potenziali effetti sismici locali correlati a cedimenti o liquefazioni (*Carta della fattibilità Geologica – Tav. G.5.3 del Documento di Piano del PGT - Dott. Geol. P. Ferrari – Aprile 2009*).

Lo studio è stato condotto in prospettiva sismica, secondo le linee contenute nei riferimenti legislativi vigenti (OPCM 3274/03 - OPCM 3519/06 e D.M. 14/01/08); le indagini sono state eseguite secondo le prescrizioni e gli oneri contenuti nelle raccomandazioni A.G.I. (1977).

Si specifica che in adempimento alla normativa vigente (D.M. 14/01/08) la presente relazione geologica può essere utilizzata solo per i siti indicati ed in riferimento agli interventi come definiti nelle tavole cartografiche e nei paragrafi illustrativi. Si diffida qualsiasi differente utilizzo, che sarà perseguibile a norma di legge.

Si allegano:

- Tav. 1 Corografia (scala 1:10.000)
- Tav. 2 Carta Geologica con elementi del reticolo idrico (scala 1:5.000)
- Tav. 3 Planimetria con ubicazione dei punti d’indagine ed individuazione degli ambiti geotecnici omogenei (scala 1:500)
- Tav. 4 Sezioni Geologico-Geotecniche Interpretative (scala 1: 250)
- Stratigrafia sondaggio S1 ed allegato fotografico
- Diagrammi prove penetrometriche e prove statiche ed allegato fotografico
- Schede di stima del rischio liquefazione



2. CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO

L'area d'intervento è ubicata in *Via Vallatelle* al margine sud-orientale del territorio comunale di Verolanuova, in un contesto agricolo ad una quota di circa 59-61 m s.l.m..

Nella presente relazione viene fornito, sulla base di tutti i dati raccolti un inquadramento geologico generale e vengono descritte le unità litologiche, presenti nell'area di progetto ed in un intorno significativo.

Lo studio delle caratteristiche geomorfologiche ed idrografiche del territorio d'interesse e delle caratteristiche geotecniche dei terreni, si è articolato mediante una prima fase di acquisizione dei dati reperibili in letteratura ed, in aggiunta, di quelli relativi a studi geologici ed indagini geognostiche eseguiti dalla scrivente nei territori di Verolanuova e nei contermini comuni di Manerbio, Leno e Bagnolo Mella.

Quindi si è proceduto alla fase di analisi mediante i rilievi geomorfologici di campagna estesi per un intorno significativo rispetto all'area di progetto.

2.1. Inquadramento Geologico e Strutturale

Il sito di progetto ricade nell'ambito della **Bassa Pianura Padana Bresciana**. Il limite tra l'Alta e la Bassa Pianura Padana viene definito dalla fascia delle risorgive o fontanili. Si tratta di un'ampia fascia con andamento circa E-W, ubicata più a nord del territorio comunale di Verolanuova.

L'evoluzione geologica della parte di pianura qui in esame è collegata inizialmente allo sviluppo delle avansosse alpina ed appenninica, un grande bacino che durante il Pliocene e parte del Pleistocene risulta corrispondere ad un golfo occupato da acque marine e caratterizzato da successive ingressioni e regressioni del mare.

Nel corso del Pleistocene medio-superiore il bacino appare in gran parte colmato e divengono attivi i processi geomorfologici legati in particolare al reticolo idrografico.

Nel Quaternario la storia geologica risulta caratterizzata da ripetuti fenomeni di espansione e successivo ritiro dei ghiacciai. Gli apparati morenici, individuati durante le diverse fasi glaciali, hanno diffusamente interessato più a N le aree di catena, con particolare riguardo allo sbocco delle principali vallate alpine verso la pianura dove si sono depositati sedimenti glaciali e fluvioglaciali. Allo scioglimento delle masse glaciali nei periodi interglaciali, sono da correlare le potenti sequenze fluvioglaciali, riprese successivamente dai corsi d'acqua olocenici, cui può essere riferito il livello fondamentale della pianura padana attuale.

Nel Quaternario recente i fiumi hanno quindi ripetutamente cambiato percorso a valle del loro sbocco vallivo, si sono così formati sistemi sedimentari piuttosto estesi che, in pianta, presentano una morfologia a ventaglio, mentre in tre dimensioni possiedono una forma simile ad un cono appiattito (conoidi alluvionali).

Dal Pliocene ad oggi si è quindi verificato un importante fenomeno di sedimentazione in presenza di una elevata subsidenza. In particolare lo spessore complessivo dei depositi quaternari può raggiungere valori notevoli, fino a circa 500 ÷ 1.000 m nell'area delle colline moreniche e nell'Alta Pianura.



La tettonica compressiva più recente (vedi capitoli relativi alla sismicità) ha prodotto a scala regionale strutture compressive con possibile presenza di thrust sepolti al di sotto della Pianura Padana; nella porzione più meridionale del territorio comunale sono segnalate blande strutture plicative con assi sepolti ed andamento circa NO-SE.

2.2. Successione stratigrafica

I limiti geologico-morfologici della zona di pertinenza del presente studio possono essere fissati tra i bordi prealpini e la Media Pianura Bresciana. Da Nord a Sud si assiste ad una successione di unità esclusivamente di ambiente continentale di granulometria decrescente, e costituite da depositi morenici glaciali, depositi fluvioglaciali, fluviali e da alluvioni di età compresa fra il Pleistocene e l'Olocene.

La maggior parte del territorio della pianura bresciana è caratterizzato da una successione di materiali **alluvionali/fluvioglaciali di età Pleistocenica**, appartenenti al **Livello Fondamentale della Pianura**, ben gradati da monte a valle che presentano una lieve pendenza (monoclinale). La graduale perdita di carico delle acque favorisce una classazione granulometrica dei depositi. E' comunque chiaramente riscontrabile una certa eterogeneità granulometrica areale legata ai molteplici meccanismi di deposizione, per cui in superficie sono riscontrabili litofacies talora estremamente variabili.

Nell'area di Verolanuova, d'interesse progettuale, affiorano i **depositi fluvioglaciali/alluvionali** del Pleistocene Sup./Olocene costituiti da una sequenza di depositi prevalentemente costituiti da **sabbie e limi deposti in destra idrografica del F. Mella ed in sinistra idrografica del Fiume Oglio**. Gli interventi antropici possono localmente comportare la presenza di coltri per lo più limitate di **materiali di riporto**.

Successione Stratigrafica Locale:

L'**area di progetto** si colloca in sinistra idrografica del *F. Strone*, in un contesto sub-pianeggiante caratterizzato prevalentemente da **depositi fluvioglaciali/alluvionali sabbiosi alternati a sabbie e limi**; localmente possono essere presenti **terreno rimaneggiato (r)** correlabili agli interventi antropici prevalentemente collegati alle attività agricole.



2.3. Inquadramento Geomorfologico – Idrografia

La pianura è stata modellata, in epoca tardoglaciale, dall'azione degli scaricatori fluvioglaciali alimentati dallo scioglimento dei ghiacciai e quindi successivamente dai corsi d'acqua olocenici.

Le originarie condizioni topografiche sono state in parte modificate da interventi di accumulo/sbancamento dei terreni mediante i quali il piano campagna è stato localmente modificato. Peraltro l'elemento antropico condiziona fortemente il paesaggio dell'intera Bassa Pianura Bresciana in modo particolare presso i centri abitati.

L'assetto morfologico del territorio risulta piuttosto monotono e regolare, sebbene l'andamento pianeggiante sia localmente interrotto da deboli depressioni prevalentemente orientate in direzione N-S e NNW-SSE, attribuibili alle direzioni di deflusso delle acque superficiali.

L'**assetto geomorfologico** dell'area di intervento è anch'esso pianeggiante seppure delimitato lungo i lati NW, SSE e NE da scarpate morfologiche (Lato SW SSE) e/o antropiche (Lato ENE).

Le scarpate morfologiche, talora modificate antropicamente, che lambiscono l'area d'intervento possiedono altezza massima fino a circa 6-7 m e mostrano elevate inclinazioni soprattutto lungo il bordo di NE e SSE.

La **rete idrografica** nella zona prossima al sito in oggetto afferisce al bacino del *Fiume Strone*, affluente in sinistra idrografica del *Fiume Oglio*. Non sono segnalate, per le aree di interesse, problematiche di tipo idraulico correlate a questo corso d'acqua.

L'**idrografia** della zona è comunque ascrivibile essenzialmente a canali irrigui, rogge, fossati, ripartitori, colatori campestri. Si tratta di una maglia idrografica sovente contraddistinta da un intreccio a graticciata che segue in generale l'andamento e la forma dei campi, parzialmente obliterata dalla progressiva urbanizzazione.

Il deflusso idrico superficiale nell'area d'indagine ed in quelle limitrofe avviene in ogni caso essenzialmente per spaglio superficiale e secondo alcuni solchi e fossi di scolo presenti presso i campi ed in fregio all'attuale strada sterrata di accesso; il deflusso segue l'inclinazione del piano topografico.

L'area risulta stabile e non è interessata da fenomeni geomorfici in atto; si segnala tuttavia che la scarpata lungo *Via Vallatelle* risulta possedere elevata acclività e localmente è interessata da diffusi fenomeni di erosione superficiale.

2.4. Inquadramento Idrogeologico

Dal punto di vista idrogeologico, la successione stratigrafica dei depositi della pianura padana è definita (in base alla nomenclatura introdotta in "Geologia degli Acquiferi Padani della Regione Lombardia" – Regione Lombardia Gennaio 2002), partendo dal basso, dall'**Unità Villafranchiana** (Pleistocene Inferiore), caratterizzata da **depositi di fascies marina e continentale prevalentemente a granulometria fine** (argille, limi, limi sabbiosi e argillosi grigio-azzurri) **cui si intercalano rari intervalli sabbiosi-ghiaiosi**. Entro questa unità circolano le cosiddette "falde profonde continentali", che costituiscono gli acquiferi profondi, confinati e ad elevato grado di protezione naturale rispetto alla superficie (Unità idrostratigrafiche C e D – III acquifero).



L'intervallo argilloso del Villafranchiano rappresenta quindi il substrato impermeabile rispetto agli acquiferi sovrastanti appartenenti al cosiddetto "acquifero tradizionale", che consta di una falda superficiale per lo più non confinata (unità idrostratigrafica A – I acquifero) e una seconda falda generalmente semiconfinata (unità idrostratigrafica B – II acquifero), costituenti talora un'unica falda.

L' "acquifero tradizionale" circola quindi entro la **sequenza conglomeratica** riferibile al Pleistocene Medio ("Ceppo"), costituita da conglomerati compatti e/o fessurati permeabili per fratturazione (coefficiente di permeabilità $k = 10^{-2}-10^{-3}$ cm/sec), con intercalazioni di ghiaie, sabbie e più raramente limi e argille. La sovrastante **sequenza ghiaioso-sabbiosa** del Pleistocene Superiore-Olocene, che rappresenta per lo più il non saturo, è costituita da ghiaie e sabbie con ciottoli e grossi trovanti con permeabilità elevata ($k = 10^{-1}-10^{-2}$ cm/sec).

Unità idrogeologiche locali – Permeabilità dei terreni

Le unità litologiche, riconosciute sul territorio, corrispondono a varie unità idrogeologiche che sono di seguito descritte. I valori di permeabilità dei terreni sono stati stimati, oltreché da dati di letteratura, in base a studi eseguiti dalla scrivente, in terreni omologhi corredati da indagini in situ (prove di permeabilità in foro di sondaggio o in pozzetto superficiale).

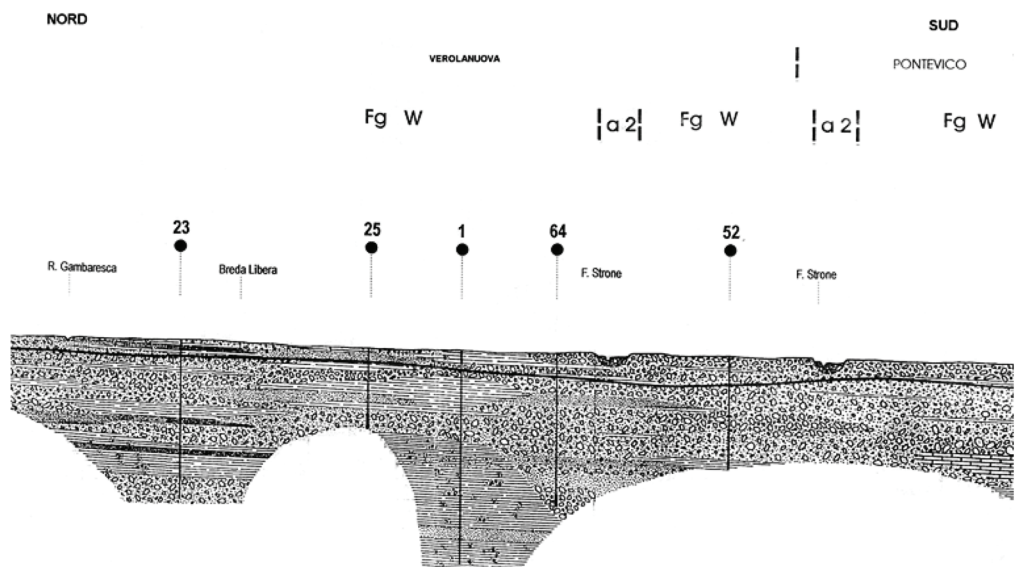
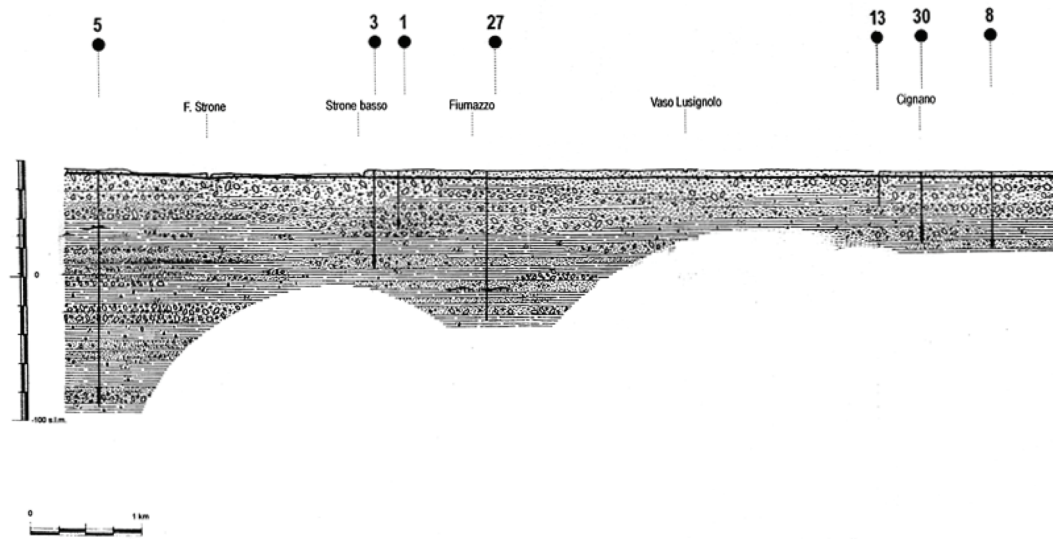
In linea generale nel territorio di Verolanuova è possibile riconoscere, dall'alto verso il basso, una prima unità costituita da depositi sabbiosi con intercalazioni ghiaioso-limoso-argillose, presente fino a circa -20 m dal p.c., ed ospitante il **primo acquifero freatico**; la soggiacenza della prima falda è generalmente sempre superiore a 3,00/3,50 m anche per la presenza dell'alveo piuttosto inciso del *Fiume Strone* che esercita un'azione drenante sulla falda freatica. Il livello di questo acquifero è molto sensibile sia alle condizioni naturali climatiche (precipitazioni) sia all'intervento antropico (stagione irrigua) che contribuiscono a definire la soggiacenza della falda).

Più in profondità si individua il **secondo acquifero multistrato, di tipo confinato**, caratterizzato per lo più da una sensibile diminuzione della granulometria; sono perciò presenti livelli sabbiosi, più raramente sabbioso-ghiaiosi, caratterizzati da permeabilità per porosità buona, intercalati a livelli limoso-argillosi a permeabilità bassa che assumono spessori anche notevoli. Tale unità si spinge **fino a circa -100 m dal p.c.**; questo acquifero è interessato dalla maggior parte dei prelievi riferiti a pozzi privati.

La base di questa unità è costituita da livelli argillosi e torbosi azzurrognoli con alternanza di livelli sabbioso-ghiaiosi, riferibili a depositi Villafranchiani, entro cui circolano gli **acquiferi profondi** nei quali si approvvigionano i pozzi comunali.



Estratto da: "Aggiornamento dello Studio geologico ai sensi della D.G.R. 1566/06 – Relazione Illustrativa– Aprile 2009 - Componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio di Verolanuova)



La presenza di orizzonti a minore permeabilità costituiti da livelli a granulometria fine, determina un deflusso preferenziale dell'acqua nei litotipi più permeabili e di conseguenza una circolazione idrica sviluppata preferenzialmente in livelli sovrapposti.

Il modello idrogeologico di riferimento per questo settore di pianura è quindi quello di un **acquifero di tipo multistrato con orizzonti acquiferi separati seppure in connessione idrogeologica ed in equilibrio.**

L'alimentazione della falde deriva essenzialmente dall'infiltrazione diretta delle acque meteoriche nelle estese zone di ricarica dell'Alta Pianura Padana e da dispersioni di subalveo da parte della rete idrica superficiale, compresa la rete artificiale irrigua.

Presso l'area di progetto la profondità della falda freatica, sulla base di quanto riportato nella cartografia, si dovrebbe attestare intorno a -12,00 m di profondità dal p.c. (*Tav. G 1.1 del Documento di Piano del PGT – Carta della Soggiacenza – Aprile 2009*), seppure l'inclusione nella zona di pericolosità sismica Z2 faccia supporre l'attribuzione di soggiacenza minore di 8 m (*Tav. G 2.1 del Documento di Piano del PGT – Carta della pericolosità sismica locale – Aprile 2009*).

Da informazioni raccolte sul posto, è stato appurato che alla base della scarpata che delimita il lato NE del sito di progetto, al bordo della carreggiata stradale, in concomitanza di periodi di piovosità elevata si riscontrano fenomeni di "affioramento" della falda freatica. Sono state all'uopo create delle canaline di scolo per favorire l'allontanamento delle stesse prima di raggiungere la sede stradale.

Idrogeologia locale:

Presso l'area di progetto, a scarsa profondità dal p.c. (6-12 m) si può ipotizzare la presenza della falda freatica superficiale circolante entro i depositi fluvioglaciali/alluvionali, per lo più a media-elevata permeabilità.



3. SISMICITA'

In questo settore, che ricade nell'area della pianura padana e lungo il bordo sudalpino centrale, i lineamenti tettonici sono riconducibili a diversi sistemi regionali che generano complessi campi tensionali.

Nel settore settentrionale della pianura è presente il sistema di sovrascorrimenti S-vergenti che costituiscono la continuazione in pianura delle Prealpi Lombarde. Nella fascia meridionale si ha invece un pronunciato sistema di embricazione N-vergente che costituisce l'avanfossa essenzialmente pliocenica dell'Appennino settentrionale.

I due sistemi entrano in collisione nella parte mediana della pianura; il fronte settentrionale è inquadrabile all'interno dei sistemi di deformazione del Miocene medio-superiore, quello meridionale è essenzialmente pliocenico. A partire dalla fine del Pleistocene inf. entrambi i margini del Bacino Padano sono in sollevamento in seguito alla formazione di un bacino flessurale più simmetrico.

Il margine meridionale del bacino padano, a ridosso del fronte appenninico risente di tali movimenti in modo maggiormente consistente rispetto al margine settentrionale.

Per quanto concerne l'evoluzione tettonica della pianura meridionale a partire dal Pliocene inferiore fino a tutto il Pleistocene si evidenzia una lenta subsidenza generalizzata non compensata dalla sedimentazione (Baraldi et alii, 1980). Nell'intervallo successivo (fino a 18.000 anni fa) si assiste ad un progressivo riempimento del bacino ed il motivo tettonico predominante continua ad essere l'abbassamento generalizzato di tutta l'area; tale movimento è stato dedotto dagli Autori in relazione al notevole spessore dei sedimenti continentali.

Pertanto attraverso alcuni milioni di anni il progressivo moto di avvicinamento della Placca Africana e della Placca Europea ha determinato prima **la nascita delle Alpi e degli Appennini** e poi ne ha sollevato le porzioni assiali creando il paesaggio montuoso che oggi conosciamo, secondo un meccanismo ancora attivo alla velocità di 1-3 metri per millennio. **L'avvicinamento di Alpi e Appennini secondo una direttrice circa N-S, e quindi il raccorciamento della Pianura Padana, è tuttora in atto**, come mostrano i dati geodetici satellitari. **In profondità questo raccorciamento si trasforma in uno sforzo di caricamento di faglie di tipo compressivo localizzate sia al piede delle Alpi Meridionali, sia al piede dell'Appennino Settentrionale.**

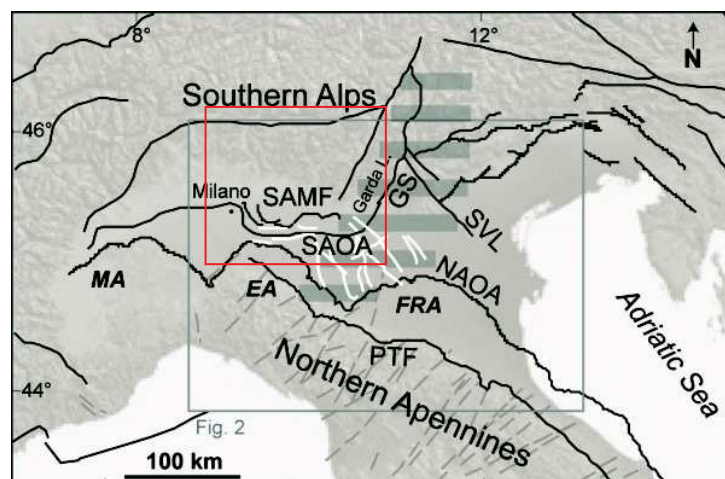


Figura 1 bis (tratta da *The Seismotectonics of the Po Plain (Northern Italy): Tectonic Diversity in a Blind Faulting Domain*- Paola Vannoli, Pierfrancesco Burrato, Gianluca Valensise): Mappa strutturale semplificata della Pianura Padana. Linee nere: principali elementi tettonici; linee bianche: faglie ereditate; **SAMF: fronte montuoso delle Alpi Meridionali; SAOA: arco esterno delle Alpi Meridionali; GS: Sistema delle Giudicarie; SVL: Schio-Vicenza; NAOA: arco esterno dell'Appennino Settentrionale; PTF: fronte pedemontano; MA: arco del Monferrato; EA: arco Emiliano; FRA: arco Ferrarese-Romagnolo.**

Nel bresciano, dalla sponda occidentale del Garda fino ai dintorni di Brescia, le strutture di maggiore risalto morfo-strutturale sono quelle NNE-SSW del Sistema delle Giudicarie (GS), nonché le più antiche linee ad orientamento dinarico (NW-SE) e valsuganese/valtriumplino (circa E-W - SAOA), talora riattivate. Le strutture distensive più recenti sembrano essere attribuibili in ogni caso alle fasi di sollevamento plio-pleistocenico, con direzioni prevalenti NE-SW e NW-SE.

A livello strutturale la zona di Brescia, localizzata all'interno della cintura di deformazione dei sistemi della Valsugana e Val Trompia (circa E-W) e delle Giudicarie (NNE-SSW), si differenzia nettamente dall'area veronese, collocata all'esterno della stessa cintura sul bordo di una zona più rigida, tabulare e omoclinale.

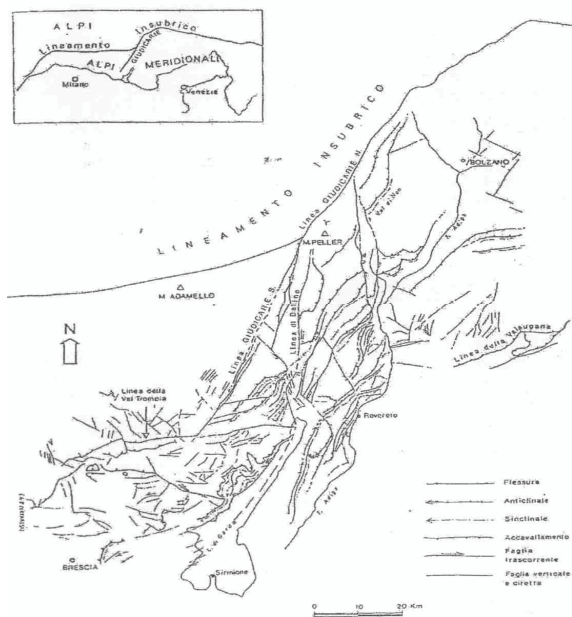


Figura 1 – “Strutture del Sistema delle Giudicarie e Val Trompia a S del Lineamento Insubrico” Schema semplificato da numerosi Autori in Castellarin (1981).

Tuttavia sebbene siano aree inserite in un contesto “strutturale” differente, l’attività sismica storica sia attorno a Verona che a Brescia documenta un legame tra i due settori, in quanto afferente ad una contesto “sismotettonico” maggiormente omogeneo.

La localizzazione dell’attività sismica nelle Prealpi si concentra infatti lungo il margine della pianura e nelle fasce immediatamente adiacenti la zona pedemontana (vedi Figura 2).

Al contrario, la zona del nucleo della catena, del massiccio dell’Adamello, la zona del Lineamento Insubrico sono totalmente prive di attività sismica significativa e ancor meno sono attivi i nuclei strutturali più interni della catena nordalpina adiacente.

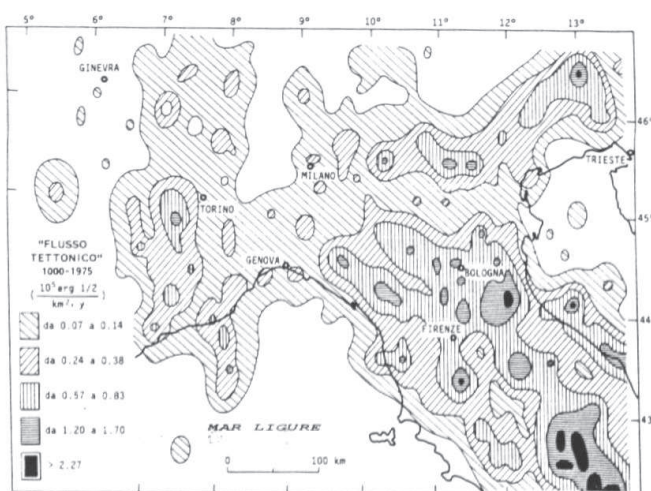


Figura 2 – “Flusso tettonico” medio (energia prodotta dai terremoti che attraversa l’unità di superficie nell’unità di tempo), valutato per gli ultimi 1000 anni nell’Italia settentrionale e in Lombardia. (Cattaneo et al., 1978).

La più importante area tettonica “sorgente” è rappresentata dall’area tirrenica e dalla zona appenninica interna, che sono state sottoposte a processi distensivi dal Miocene superiore in poi. A questa si associa lo spostamento della placca africana verso N al ritmo di circa 1 cm/anno.

L’effetto di questi due meccanismi si esprime soprattutto lungo i limiti dei grandi domini morfostrutturali, come la zona pedemontana compresa tra la Pianura Padana e le Prealpi ed anche la giunzione Alpi-Dinaridi (sistema Friulano).

Secondo alcuni autori la localizzazione comune dell’area di Verona e di Brescia, e più in generale

di questa porzione dell'area padana, rispetto al campo tensionale residuo in atto sarebbe dunque la causa principale della loro sismicità.

Più recentemente la relativamente elevata sismicità del territorio bresciano è stata interpretata come indicativa di una consistente attività neotettonica nella zona. Pur mancando uno studio che ricostruisca su vasta scala e in maniera soddisfacente i movimenti neotettonici nell'area bresciana, alcuni lavori di dettaglio ed il recente studio pubblicato su *Pure and Applied Geophysics* (03 Jul 2014 - *The Seismotectonics of the Po Plain (Northern Italy): Tectonic Diversity in a Blind Faulting Domain*- Paola Vannoli, Pierfrancesco Burrato, Gianluca Valensise) permettono di delineare un primo quadro interpretativo. In particolare la corrispondenza e la connessione tra le strutture geologiche e le zone sismicamente attive dimostrerebbero come siano ancora in atto movimenti tettonici connessi all'orogenesi alpina. Molti autori ritengono infatti che la maggior parte delle superfici tettoniche segnalate nella letteratura geologica rivestano un'elevata e significativa importanza nel quadro sismotettonico generale. Ciò è confermato dall'ubicazione degli ipocentri sismici del bresciano, posti in corrispondenza della parte più pellicolare della crosta (tra i 5 e i 15 km). Oltre ai movimenti lineari che si possono verificare lungo superfici di discontinuità preesistenti e che portano a classificare le faglie e le superfici tettoniche come attive, si sviluppano anche movimenti areali di carattere neotettonico. A tal proposito le strutture delineatesi a partire dal Pleistocene inf. possono costituire una sorgente sismogenetica, lungo le più recenti direzioni NE-SW e NW-SE o riattivando i sistemi già delineatisi nel neogene (E-W), riutilizzando le antiche superfici di sovrascorrimento e i loro frequenti svincoli trasversali.

Identificare e parametrizzare le faglie responsabili dei principali terremoti della Pianura Padana – ossia le sorgenti sismogenetiche – richiede che si prenda in dovuta considerazione la loro profondità, geometria e cinematica, sia rispetto all'assetto delle due catene montuose attualmente “in avvicinamento” (le Alpi e gli Appennini), sia rispetto all'assetto paleogeografico preesistente. L'avvicinamento delle due catene è infatti fortemente condizionato dalla presenza di un contesto geologico “ereditato”, caratterizzato da antiche piattaforme carbonatiche e depositi di bacini marini profondi separati da faglie estensionali sviluppatesi durante l'apertura della Tetide. Questa articolata paleogeografia controlla fortemente lo sviluppo, l'evoluzione e la forma dei fronti montuosi sepolti al di sotto dei depositi della pianura. La conoscenza della paleogeografia dell'area oggi occupata dalla Pianura Padana è quindi molto importante per individuare e caratterizzarne le sorgenti sismogenetiche.

I dati di letteratura attribuiscono ai sistemi distensivi descritti una valenza superficiale, non superando i 10 km di profondità. E' possibile che a livelli strutturali più profondi l'edificio della catena sia ancora influenzato da processi collisionali subduttivi. Sebbene sia ritenuta possibile la coesistenza di eventi sismici con caratteri compressivi in profondità che passino a sismi legati a distensione in superficie, non è stato tuttora elaborato un modello geodinamico che tenga conto in modo soddisfacente della coesistenza tra contrazione e distensione.



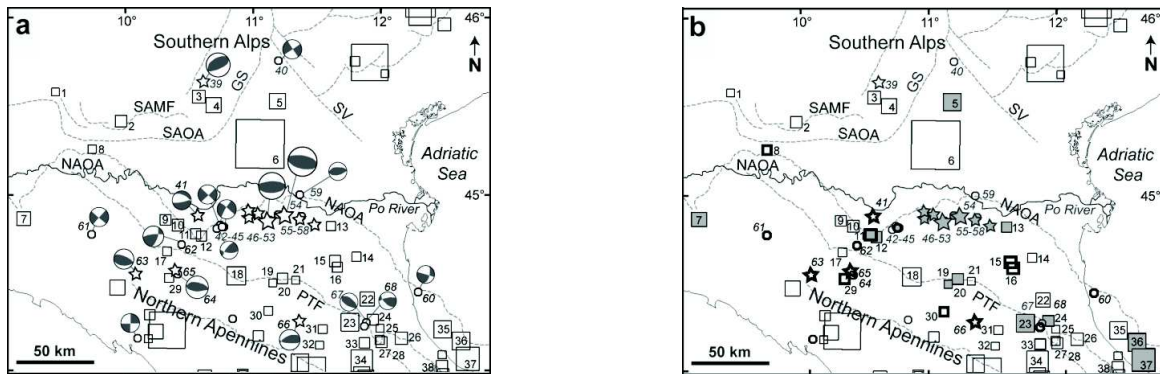
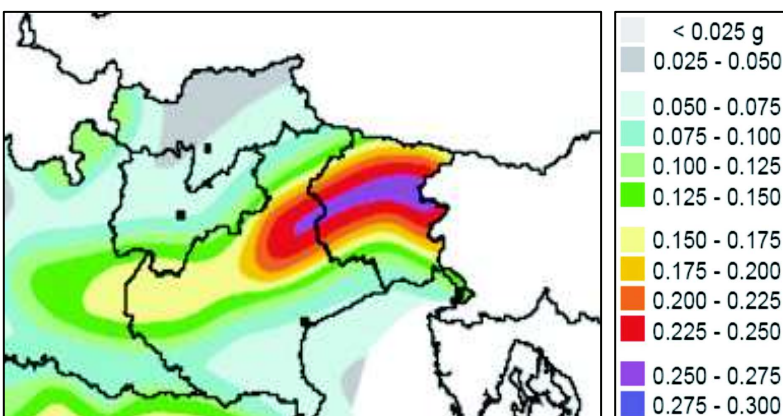


Figura 4 bis (tratta da *The Seismotectonics of the Po Plain (Northern Italy): Tectonic Diversity in a Blind Faulting Domain*- Paola Vannoli, Pierfrancesco Burrato, Gianluca Valensise): Terremoti storici e strumentali (CPTI11, Bollettino Sismico Italiano e ISIDe). I terremoti storici con $M \geq 5.3$ sono rappresentati con quadrati. I terremoti strumentali con $M \geq 5.0$ sono rappresentati con stelle; quelli con $4.5 \leq M \leq 4.9$ sono rappresentati con pallini. Tutti i terremoti sono collegati alle tabelle 1 e 2 attraverso il loro ID. a) Sismicità e meccanismi focali disponibili (Pondrelli et al., 2006; TDMT database). b) Terremoti multipli e terremoti profondi (i terremoti multipli sono rappresentati con pattern grigio; i terremoti profondi in grassetto).

Al di sotto dei sedimenti della Pianura Padana esistono quindi strutture tettoniche attive e capaci di generare terremoti, come testimonia sia la sismicità strumentale dell'area, sia il verificarsi di importanti terremoti storici (Figura 4 bis). Recentemente, i *thrust* sepolti dell'Appennino Settentrionale si sono attivati durante la sequenza dell'Emilia del 2012. Una caratteristica comune delle sequenze emiliane del 1570, 1929 e 2012 è quella di essere costituite da più terremoti potenzialmente distruttivi, anche con magnitudo simile, che si susseguono nell'arco di giorni, settimane o mesi. Ma il più forte terremoto di cui si ha notizia nell'area padana è quello che il 3 gennaio del 1117 ha duramente colpito Verona e le aree poste a sud di essa (magnitudo stimata 6.7). La precisazione "di cui si ha notizia" è doverosa perché per molti secoli la Pianura Padana è stata sede di ampie aree paludose e di fitte e impraticabili foreste con sporadici nuclei abitati; esiste quindi la possibilità che altri forti terremoti accaduti nell'area siano stati poco risentiti dall'uomo o non siano stati risentiti affatto, e quindi che non siano stati adeguatamente documentati, apparendo come terremoti minori o scomparendo del tutto dalle fonti storiche.

Si vuole infine sottolineare come la distribuzione dell'intensità sismica (Figura 2) e l'andamento delle "zone sismiche" (Figura 3 – "Mappa di Pericolosità Sismica – Ord. P.C.M. 3519/2006) e "sismogenetiche" (Fig. 4 tratta da 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 - OPCM 3274/2003 - INGV) testimoniano un legame tra l'attività sismotettonica del margine prealpino ed il settore di giunzione Alpi-Dinaridi.



L'andamento delle aree sismiche cui afferisce il territorio gardesano pur seguendo l'andamento del margine prealpino, possiede infatti massima intensità in corrispondenza del Sistema Friulano.

Figura 3 – Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (Ordinanza P.C.M. n° 3519 del 27/04/06).

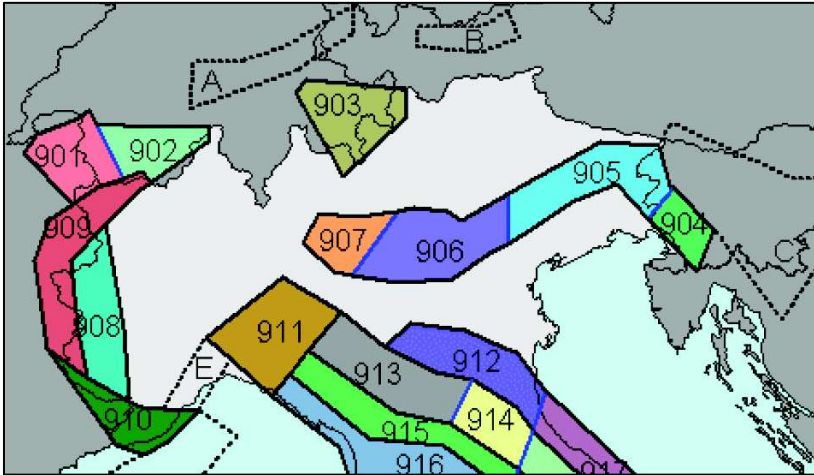


Figura 4 – Schema Zonazione Sismogenetica ZS9 tratta da “App. 2 al Rapporto Conclusivo – Marzo 2004” a cura di C. Meletti e G. Valensise (Gruppo di lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica (OPCM 3274/2003 - INGV).

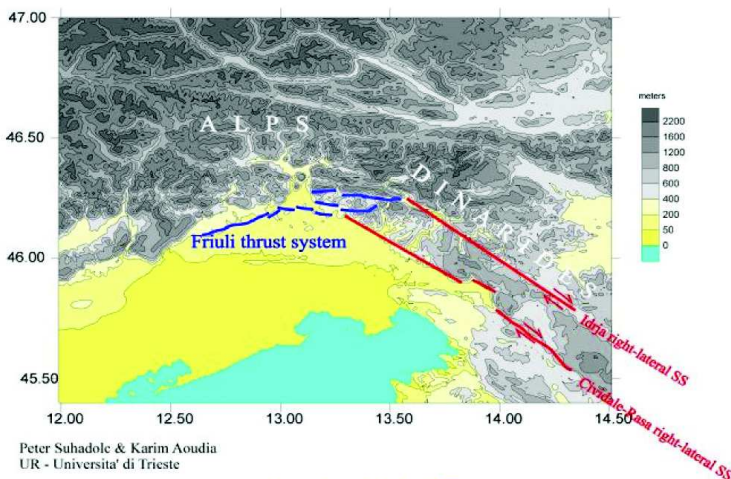
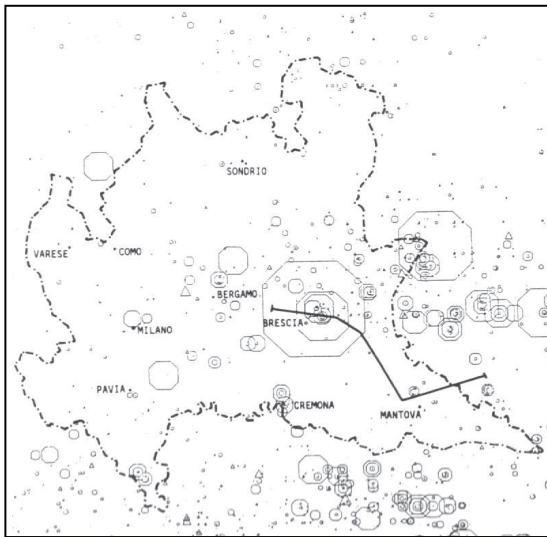


Figura 5 – Schema strutturale della giunzione Alpi-Dinaridi.

Si rileva inoltre una sostanziale continuità tra le aree sismogenetiche del Sistema Dinarico-Friulano (zone ZS9 904-905) e quelle del margine prealpino veronese-bresciano-bergamasco (Zone ZS9 906-907) (Figura 4).

Alla giunzione Alpi-Dinaridi le deformazioni quaternarie e recenti riflettono il trasferimento delle deformazioni dal sistema di faglie trascorrenti destre, ad andamento dinarico, verso i sovrascorrimenti del sistema di *thrust* friulano, S-vergente (Figura 5).

3.1. Sismicità storica



L'area bresciana è stata interessata in epoca storica a partire dall'anno 1000 da eventi sismici inseriti già nel Catalogo CNR (Figura 6) e quindi nel "Catalogo Parametrico dei terremoti italiani" a cura del Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) (Tabella 1).

Figura 6 – Terremoti segnalati in Lombardia dall'anno 1000 al 1984. La dimensione dei poligono è proporzionale alla magnitudo dei sismi. (tratto da A.A.V.V. "Guide Geologiche Regionali -Alpi e Prealpi Lombarde-11 itinerari", 1990).

Tabella 1 – Eventi sismici con Magnitudo > 4, inclusi nel "Catalogo Parametrico dei terremoti italiani" avvenuti entro il 2002 nel raggio di 100 km da Manerbio.

Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	AE	Lat	Lon	Msp	ZS9
-91	3	27	6			Modena-Reggio Emilia	44.65	10.78	5.53	913
1065	3	27	6			Brescia	45.55	10.22	4.99	907
1117	1	3	13			Veronese	45.33	11.2	6.49	906
1197						Brescia	45.55	10.22	4.8	907
1222	12	25	11			Basso bresciano	45.48	10.68	6.05	906
1276	7	28	18	30		Italia settent.	45.08	9.55	4.91	911
1303	3	22	23			PIACENZA	45.052	9.693	4.25	911
1334	12	4				Verona	45.43	11	4.25	906
1345	1	31				CASTELNUOVO	44.81	10.564	4.25	912
1346	2	22	11			Ferrara	44.92	11.02	5.75	912
1365	9	21	5	45		Verona	45.43	11	4.25	906
1383	7	24	20			PARMA	45.058	9.915	4.25	911
1396	11	26				Monza	45.58	9.27	5.27	907
1402						VERONA	45.438	10.994	4.53	906
1409	11	15	11	15		Parma	44.8	10.33	4.53	913
1438	6	11	20			Parmense	44.85	10.23	5.61	913
1445	3	21	13	30		VERONA	45.438	10.994	4.25	906
1465	4	6	21	30		VERONA	45.12	10.661	4.25	
1465	4	15	14	40		Reggio Emilia	44.7	10.63	4.8	913
1471						BRESCIA	45.544	10.214	4.25	907
1521	1	26	10	30		BRESCIANO	45.55	10.217	4.53	907
1522	10	5	8			CREMONA	45.136	10.024	4.25	
1540	9	1				BRESCIA	45.533	10.217	4.53	907
1545	6	9	15			BORG VAL DI TARO	44.498	9.844	5.21	915
1547	2	10	13	20		Reggio Emilia	44.7	10.63	5.05	913
1572	6	4	22			PARMA	44.851	10.422	4.93	913
1576	9	26	6			BERGAMO	45.667	9.667	4.53	907
1591	5	24				REGGIO EMILIA	44.697	10.631	4.53	913
1593	3	8				BERGAMO	45.694	9.67	4.8	907
1606	8	22				BERGAMO	45.694	9.67	4.8	907

Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	AE	Lat	Lon	Msp	ZS9
1608	1	6				REGGIO EMILIA	44.697	10.631	4.53	913
1628	11	4	15	15		PARMA	44.801	10.329	4.99	913
1642	6	13	22			BERGAMO	45.694	9.67	4.8	907
1661	3	12				Montecchio	45.73	10.07	4.99	907
1671	6	20				RUBIERA	44.709	10.814	5.23	912
1683	5	25				V. GIUDICARIE	46.024	10.864	4.76	
1693	7	6	9	15		GOITO	45.28	10.644	5.13	906
1732	2	27				PARMA	44.801	10.329	4.53	913
1738	11	5		30		PARMA	44.906	10.028	5.31	913
1771	8	15				SARNICO	45.667	10	4.53	907
1774	3	4				PARMA	44.801	10.329	4.53	913
1781	9	10				CARAVAGGIO	45.497	9.644	4.8	907
1783	7	28				VAL DI LEDRO	45.878	10.808	4.8	906
1786	4	7				PIACENZA	45.298	9.595	5.18	911
1799	5	29	19			CASTENEDOLO	45.403	10.271	4.84	906
1802	5	12	9	30		Valle dell'Oglio	45.42	9.85	5.54	907
1806	2	12				NOVELLARA	44.862	10.671	5.11	912
1810	5	1				MALCESINE	45.764	10.809	4.53	906
1810	12	25		45		NOVELLARA	44.898	10.712	5.15	912
1811	7	15	22	44		SASSUOLO	44.572	10.728	5.09	913
1818	12	9	18	52		LANGHIRANO	44.668	10.286	5.55	913
1826	6	24	12	15		SALO'	45.6	10.517	4.4	906
1829	9	6	19	30		CREMONA	45.136	10.024	4.8	
1831	9	11	18	15		Reggiano	44.75	10.55	5.43	912
1832	3	13	3	30		Reggiano	44.77	10.47	5.57	913
1839	8	9	8	45		BAGNOLO MELLA	45.5	10.167	4.53	907
1841	10	15	22			SANGUINETTO	45.167	11.11	4.53	
1851	8	3				GIUDICARIE	45.938	10.561	4.7	
1857	2	1				PARMENSE	44.749	10.48	5.12	913
1866	8	11	23			MONTE BALDO	45.727	10.783	4.99	906
1868	2	20	20			GARDA OR.	45.709	10.774	4.53	906
1868	5	22	21			ROVERETO	45.888	10.869	4.25	
1873	5	16	19	35		REGGIANO	44.612	10.701	4.93	913
1873	9	17				LIGURIA ORIENTALE	44.497	10.283	5.47	916
1876	4	29	10	49		Monte Baldo	45.75	10.78	4.74	906
1877	10	1	7	27		MALCESINE	45.764	10.809	4.8	906
1879	2	14				GARGNANO	45.607	10.536	4.25	906
1882	2	27	6	30		ROVETTA	45.878	9.926	4.7	907
1882	9	18	19	25		Monte Baldo	45.72	10.77	4.99	906
1884	9	12				PONTOGLIO	45.57	9.856	4.53	907
1885	2	26	20	48		SCANDIANO	45.208	10.169	5.06	
1886	10	15	2	20		COLLECCHIO	44.75	10.306	4.53	913
1887	5	20	4	12		OGGIONO	45.833	9.4	4.25	
1891	6	7	1	6	14	Valle d'Ilasi	45.57	11.17	5.61	906
1891	6	15				PESCHIERA	45.43	10.767	4.53	906
1891	12	22				SONDRIO	46.139	9.829	4.25	903
1892	1	5				GARDA OCC.	45.591	10.482	4.7	906
1892	8	9	7	58		TREGNAGO	45.567	11.167	4.99	906
1894	2	9	12	48	5	TREGNAGO	45.567	11.15	4.99	906
1894	11	27				FRANCIACORTA	45.568	10.192	4.69	907
1895	10	12	1	45		M.ALTISSIMO NAGO	45.767	10.833	4.53	906
1897	1	27	1	35		RECOARO	45.748	11.202	4.25	906

Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	AE	Lat	Lon	Msp	ZS9
1898	3	4				CALESTANO	44.503	10.314	4.85	913
1898	11	16				SALO'	45.636	10.458	4.25	906
1901	1	20	6	30		POGGIO RUSCO	45	11.1	4.53	
1901	10	30	14	49	58	Salo'	45.58	10.5	5.55	906
1907	3	15	7	50		BOVOLONE	45.623	11.207	4.77	906
1908	3	18	2	51	52	CRESPADORO	44.5	10.5	4.53	913
1909	1	23	1	50		CARPINETI	44.9	9.633	4.25	911
1910	11	25	20	55		PONTE DELL'OLIO	44.597	10.279	4.55	913
1913	10	10	23	10		VAL DI TARO	44.732	10.469	4.78	913
1915	1	13	12			REGGIO EMILIA	45.333	9.5	4.56	911
1918	4	24	14	21		LODI	45.778	9.631	4.86	907
1918	7	19	19	3		LECCESE	45.326	10.438	4.17	906
1919	11	23	1	50		BRESCIANO	45.656	10.245	4.46	907
1923	6	28	15	12		FORMIGINE	44.595	10.799	5.05	913
1928	6	13	8			CARPI	44.797	10.872	4.54	912
1930	9	24	19	10	55	SCANDIANO	44.6	10.6	4.53	913
1931	4	14	22	13		GIUDICARIE	45.973	10.665	4.6	
1932	2	19	12	57	11	Monte Baldo	45.63	10.73	4.77	906
1934	3	23	1	46	50	PISOGNE	45.8	10.1	4.25	907
1936	6	22	3	44	55	CASTELNUOVO	45.5	10.767	4.53	906
1937	9	17	12	19	5	PARMA OVEST	44.8	10.3	4.15	913
1940	1	24	23	32	16	CORNIGLIO	44.467	10.1	4.67	915
1940	5	1	9	36	5	NOCETO	44.8	10.183	4.61	913
1942	6	20	14	42		ARCO	45.916	10.882	4.09	906
1945	6	29	15	37	13	Valle dello Staffora	44.83	9.13	4.97	911
1945	12	15	5	27		VARZI	44.831	9.117	4.46	911
1946	2	18	23			PIONE	44.6	9.6	4.53	915
1947	12	25	20	42	34	GARDONE TROMPIA	45.7	10.2	4.46	907
1948	7	17	19	34	3	BAZENA	45.9	10.4	4.69	907
1950	5	6	3	43		REGGIANO	44.731	10.67	4.01	912
1951	5	15	22	54		LODIGIANO	45.254	9.55	5.09	911
1960	2	19	2	30		GIUDICARIE	45.806	10.625	4.53	906
1961	11	23	1	12	5	CAPRINO BERGAMASCO	45.717	9.567	4.53	907
1967	4	3	16	36	18	CORREGGIO	44.8	10.75	4.36	912
1967	5	15	10	3	34	S.POLO	44.6	10.4	4.53	913
1970	4	19	18	16	32	GAVARDO	45.65	10.45	4.16	906
1970	5	3	4	17	41	S.POLO	44.633	10.383	4.49	913
1971	7	15	1	33	23	Parmense	44.82	10.35	5.59	913
1972	6	25	17	10	49	CALESTANO	44.6	10.2	4.29	913
1974	4	15	21	49	12	PIONE	44.65	9.683	4.26	915
1975	1	11	15	54		GARDA OR.	45.621	10.733	4.18	906
1976	12	13	5	24		RIVA DEL GARDA	45.894	10.799	4.6	906
1983	11	9	16	29	52	Parmense	44.765	10.27	5.16	913
1987	5	2	20	43	53	REGGIANO	44.797	10.697	4.98	912
1987	5	24	10	23	25	GARDA	45.722	10.661	4.47	906
1989	9	13	21	53	60	PASUBIO	45.87	11.172	4.88	906
1991	11	20	1	54	19	ALPI CENTRALI	45.993	9.427	4.59	903
1995	10	29	13		28	BRESCIA-BERGAMO	45.709	9.927	4.39	907
1996	10	15	9	55	60	CORREGGIO	44.782	10.683	5.26	912

Msp: Magnitudo; ZS9: zona sorgente



Sede operativa: Via Verdi , 9 – 25080 Padenghe sul Garda (BS) - Tel/Fax 030 9914222 - cell. 3396012311

E-mail: info@lentinirosannageologia.it - Sito Web: www.lentinirosannageologia.it

E-mail dedicate: amministrazione@lentinirosannageologia.it - ufficiotecnico@lentinirosannageologia.it

Sede Legale: Via Dugali, 34 - 25080 Padenghe sul Garda (BS) - C.F. LNTRNN69C43C351F - P. I.V.A. 01940640988

Per quanto concerne le denominazioni delle zone sorgente si fa riferimento a “Zonazione sismogenetica ZS9 – 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 (OPCM 3274/2003 - INGV).

Per la zona sismogenetica di riferimento (ZS9 906) i terremoti di magnitudo più elevata, avvenuti in epoca antica, sono segnalati nel 1117 (M=6,49) con epicentro nel veronese, nel 1222 (M=6,05) con epicentro nel Basso Bresciano, nel 1693 (M=5,13) con epicentro a Goito, nel 1866 e nel 1882 (M=4,99) con epicentro a Monte Baldo e nel 1891 (M=5,61) con epicentro a Valle d’Illasi.

Nel secolo scorso i terremoti di magnitudo più elevata (M>5) sono segnalati nel 1901 (M=5,55) con epicentro a Salò, nel 1923 (M=5,05) a Formigine, nel 1951 (M=5,09) nel Lodigiano, nel 1971 e nel 1983 (M=5,59 e M=5,16) nel Parmense e nel 1996 (M=5,26) a Correggio.

Anche l’evento sismico localizzato in Friuli (M=5,8 e 6,6 del 1976) ed i sismi di magnitudo maggiore avvenuti nel recente passato nella Regione Dinarica hanno prodotto un certo risentimento nell’area bresciana e bergamasca.

Successivamente al 2002 (anno di riferimento della tabella in allegato) si sono verificati altri eventi, seppure di magnitudo non elevata, con epicentro nel Bresciano (area sebina e area gardesana meridionale). Si segnala invece per intensità l’evento sismico verificatosi il 24/11/04, con magnitudo 5.2 e con epicentro nell’immediato entroterra di Salò (Figura 7).



Figura 7: Area epicentrale del sisma del 24/11/2004

L’epicentro del sisma si colloca in corrispondenza dei *thrust* del Sistema delle Giudicarie (Figura 8), affioranti nel settore montano prealpino (dove generano i sismi gardesani) e sepolti in corrispondenza della Pianura Padana (dove generano i sismi di Brescia, nel 1222, e della Valle dell’Oglio, nel 1802). Si noti il generale accordo tra la localizzazione degli eventi sismici e l’andamento delle strutture tettoniche.



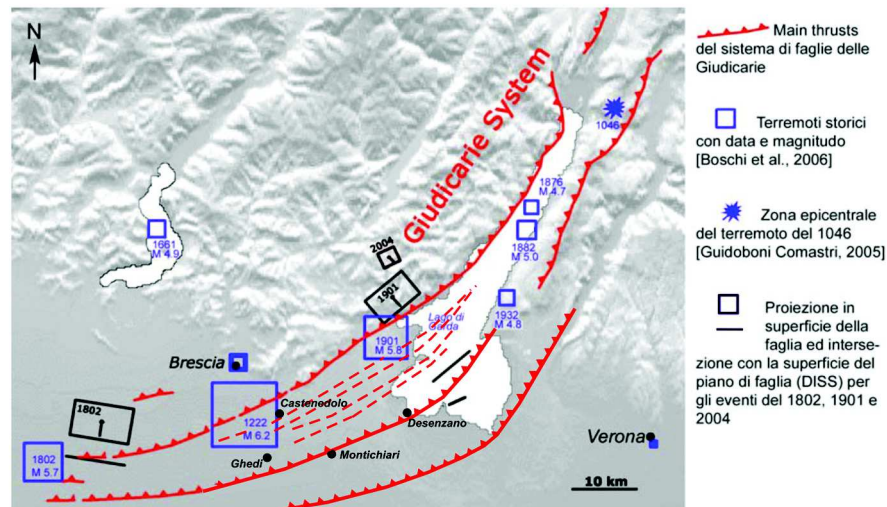


Figura 8: Schema sismotettonico dell'area Gardesana con proiezione dei principali sismi storici dell'area (modificato da "Progetto S3 - Scenari di scuotimento in aree di interesse prioritario e/o strategico - F. Pacor e M. Mucciarelli - Luglio 2007)

Si segnala un **recente terremoto di Magnitudo 4.0** avvenuto il giorno **28 Agosto 2014** e localizzato nel distretto sismico *Zona Lago di Garda*, a circa 2,6 km di profondità e pochi chilometri di distanza dalle coste di **Gargnano** (Figura 9); è seguita nella stessa area e nella medesima giornata (h. 19.52) un ulteriore evento sismico di magnitudo 2.6 registrato a circa 9,2 km di profondità.

Un terremoto di **magnitudo 2.7** è stato rilevato nei giorni seguenti nel distretto sismico *Prealpi Lombarde* e più precisamente in *Val Sabbia* il **giorno 4 Settembre 2014** alle ore 4.56 (Figura 10).



Figura 9: Area epicentrale del sisma del 28/08/2014 ore 19:49 (M= 4.0)



Figura 10: Area epicentrale del sisma del 04/09/2014 ore 4:56 (M= 2.7)

Anche in questo caso l'epicentro dei sismi si colloca in corrispondenza dei *thrust* del Sistema delle Giudicarie (Figura 8) confermando l'accordo tra la localizzazione degli eventi sismici gardesani e prealpini e l'andamento delle medesime strutture tettoniche.

Si segnalano infine nel 2011 e nel 2012 due "crisi sismiche" che hanno interessato il nord Italia con terremoti che hanno quasi raggiunto o superato magnitudo 5.

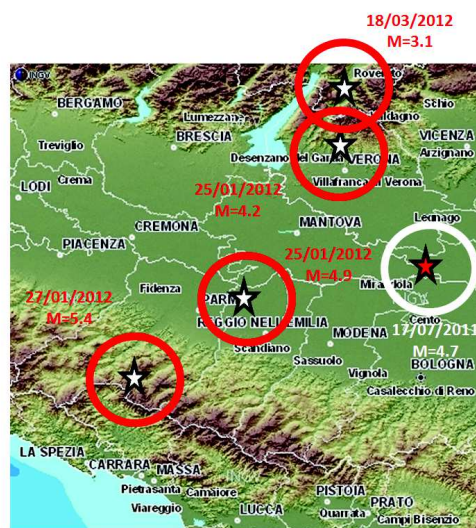


Figura 11: Localizzazione del sisma principale dello sciame sismico dell'estate 2011 (stella rossa) e della serie di sismi verificatisi nell'inverno 2012 (stelle bianche)

Lo **sciame sismico dell'estate 2011** ha avuto come scossa più significativa il terremoto del 17 Luglio 2011 di magnitudo 4.7, con area epicentrale a ridosso dei confini provinciali di Mantova e Rovigo (come si evince dalla Figura 11), nel distretto sismico denominato *Pianura Padana Lombarda* dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (I.N.G.V.).

Tali sismi così come quelli con le massime intensità storiche riscontrate nei comuni del sud-ovest della Provincia di Mantova, sono da collegarsi con la vicinanza all'area sismogenetica del Reggiano-Ferrarese - Parmense (zone sismogenetiche ZS9 → 912-913, Figura 4) e con la presenza dell'edificio appenninico (*thrust* nord-vergenti) sepolto al di sotto delle coltri quaternarie dei depositi di pianura.

Lo **sciame sismico dell'inverno-primavera 2012** è stato caratterizzato da una serie di sismi (Figura 11) le cui scosse più intense sono avvenute con il terremoto del 25 Gennaio 2012 di magnitudo 4.2 (area epicentrale posta a circa 10 km dalla città di Verona nel distretto sismico *Prealpi Venete*) e con i terremoti del 25 e 27 Gennaio 2012 rispettivamente di magnitudo 4.9 e 5.0 (area epicentrale tra Parma e Reggio Emilia nel distretto sismico denominato *Pianura Padana Emiliana* il primo e nel distretto sismico denominato *Frignano* il secondo). Il 18 Marzo è stato registrato il sisma di magnitudo inferiore (M=3.1), che ha avuto luogo con area epicentrale nei pressi di Ala (TN), nel distretto sismico denominato *Lago di Garda*.

In primavera si è attivata la **sequenza sismica di Modena-Ferrara del Maggio 2012** che ha compreso il terremoto del 20 Maggio 2012 di magnitudo 5.9, avvenuto alle ore 04:03:52 italiane, con area epicentrale posta presso Finale Emilia-Mirandola (MO) (Figura 12), nel distretto sismico *Pianura Padana Emiliana*. Seguono nella stessa area, nelle giornate del 20-21 Maggio, oltre 190 repliche tra cui un sisma di magnitudo 5.1 (Figura 13) e ben dieci sismi con magnitudo compresa tra 4 e 5 (Figura 14).

Figura 12: Area epicentrale del sisma del 20/05/2012 ore 4:03 (M= 5.9)

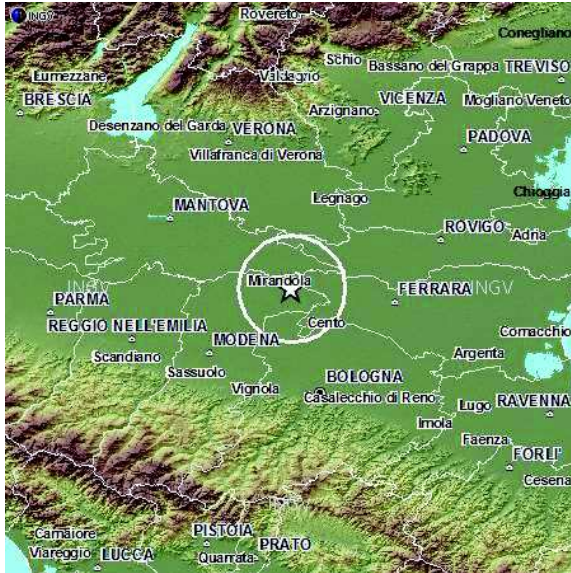


Figura 13: Area epicentrale del sisma del 20/05/2012 ore 15:18 (M= 5.1)

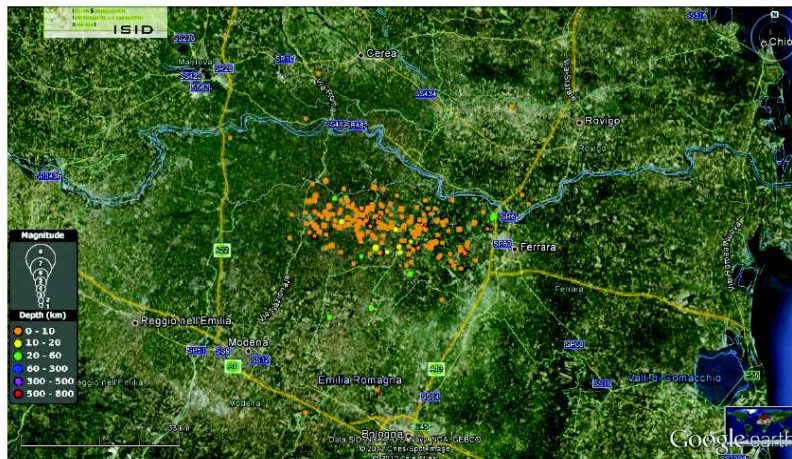


Figura 14: Mappa epicentrale aggiornata alle 19 del 21 Maggio 2012. Le stelle indicano i terremoti di magnitudo maggiore di 4. L'intera struttura delineata dalle repliche si estende per quasi 40 km in senso Est-Ovest tra la bassa modenese e la periferia Ovest di Ferrara (fonte: *Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia – Comunicato del 21/05/2012*).

La distribuzione degli epicentri mostra chiaramente che tutte le scosse siano riferibili ad un'articolata e complessa struttura tettonica compressiva a direzione circa E-W appartenente alla porzione frontale, sepolta, dell'Appennino settentrionale (arco sepolto ferrarese).

La serie sismica è proseguita intensamente fino alla data del 07 Giugno 2012 con un numero complessivo di 1587 eventi.

Nella mappa epicentrale della sequenza sismica elaborata da INGV (Figura 15) si evidenzia la progressiva attivazione di un'area sempre più ampia della struttura tettonica con spostamento dell'attività verso Ovest; la sequenza ha compreso un ulteriore terremoto di magnitudo molto elevata (M=5.8) avvenuto alle ore 9 del giorno 29 Maggio e, in totale, ben 7 scosse sismiche con magnitudo $M > 5$.

Mappa Epicentrale della Sequenza Sismica
 per il periodo 16-05-2012 : 07-06-2012

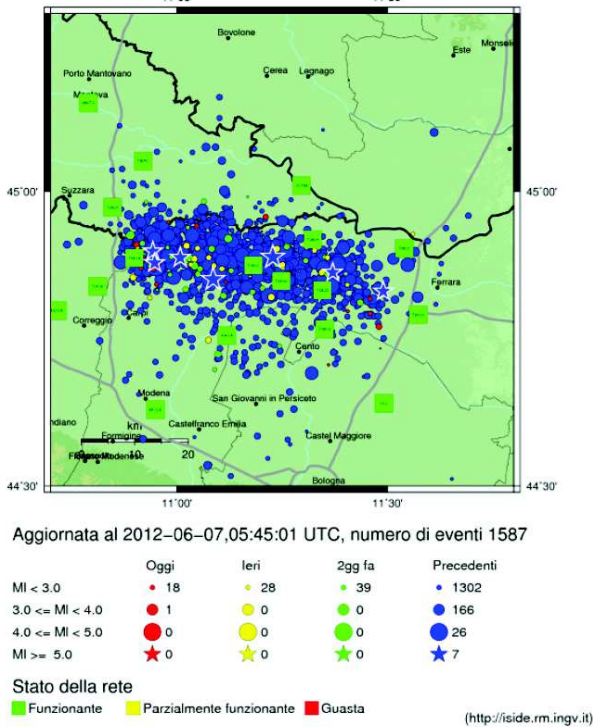


Figura 15 – (fonte: *Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia* – *Comunicato del 07/06/2012*).

Durante la stagione estiva ed autunnale 2012 l'attività sismica in queste aree ha proseguito seppure con sismi di intensità minore, con un numero complessivo di eventi registrati alla data del 1 Ottobre pari a 2466 sismi (di cui 2241 con $M < 3$, 189 con $3 < M < 4$; 27 con $4 < M < 5$, e 7 con $M > 5$); si segnala un terremoto avvenuto il giorno 3 Ottobre c.a. di Magnitudo pari a 4.5, avvenuto alle ore 16:41 italiane, con area epicentrale posta in prossimità dei Comuni Bettola-Farini-Morfasso (PC), nel distretto sismico denominato *Valle del Trebbia*, alle medesime latitudini dei terremoti parmensi-ferraresi ma verso quadranti più occidentali; le strutture tettoniche attivate mostrano meccanismi di attivazione trascorrenti.

Nel comunicato di aggiornamento *Terremoti in Pianura Padana* redatto il 5 Novembre 2012 dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia e consultabile sul sito internet <http://terremoti.ingv.it/it/ultimi-eventi/842-terremoti-in-pianura-padana-emiliana.html> si evidenzia come non vi sia stato negli ultimi mesi dell'anno 2012 un incremento significativo sia per intensità che per numero degli eventi sismici (il numero di eventi registrati tra 1 Ottobre 2012 e 5 Novembre 2012 è pari a 28 sismi con $M < 3$ – Figura 16). Potrebbe pertanto essere in fase di esaurimento la "crisi sismica" iniziata nel Gennaio 2012; si rileva altresì che contestualmente alla diminuzione di questa attività si siano attivati altri distretti sismici italiani seppure con magnitudo massime di minore entità.

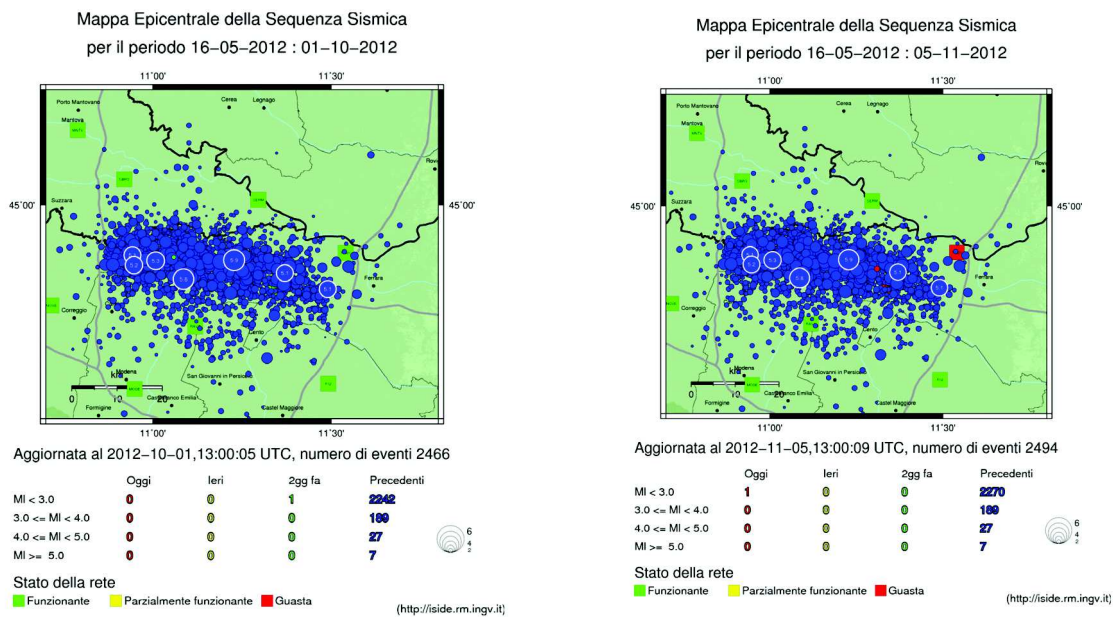


Figura 16 – (fonte: Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia – Comunicato del 01/10/2012 e Comunicato del 05/11/2012).

Appare in ogni caso plausibile che i recenti sismi italiani, seppure ubicati in zone sismogenetiche diverse e caratterizzati da profondità ipocentrali e meccanismi focali differenziati e peculiari di sistemi di faglie differenti, siano riferibili ad un unico scenario "geodinamico" a larga scala. Infatti l'intera regione mediterranea è stata interessata, nello stesso periodo, da una fase di marcata attività sismica lungo i margini delle placche tettoniche ed in particolare della microplacca adriatica, come esemplificato dalla mappa dei sismi di seguito riportata e relativa al giorno 1 Febbraio 2012 e 30 Maggio 2012 (Figura 17).

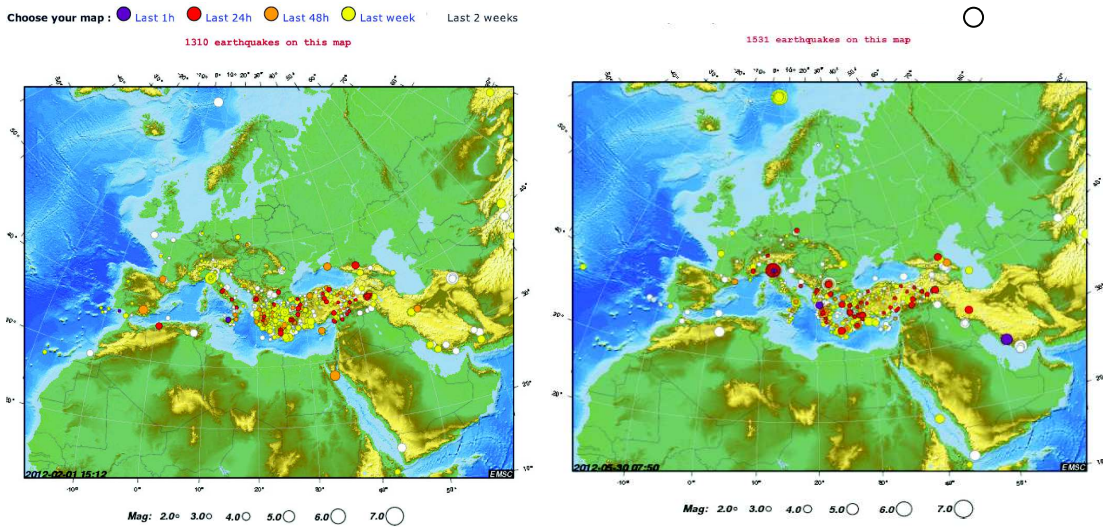


Figura 17 – Mappe dei sismi del 1 Febbraio e del 30 Maggio 2012 (European Mediterranean Seismological Centre).

Peraltro la mappa dei sismi del giorno 12/02/2013 (Figura 18) mostra una significativa e generalizzata diminuzione di attività tellurica nell'area mediterranea rispetto all'anno 2012.

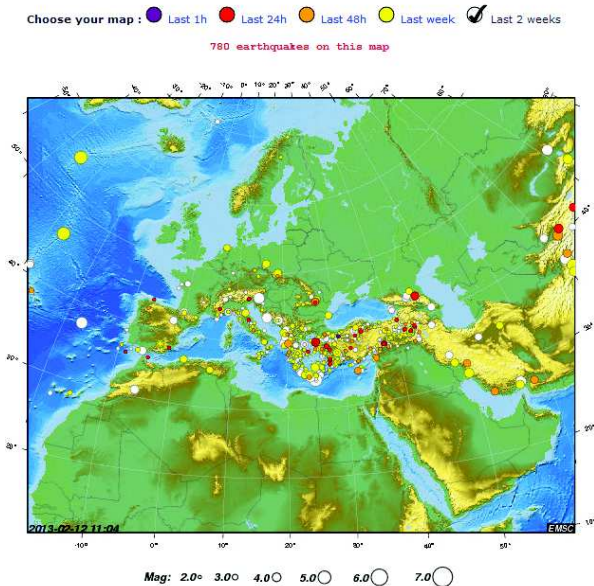


Figura 18 – Mappe dei sismi del 12 Febbraio 2013 (European Mediterranean Seismological Centre).

Una sostanziale conferma della ricostruzione sopraproposta dei recenti eventi sismici che hanno interessato l'area padana viene dalla lettura dello studio *The Seismotectonics of the Po Plain (Northern Italy): Tectonic Diversity in a Blind Faulting Domain* (Paola Vannoli, Pierfrancesco Burrato, Gianluca Valentini, Luglio 2014).

3.2. Normative Sismiche – Valori di a_g

La normativa sismica (D.M. 16 Gennaio 1996) in Italia, anteriormente al Marzo 2003, suddivideva il territorio nazionale in tre categorie di pericolosità (elevata, media e bassa). Per ciascuna categoria sono assegnati un grado di sismicità (S) ed un coefficiente di intensità sismica ($C=(S-2)/100$). Lo spettro di progetto $S_a(T)$ si ottiene moltiplicando il coefficiente C (pari a 0.10g - 0.07g - 0.04g in ordine decrescente di pericolosità sismica) per una forma spettrale $R(T)$ indipendente dalle condizioni del sottosuolo. Queste normative sismiche non tengono conto del ruolo del terreno sulla modifica di forme ed ordinate spettrali, se non con la moltiplicazione dello spettro per il coefficiente di fondazione ϵ che di regola è unitario, salvo che per “terreni particolarmente compressibili” per i quali si consiglia di incrementare ϵ fino a 1.3.

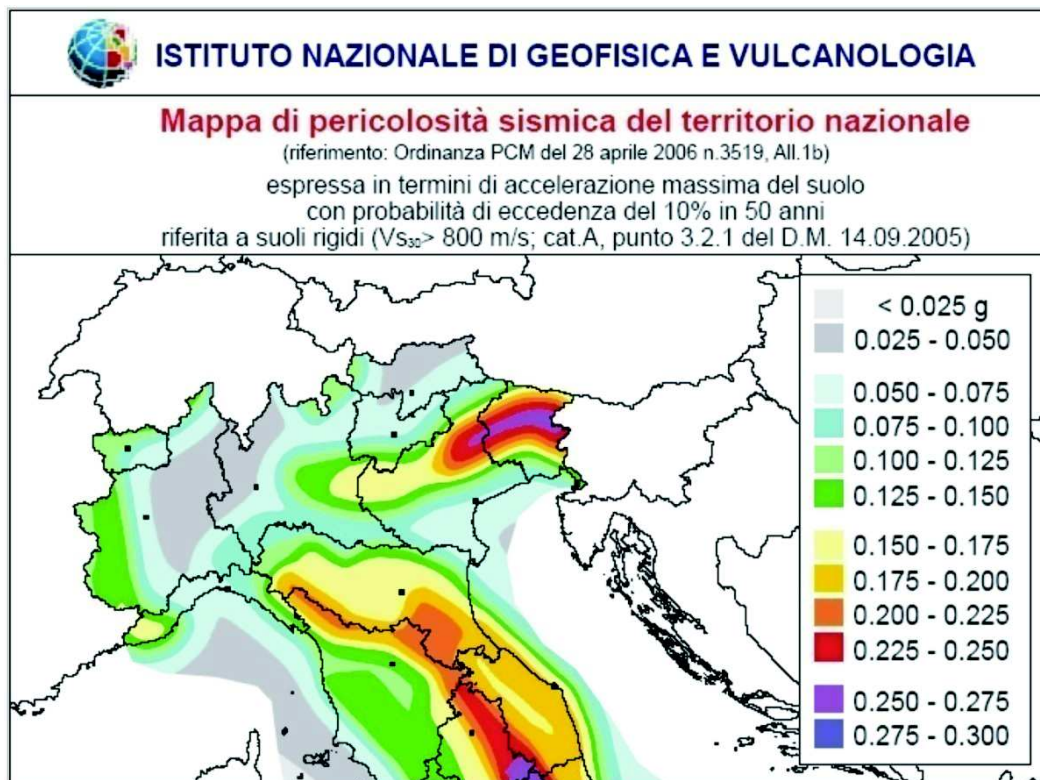
L’Ordinanza PCM n° 3274 del 20/03/03 e Norme Tecniche allegate, che inserisce il territorio di Verolanuova in zona sismica 4, fa riferimento a metodologie più recenti in cui il moto sismico è caratterizzato anche in relazione alle condizioni locali. In tale direzione si è già mosso l’Eurocodice 8 (EC8) che stabilisce le regole per il progetto e la costruzione di strutture in zona sismica per i paesi membri della Comunità Europea. Secondo l’EC8, come anche secondo l’OPCM 3274/03, i territori nazionali vengono suddivisi in zone sismiche in funzione della pericolosità locale, descritta in termini di accelerazione orizzontale massima attesa alla superficie di un sito rigido di riferimento (a_g). I valori di accelerazione massima fissati nella nuova ordinanza per le zone 1, 2, 3 e 4 (rispettivamente 0.35g - 0.25g - 0.15g - 0.05g) recepiscono la proposta del G.N.D.T. (1985) e risultano maggiori di quelli della precedente normativa. La normativa allegata all’OPCM 3274/03 richiede alle Regioni di eseguire la valutazione di a_g sul proprio territorio e quindi di assegnarli ad una delle zone della nuova classificazione.

La Regione Lombardia con D.G.R. 7/14964 del 7/11/03 ha fornito alcune disposizioni preliminari per l’attuazione dell’OPCM 3274/03, confermando la classificazione dei territori comunali lombardi riportata nell’Ordinanza e l’adeguamento alle norme tecniche allegate.

In ogni caso la normativa sismica ed i parametri relativi a ciascun territorio risultano in veloce e continua revisione, soprattutto nell’ambito della convenzione tra INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) e DPC (Dipartimento Protezione Civile) che prevede l’assistenza per il completamento e la gestione della “mappa di pericolosità sismica” prevista dall’OPCM 3274.

Già l’**Ordinanza PCM 3519 del 27/04/06** fornisce una revisione dei valori di a_g sul territorio nazionale ed inserisce il territorio di **Verolanuova in zona sismica 3**, ed in particolare nelle sottozone caratterizzate da valori di a_g compresi tra 0.100 e 0.125 e tra 0.100 e 0.125 (accelerazione massima al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni).





Più recentemente nell'ambito della revisione delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008) sono state adottate le stime di pericolosità sismica del progetto S1, concludendo il percorso iniziato nel 2003. Tali stime superano il concetto di classificazione a scala comunale e sulla base di 4 zone sismiche. Tuttavia le 4 zone sismiche mantengono una funzione prevalentemente amministrativa.

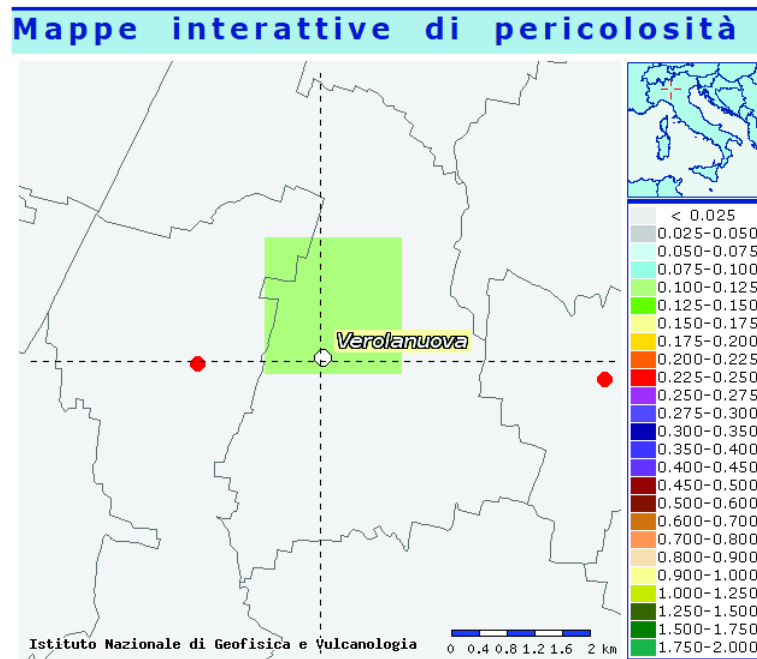
La Regione Lombardia ha stabilito nella D.G.R. n° 9/2616 del 30/11/2011 (punto 1.4.3) che ***“la suddivisione del territorio in zone sismiche (ai sensi dell’OPCM 3274/03) individua unicamente l’ambito di applicazione dei vari livelli di approfondimento in fase pianificatoria”*** e specifica altresì che ***“ai sensi del D.M. 14/01/2008, la determinazione delle azioni sismiche in fase di progettazione non è più valutata riferendosi ad una zona sismica territorialmente definita, bensì sito per sito, secondo i valori riportati nell’All. B al citato D.M.”***.

I dati riportati nell’All. B del D.M. 14/01/2008 coincidono con quelli riportati nell’Ord. 3519/2006, e sono in ogni caso determinabili mediante le coordinate geografiche e l’utilizzo di programmi applicativi, quali “Spettri-NTC ver.1.0.3” (vedi paragrafi successivi).

Tuttavia di recente la Regione Lombardia con **D.G.R. n. X/2129 del 11/07/14** ha approvato un **“Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (L.R. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d)”**, che recepisce definitivamente la classificazione dell’OPCM 3519/2006 e che, sulla base della successiva D.G.R. 8 ottobre 2015 - n. X/4144, entrerà in vigore il 10 aprile 2016.

La nuova D.G.R. ha pertanto confermato per il **Comune di Verolanuova (BS)** la **zona sismica 3** con valore di $a_{g \max}$ **0,130097** anche a livello regionale e pertanto ai fini amministrativi pianificatori. Ciò ha di fatto sanato una difformità di classificazione nazionale/regionale che creava non pochi problemi tecnico-progettuali.

Si forniscono in proposito i dati di pericolosità sismica riportati sul link <http://zonesismiche.mi.ingv.it> relative al sito d'interesse:



Con l'entrata in vigore del nuovo Testo Unico, che definisce con D.M. 14/01/08 le "Norme Tecniche per le Costruzioni", è divenuto vigente l'obbligo di eseguire la progettazione in prospettiva sismica in tutte le aree classificate in zona sismica. Tuttavia le stesse NTC/08, per siti ricadenti in zona sismica 4, ammettono metodi di calcolo previsti dalle normative precedenti (Cap. 2.7 del D.M. 14/01/08 - Verifiche alle Tensioni Ammissibili secondo il D.M. 14/02/92, il D.M. 20/11/87 ed il D.M. 11/03/88) per costruzioni di tipo 1 e 2 e per Classi d'Uso I e II; si prescrive che in tal caso le azioni sismiche debbano essere valutate secondo il D.M. 16/01/1996, assumendo pari a 5 il Grado di sismicità S.

Spetta in ogni caso al Progettista la definizione delle normativa cui risulta assoggettato l'intervento di progetto.

Nel caso in cui fosse ammissibile la progettazione secondo le vecchie normative sismiche si potrà tener conto di valori di a_g correlabili alla III categoria sismica. In tal caso la normativa sismica, ai sensi del D.M. del 16/01/96, prevede un valore di $a_g = 0.04$ g.

4. CAMPAGNA DI INDAGINE GEOGNOSTICA

Vengono di seguito espone le metodologie ed i risultati della campagna d'indagine geognostica, eseguita in data 22-23 Ottobre 2015, finalizzata alla definizione dei seguenti punti:

- ricostruzione stratigrafica e sismica dei terreni presenti;
- caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione;
- verifica della presenza di eventuali falde acquifere superficiali e misura della soggiacenza.
- prelievo di campioni di terreno per eventuali analisi chimiche.

Le indagini sono state eseguite dalla ditta SINGEA SRL, certificata UNI EN ISO 9001, secondo le prescrizioni e gli oneri contenuti nelle “*Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche - A.G.I. (1977)*” ed alla presenza costante del geologo.

Al fine di illustrare meglio i rapporti tra le unità geologico-geotecniche descritte è stata redatta la **Tav. 4 “Sezioni Geologico-Geotecniche Interpretative”** in scala 1:250, in allegato (cui si rimanda per maggiore chiarezza), prendendo come riferimento progettuale la planimetria e le sezioni di progetto fornite dai Progettisti.

4.1. Sondaggio a carotaggio continuo- Piezometro

Metodologia – Acquisizione dati

E' stato eseguito **n. 1 sondaggio a carotaggio continuo** mediante perforatrice idraulica cingolata (mod. Beretta T51) e tecnica di avanzamento con carotiere semplice (diametro 131 mm) e di tubi di rivestimento (diametro 152 mm) e con recupero del 100% dei materiali attraversati.

Il sondaggio, ubicato in corrispondenza di uno dei sedimentatori circolari, è stato eseguito a partire dal p.c. generale attuale (circa 60,80 m s.l.m. da Ril. Top. di progetto) ed è stato spinto fino alla profondità di 18,00 m rispetto al p.c..

In avanzamento con la perforazione, a differenti quote, sono state eseguite complessivamente **n. 6 prove S.P.T. in foro** con maglio a sganciamento automatico e punta aperta/chiusa:

SONDAGGIO ESEGUITO	PROFONDITA' RAGGIUNTA (m dal p.c.)	PROVE SPT IN FORO (profondità dal p.c. e numero colpi di infissione)
S1	-18,00 m	-4,50 (9/6/6); -6,00 (3/5/9); -7,50 (2/2/8); -12,00 (3/4/7); -15,00 (10/16/21); -18,00 (10/16/12)

La prova S.P.T. consente di determinare la resistenza che un terreno offre alla penetrazione dinamica di una punta a partire dal fondo di un foro di sondaggio e consiste nel far cadere un maglio, del peso di 63,5 kg, da un'altezza di 760 mm, su una testa di battuta fissata alla sommità di una batteria di aste alla cui estremità inferiore è avvitata una punta conica chiusa. Il numero di colpi necessario per una penetrazione della punta pari a 300 mm (dopo 150 mm d'infissione dinamica per il posizionamento) è il dato assunto come indice della resistenza alla penetrazione. Si rimanda alle stratigrafie di sondaggio per i risultati relativi alle prove S.P.T. eseguite.



In base al numero di colpi N_{spt} misurato è stato stimato il grado di addensamento dei terreni (riportato in stratigrafia) secondo il seguente schema di riferimento per i terreni granulari:

N_{spt}	Grado di addensamento
Da 0 a 4 colpi	Sciolto
Da 4 a 10 colpi	Scarsamente addensato
Da 10 a 30 colpi	Moderatamente addensato
Da 30 a 50 colpi	Addensato
>50 colpi	Molto addensato

In corrispondenza del foro di sondaggio, ad esecuzione ultimata, è stato installato **un piezometro in PVC da 2"**, al fine di verificare la presenza di fenomeni di circolazione idrica ed è stata effettuata una prima lettura piezometrica. Per lo schema del piezometro e le letture piezometriche eseguite si rimanda alla stratigrafia del sondaggio ed al paragrafo ¶4.4.. Il piezometro è stato cementato in superficie e chiuso mediante un chiusino metallico. Al termine della campagna di indagine è stato possibile misurare il livello piezometrico che si stabilizza ad una profondità di -6,10 m dal p.c..

Tutte le operazioni di perforazione sono avvenute alla presenza costante del geologo che ha provveduto a rilevare la stratigrafia dei terreni ed a predisporre la documentazione fotografica.

Tali informazioni sono state riportate nelle stratigrafie dei sondaggi e nelle tavole fotografiche (in allegato).

Contestualmente all'esecuzione del sondaggio è stato eseguito il **prelievo di n. 3 campioni di terreno da sottoporre eventualmente ad analisi chimiche** al fine di accertare le caratteristiche chimiche dei suoli presso il sito di progetto per l'eventuale produzione di terre e rocce da scavo ai sensi dell'art. 184 bis del D. Lgs 152/06 e s.m.i. ed in adempimento a quanto previsto dall'Art. 41bis della L. 98/2013.

Il campionamento è stato eseguito in adempimento a quanto previsto dal D. Lgs. 152/2006 e s.m.i. ed in modo tale da poter caratterizzare il terreno eventualmente interessato dallo sbancamento previsto per la realizzazione delle opere di progetto.

Sono stati pertanto prelevati **n. 3 campioni di terreno**, a differenti quote come di seguito riepilogato:

	Campione C1 (A/B)	Campione C2 (A/B)	Campione C3 (A/B)
Sondaggio S1	0,00/-0,50 m (Terreno vegetale)	-0,50/-5,40 m (Terreno naturale sabbioso medio-fine debolmente limoso)	-5,40/-7,60 m (Terreno naturale sabbioso fine-limoso)

TABELLA I: CAMPIONI PRELEVATI

I campioni di terreno sono stati prelevati in doppia aliquota A e B, secondo le procedure previste dal D. Lgs 152/2006 e s.m.i., e pertanto sono stati ottenuti previa setacciatura in campo della frazione > 2 cm. I campioni sono stati successivamente sottoposti a quartatura, raccolti mediante spatola metallica e posti in barattoli di vetro del volume di 0,5 l e 1,0 l.

Ciascun barattolo è stato etichettato con la sigla del campione, la data, la località e la profondità di prelievo. Tutte le operazioni sono state eseguite da un geologo.

I campioni di terreno, al momento non oggetto di analisi chimiche, sono stati quindi affidati alla Committenza.

4.2. Prove penetrometriche dinamiche standard (DPHS-SCPT)

Metodologia – Acquisizione dati

Sono state eseguite **n. 3 prove penetrometriche dinamiche standard**, mediante penetrometro DPHS “Pagani” TG 63/200, con avanzamento delle aste ogni 30 cm.

La prova penetrometrica dinamica, DPHS-SCPT, è una prova puntuale che consiste nell’infiggere verticalmente nel terreno una punta conica metallica posta all’estremità di un’asta di acciaio prolungabile ad una batteria di aste di diametro di 36 mm le quali possono scorrere all’interno ed alternativamente ad un rivestimento esterno, anch’esso di acciaio, avente un diametro di 48 mm. L’energia di infissione è fornita da un maglio del peso di 73,0 kg che cade da un’altezza costante di 75,0 cm, per mezzo di un dispositivo di sganciamento automatico compiendo per ogni battuta un lavoro specifico pari a 234 kj/mq. Nel corso della prova si rileva il numero di colpi necessari per la penetrazione di 30 cm della punta ed alternativamente del rivestimento. La diffusione di questo tipo di prova e la sua standardizzazione consentono di ottenere una soddisfacente caratterizzazione dei terreni indagati ed un’interpretazione dei fondamentali parametri geotecnici, attraverso l’utilizzo delle principali correlazioni presenti in bibliografia.

Dal valore di N_{SCPT} (numero di colpi per 30 cm di infissione delle aste) può essere ricavato il corrispondente valore di $N_{S.P.T.}$ mediante la relazione:

$$N_{DPHS} = C * N_{S.P.T.}$$

Il coefficiente C, assunto in questo caso pari a 0.6, è un fattore dipendente dalla litologia dei terreni e dall’attrezzatura utilizzata.

Le prove sono state ubicate entro l’area di progetto, in corrispondenza di alcuni manufatti, e sono state spinte a profondità variabili da -13,50/-14,10 m dal p.c. (prove P5 e P6) a -15,90 m dal p.c. (prova P8).

In corrispondenza di tutte le prove sono stati installati piezometri in PVC da ½”, successivamente rimossi (§4.4).

L’andamento delle prove, riferito al p.c. esistente (compreso tra 60,40 e 60,92 m s.l.m. da Ril. Top. di progetto), è riassunto nei diagrammi allegati.



4.3. Prove penetrometriche statiche (CPT)

Metodologia e Acquisizione Dati

Sono state eseguita **n. 5 prove penetrometriche statiche (C.P.T.)** con penetrometro statico “PAGANI TG 63/200” tipo “GOUDA” da 20 ton, dotato di punta meccanica tipo Begemann con lettura e memorizzazione digitale dei valori misurati.

Nella prova penetrometrica statica viene infissa nel terreno una punta conica, avente un angolo di apertura pari a 60°, un diametro di 35,7 mm e una superficie di 10 cm², mediante un’attrezzatura di spinta ed una batteria di aste ad una velocità costante di 2 cm/s ± 0,5 cm/s.

Al di sopra della punta si ha il manicotto, con un diametro pari a 35,7 mm, una lunghezza di 133 mm ed una superficie di 150 cm², sul quale viene misurata la resistenza di attrito laterale (f_s). La punta utilizzata è la punta meccanica di tipo **Begemann**.

La prova penetrometrica statica **CPT** (Cone Penetration Test), può essere eseguita in una vasta gamma di terreni che vanno dalle sabbie dense alle argille tenere ed è tra le più significative per valutare la successione stratigrafica di un terreno, identificando la natura degli strati attraversati e fornendo una stima di alcuni parametri geotecnici.

Durante l’avanzamento in continuo della punta a velocità costante ($v = 2$ cm/s) vengono rilevati ad intervalli regolari di 0,20 m i seguenti parametri:

FASE 1. La **punta conica** viene fatta avanzare nel terreno per **4 cm** mediante la spinta che viene esercitata su una batteria di aste di piccolo diametro, le quali scorrono liberamente all’interno di una batteria di tubi di rivestimento. In questa circostanza viene misurata la resistenza alla punta (q_c).

$$(Resistenza\ alla\ Punta\ q_c\ (kg/cm^2) = L\ punta/10)$$

FASE 2. Successivamente all’infissione della sola punta conica, questa viene fatta avanzare sempre mediante la batteria di aste interne di altri **4 cm** insieme al **manicotto laterale**. In questa occasione viene misurata la resistenza totale data dalla somma della resistenza alla punta e di quella laterale del manicotto.

$$(Resistenza\ Laterale\ Locale = f_s\ (kg/cm^2) = (L\ laterale - L\ punta) / 150);$$

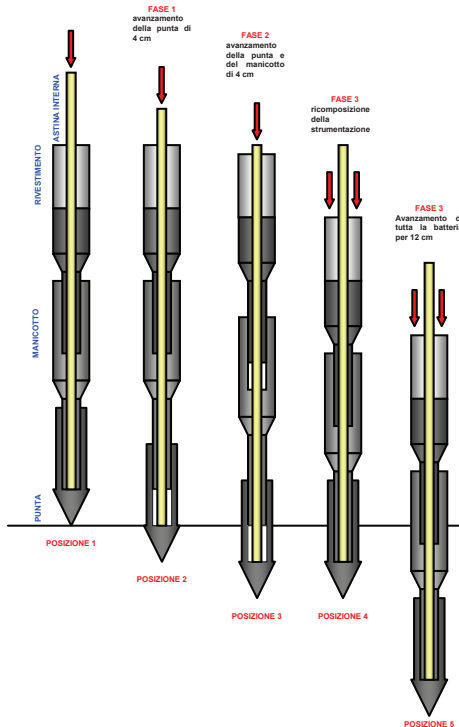


FASE 3. In questa fase, agendo sui tubi esterni, si ha la ricomposizione dello strumento (**8 cm**) e si procede all'avanzamento di tutto l'insieme, punta conica - manicotto laterale – rivestimento, per altri **12 cm**.

$$(Resistenza\ Totale = R_t (kg) = L\ totale)$$

In sostanza si ottiene, ogni 20 cm di verticale di indagine una informazione relativa alla resistenza alla punta (q_c) ed una relativa alla resistenza laterale (f_s). Quest'ultima viene ottenuta sottraendo alla resistenza totale misurata nella FASE 2 la resistenza alla punta misurata nella FASE 1.

$$R_{\text{laterale}} = R_{\text{totale}} - R_{\text{punta}}$$



La buona diffusione di questo tipo di prova e la standardizzazione delle modalità operative consentono di ottenere una significativa caratterizzazione dei terreni interessati, nonché un'attendibile identificazione geotecnica dei parametri caratteristici e di conseguenza l'utilizzo delle formule geotecniche principali.

Le valutazioni litologiche vengono eseguite in base al rapporto q_c/f_s (Begemann 1965 – raccomandazioni AGI 1977) ed al diagramma di *Searle*.

L'ubicazione delle prove è stata definita in modo da caratterizzare in maniera completa i manufatti di progetto.

Le prove sono state spinte ad una profondità media di circa -14/-16 m dal p.c. (P1-P2-P4) con un minimo di -12 m (prova P3) ed un massimo di -20 m dal p.c. (prova P7), risultando ben rappresentative dei terreni e correlabili con il sondaggio e con le prove penetrometriche dinamiche eseguite nella stessa area.

L'andamento delle prove, riferito al p.c. esistente (compreso tra 60,30 e 61,05 m s.l.m. da Ril. Top. di progetto), è riassunto nei diagrammi allegati.

4.4. Piezometri – Condizioni di Circolazione d'Acqua

Entro il sito di progetto, durante l'avanzamento della perforazione del sondaggio sono stati riscontrati livelli saturi d'acqua a partire da circa -5,40 m dal p.c. e con continuità lungo la verticale di perforazione.

Per la misura del livello piezometrico sono stati posti in opera un piezometro in PVC, del diametro di 2" entro il foro di sondaggio S1, lasciato in opera, e piezometri in PVC del diametro di 1/2", rimossi dopo la lettura piezometrica, secondo il seguente schema:

PIEZOMETRO	PROFONDITA	TRATTO CIECO	TRATTO FILTRANTE	QUOTA P.C. m s.l.m.	LETTURA DI SOGGIACENZA 22-23/10/2015	QUOTA PIEZOMETRICA m s.l.m.
S1 (Ø 2")	18 m	0,00/-1,00 m dal p.c.	-1,00/-18,00 m dal p.c.	60,80	-6,10 m dal p.c.	54,70
P1 (Ø 1/2")	7,5 m	----	0,00/-7,50 m dal p.c.	61,05	-5,68 m dal p.c.	55,37
P2 (Ø 1/2")	7 m	0,00/-4,00 m dal p.c.	-4,00/-7,00 m dal p.c.	60,91	-6,30 m dal p.c.	54,61
P3 (Ø 1/2")	9 m	0,00/-6,00 m dal p.c.	-6,00/-9,00 m dal p.c.	60,30	-6,68 m dal p.c.	53,62
P4 (Ø 1/2")	7,5 m	0,00/-4,50 m dal p.c.	-4,50/-7,50 m dal p.c.	60,55	-6,46 m dal p.c.	54,09
P5 (Ø 1/2")	7,5 m	0,00/-4,50 m dal p.c.	-4,50/-7,50 m dal p.c.	60,40	-6,60 m dal p.c.	53,80
P6 (Ø 1/2")	7,5 m	0,00/-4,50 m dal p.c.	-4,50/-7,50 m dal p.c.	60,92	-6,42 m dal p.c.	54,50
P7 (Ø 1/2")	7,5 m	0,00/-4,50 m dal p.c.	-4,50/-7,50 m dal p.c.	60,80	-5,38 m dal p.c.	55,42
P8 (Ø 1/2")	7,0 m	0,00/-4,00 m dal p.c.	-4,00/-7,00 m dal p.c.	60,85	-5,97 m dal p.c.	54,88

Entro l'area d'intervento risulta pertanto presente, in accordo con l'assetto idrogeologico dell'area, la **falda superficiale freatica** che permea i depositi fluvioglaciali/alluvionali a litologia prevalentemente sabbiosa, a medio-elevata permeabilità.

Presso l'area di progetto la profondità della falda freatica si attesta a profondità comprese tra circa -5,38/-6,68 m dal p.c. e quindi con quota piezometrica compresa tra 55,42 m s.l.m. e 53,62 m s.l.m. con direzione di flusso da N/NW a S/SE.

Il livello piezometrico misurato (vedi tabulati di prova e stratigrafie del sondaggio) risulta compatibile con quanto riportato, seppure con qualche contraddizione, nello studio geologico del PGT.



4.5. Interpretazione dati

La stratigrafia ricostruita mediante il sondaggio a carotaggio continuo è rappresentativa dei terreni della zona e risulta correlabile con le prove penetrometriche dinamiche e statiche e le indagini geofisiche eseguite presso lo stesso sito, seppure con talune peculiari variabilità caratteristiche delle aree di studio.

Al fine di illustrare meglio i rapporti tra le unità geologico-geotecniche descritte è stata redatta la Tav. 4 - “**Sezioni Geologico-Geotecniche Interpretative**” in scala 1:250, in allegato (cui si rimanda per maggiore chiarezza riepilogativa), prendendo come riferimento le tavole di progetto fornite dalla Committenza.

Si distinguono le seguenti unità stratigrafico-geotecniche:

UNITA' SUPERFICIALE

LATO W (Sez. A-A' - Intorno prove P7-P4 e Sondaggio S1) → da 0,00 m a -4,25/-4,60 m dal p.c.
 FASCIA CENTRALE (Sez. B-B' - Intorno prove P8-P2-P5-P3) → da 0,00 m a -6,00/-8,25 m dal p.c.
 LATO E (Sez. C-C' - intorno prove P1-P6) → da 0,00 m a -7,50/-7,75 m dal p.c.

Al di sotto di una limitata coltre vegetale viene evidenziata la presenza di un'unità costituita da depositi alluvionali/fluvioglaciali caratterizzati da estrema variabilità e pertanto suddivisa in ulteriori unità che si interdigitano tra loro.

La profondità di questo intervallo, caratterizzato dalla maggiore variabilità litologica, tende ad aumentare da W verso Est, con un approfondimento fino a circa 4/5 m dal p.c. nella porzione occidentale e fino a circa 6/8 m dal p.c. nella fascia centrale ed orientale.

Sottounità SG

Si evidenzia la presenza di un livello di sabbie medio-grossolane e sabbie fini limose talora da ghiaiose a debolmente ghiaiose **da mediamente addensate ad addensate** (sottounità SG → N_{spt} caratteristico 18-24 e 22-37 colpi e R_p caratteristico 70-90 e 90-180 kg/cm²) di colore grigio con screziature ocre da umida a bagnata. Questa sottounità risulta prevalente nell'unità superficiale come estensione areale (vedi Tav. 3 *Planimetria con ubicazione dei punti d'indagine ed individuazione degli ambiti geotecnici omogenei - scala 1:500*) essendo stata riscontrata presso l'intorno delle prove P7, P2, P4 e P3.

Sottounità LS-LA

Il bancone a maggiore addensamento, rappresentato dalla precedente unità SG, viene re inciso in superficie da depositi costituiti da sabbia medio fine localmente debolmente limosa ed argilla limosa **scarsamente addensata** (sottounità LS-LA → N_{spt} caratteristico 3-8 e R_p caratteristico 15-25 kg/cm²) di colore grigio con screziature ocre e talora grigio-azzurre, da umida a bagnata. L'andamento in pianta di questa unità risulta marcatamente W-E (intorno sondaggio S1 - prova P5 e prova P6) e pertanto riferibile presumibilmente ad un paleoalveo (vedi Tav. 3 - *Planimetria con ubicazione dei punti d'indagine ed individuazione degli ambiti geotecnici omogenei*). La stessa sottounità può risultare interdigitata, a più livelli nella sequenza verticale, con le altre sottounità descritte.



Sottounità SL

Verso NW il bancone rappresentato dalla precedente unità SG viene re inciso in superficie da depositi costituiti da alternanze di sabbia fine localmente limosa mediamente addensata (**sottounità SLa** → Nspt caratteristico 14-22 e Rp caratteristico 35-70 e 70-90 kg/cm²) e di limi sabbiosi e argille limose da scarsamente a mediamente addensate (**sottounità SLb** → Nspt caratteristico 5-13 e 8-18 e Rp caratteristico 20-35 e 10-25 kg/cm²); l'unità si presenta prevalentemente di colore grigio con screziature ocra e talora grigio-azzurre, da umida a bagnata. L'andamento in pianta risulta maggiormente esteso solo in corrispondenza del margine Nord (intorno sondaggio prova P8) e probabilmente è correlabile anch'esso a paleoalvei ad andamento W-E (vedi Tav. 3 – *Planimetria con ubicazione dei punti d'indagine ed individuazione degli ambiti geotecnici omogenei*), seppure interdigitato presso tutta l'area, in verticale ed a più livelli, con le unità precedentemente descritte (vedi Tav. 4 - "*Sezioni Geologico-Geotecniche Interpretative*" in scala 1:250, in allegato)

UNITA' INTERMEDIA

LATO W (Sez. A-A' - Intorno prove P7-P4 e Sondaggio S1) → da -4,25/-4,60 m a -15,00/-16,40 m dal p.c.
 FASCIA CENTRALE (Sez. B-B' - Intorno prove P8-P2-P5-P3) → da -6,00/-8,25 a -14,70 m dal p.c.
 LATO E (Sez. C-C' - intorno prove P1-P6) → da -7,50/-7,75 m a -15,00 (?) m dal p.c.

Questo intervallo presenta una netta prevalenza della sottounità SL sopradescritta, seppure con possibile presenza di lenti ed intercalazioni delle unità SG e subordinatamente LS-LA; si tratta quindi ancora di depositi alluvionali/fluvioglaciali caratterizzati da una certa variabilità.

La profondità della base di questo intervallo, caratterizzato in ogni caso da maggiore omogeneità litologica, tende ad essere piuttosto costante presso l'area di studio; nella fascia occidentale e centrale, verso la base, è presente con una certa continuità un bancone riferibile alla sottounità SG, a maggiore addensamento.

Sottounità SL

Sono presenti depositi costituiti da alternanze di sabbia fine localmente limosa mediamente addensata (**sottounità SLa** → Nspt caratteristico 14-22 e Rp caratteristico 35-70 e 70-90 kg/cm²) e di limi sabbiosi e argille limose da scarsamente a mediamente addensate (**sottounità SLb** → Nspt caratteristico 5-13 e 8-18 e Rp caratteristico 20-35 e 10-25 kg/cm²); l'unità si presenta prevalentemente di colore grigio con screziature ocra e talora grigio-azzurre, da umida a bagnata.

Sono altresì presenti lenti e livelli di sabbie medio-grossolane e sabbie fini limose talora da ghiaiose a debolmente ghiaiose da mediamente addensate ad addensate (**sottounità SG** → Nspt caratteristico 18-24 e 22-37 colpi e Rp caratteristico 70-90 e 90-180 kg/cm²) di colore grigio con screziature ocra bagnate e di sabbia medio fine localmente debolmente limosa ed argilla limosa scarsamente addensata (**sottounità LS-LA** → Nspt caratteristico 3-8 e Rp caratteristico 15-25 kg/cm²) di colore grigio con screziature ocra e talora grigio-azzurre, bagnate.



UNITA' PROFONDA

LATO W (Sez. A-A' - Intorno prove P7-P4 e Sondaggio S1) → OLTRE -15,00/-16,40 m dal p.c.

FASCIA CENTRALE (Sez. B-B' - Intorno prove P8-P2-P5-P3) → OLTRE -14,70 m dal p.c.

LATO E (Sez. C-C' - intorno prove P1-P6) → OLTRE -15,00 (?) m dal p.c.

Nelle prove più profonde, e dalle indagini sismiche (vedi successivo ¶ 4.5), presso l'area d'intervento ed a partire da -14,70/-16,40 m dal p.c. si ha il passaggio ad unità ghiaioso-sabbiose a maggiore addensamento ed omogeneità riferibili a depositi più francamente fluvioglaciali.

Sottunità G

Sono presenti depositi costituiti da ghiaia medio fine e sabbia medio grossolana limosa, addensata (unità G → N_{spt} caratteristico 28-38 e R_p caratteristico 150-300 kg/cm²), di colore grigio azzurro, bagnata.

4.6. Indagine Sismica

Al fine di verificare il comportamento sismico dei terreni di fondazione è stata condotta una specifica indagine per determinare la velocità delle onde sismiche mediante sismica di superficie. In particolare è stato eseguito uno stendimento di sismica multicanale con acquisizione delle onde superficiale ed analisi dei dati mediante metodologia MASW, finalizzato alla definizione della velocità di propagazione delle onde s nei primi 30 m di profondità dal p.c. (V_{S30}) richiesta dalla normativa vigente.

Metodologia - Acquisizione dati

L'acquisizione dei dati è avvenuta secondo le modalità "common-shot gathers", utilizzando strumentazione "Ambrogeo" costituita da un sismografo multicanale ECHO 24/2010 a 24+1 canali, con collegati 24 geofoni verticali OYO GEOSPACE con frequenza di 4,5 Hz. L'energizzazione è stata ottenuta mediante massa battente manovrata a mano (mazza da 8 kg – mod. SIS-020-000) agente a percussione su una piastra quadrata, collocata all'esterno dello stendimento dei geofoni.

E' stata quindi utilizzata la procedura di analisi MASW (*Multi-channel Analysis of Surface Waves*); i dati acquisiti sono stati elaborati mediante il software winMASW (creato dalla Eliosoft-Università degli Studi di Trieste).

Il risultato finale è la determinazione, in corrispondenza di ciascuno stendimento sismico del **profilo verticale medio della V_S** (velocità delle onde di taglio).

La procedura di analisi MASW utilizza la propagazione nel sottosuolo delle onde di superficie. Infatti le onde di Rayleigh (o di superficie) in un mezzo non stratificato si propagano in maniera lineare in funzione della distanza del geofono, al contrario in un mezzo stratificato subiscono il fenomeno della dispersione.

La curva di dispersione permette quindi di determinare le caratteristiche del sottosuolo. La velocità di propagazione per una certa lunghezza d'onda (λ), quindi frequenza, è infatti influenzata dalle proprietà che il mezzo possiede fino ad una profondità di $\lambda-\lambda/2$.

La velocità delle onde di Rayleigh (V_R) è correlabile alla V_S, essendo pari a circa il 90% della velocità delle onde di taglio (V_S).



Particolare attenzione nell'interpretazione dei dati deriva dalla considerazione che gli spostamenti indotti dalle onde di superficie sono correlabili a diversi *modi* (frequenze diverse), che possono sovrapporsi, soprattutto nel dominio f-k, in funzione dei seguenti fattori:

- distribuzione dell'energia tra i vari modi
- particolari conformazioni geologiche
- *array* utilizzato in fase di acquisizione.

Se avviene tale sovrapposizione, può generarsi una curva di dispersione apparente, che può risultare fuorviante in fase di interpretazione e quindi nella successiva inversione. Al fine di individuare i *modi* non correlabili alla successione stratigrafica si eseguono numerosi scoppi a distanze variabili rispetto allo stendimento. Tutte le curve di dispersione vengono quindi visionate prima di procedere al processing del *dataset* prescelto. I modi superiori, se correttamente riconosciuti, concorrono ad elaborare un modello maggiormente vincolato e non costituiscono un "disturbo".

Tenuto conto di quanto richiesto per l'applicazione della normativa relativa alla progettazione geotecnica, si ritiene che la metodologia di analisi MASW, la cui validità tecnica e scientifica risulta oramai consolidata, risulti pienamente idonea alla definizione dei dati richiesti. Tale scelta risulta avvalorata dalle seguenti considerazioni:

1. La percentuale di energia convertita in onde Rayleigh è di gran lunga predominante (67%) rispetto a quella coinvolta nella generazione e propagazione delle onde P (7%) ed S (26%).
2. L'ampiezza delle *Surface Waves* dipende da \sqrt{r} e non da r come per le *Body Waves*.
3. Il metodo MASW non è limitato, a differenza del metodo a rifrazione, dalla presenza di inversioni di velocità in profondità.
4. Il metodo MASW è contraddistinto da una buona risoluzione, a differenza del metodo a riflessione.
5. La propagazione delle onde di Rayleigh, anche se influenzata dalla V_p e dalla densità, è funzione innanzitutto della V_s , parametro di fondamentale importanza nella caratterizzazione geotecnica di un sito (categoria di suolo in base al Testo Unico).

La stima dell'andamento in profondità delle velocità V_s , mediante acquisizione sismica multicanale, viene ottenuta tramite inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh.

La procedura prevede la possibilità di considerare tanto il modo fondamentale che quelli superiori e consta di due fasi operative principali:

- Determinazione dello spettro di velocità - Individuazione delle curve di dispersione
- Determinazione dell'andamento della velocità delle onde di taglio (V_s) sulla verticale - Inversione e/o *modelling* diretto della curva di dispersione

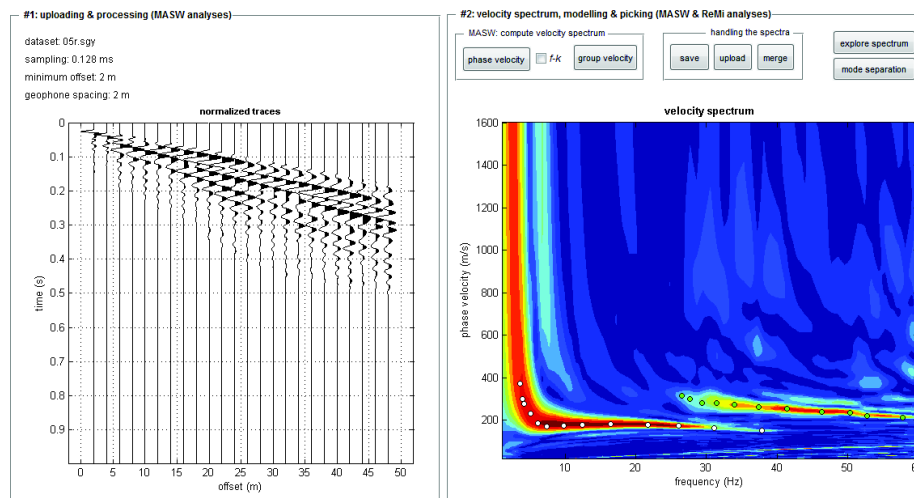


Sismostratigrafia

Vengono qui di seguito riportati i dati, le procedure ed i risultati relativi allo stendimento sismico predisposto entro l'area di intervento. L'allineamento ha previsto una distanza tra geofoni pari a 2,0 m; lo shot 3 utilizzato per l'analisi MASW, è stato ubicato 2 m all'esterno rispetto all'ultimo geofono.

Fase 1 - Determinazione spettro di velocità e picking della curva di dispersione

La prima operazione eseguita è la lettura del file acquisito in campagna (common-shot gather 5.dat). Una volta caricati i dati si procede con il calcolo dello spettro di velocità. Viene indicato come unico vincolo le massime e minime velocità e frequenze (in altri termini i limiti dello spettro di velocità).



Nel caso in esame è stato individuato un unico modo fondamentale ed un modo superiore utilizzato per la successiva inversione della curva di dispersione.

Fase 2 - Inversione della curva di dispersione

Il secondo passo da affrontare per ottenere il profilo verticale della Vs è l'inversione della curva di dispersione precedentemente "piccata".

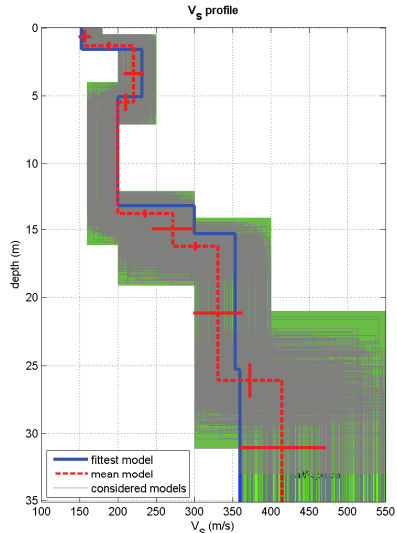
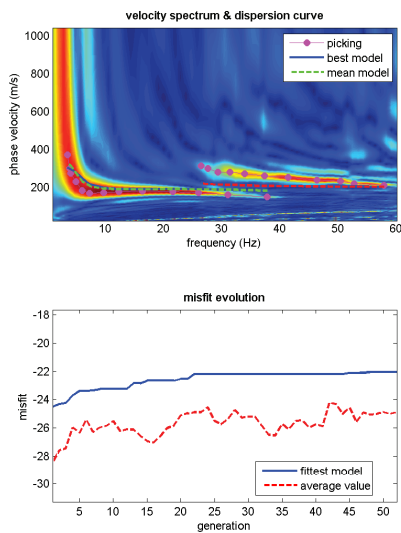
Nel contesto in esame poiché il gradiente di velocità non subisce variazioni drastiche è valida, per determinare il possibile spazio di ricerca, la cosiddetta assunzione $\lambda/2$ (data una certa lunghezza d'onda λ si assume che la sua velocità di propagazione dipenda dalle caratteristiche del mezzo ad una profondità pari a $\lambda/2$). I limiti del search space ("spazio di ricerca" o "spazio dei parametri") prescelti sono in ogni caso piuttosto ampi.

Per l'elaborazione dei modelli di velocità è stato impostato l'utilizzo di 6 strati, compatibile con l'assetto stratigrafico del sito d'interesse e con le finalità del presente studio.

Alcuni parametri genetici sono stati considerati pari a valori standard; i tassi di crossover e di mutazione sono fissati ad esempio sui valori di 0.75 e 0.1.



Dati relativi all'elaborazione dello shot 3:
 dataset: 05.sgy - offset minimo (m): 2
 distanza intergeofonica (m): 2,0 - campionamento (msec): 0.128
 curva di dispersione: verolanuova2015-132R RG file06r.cdp
 Numero di individui: 40 Numero di generazioni: 41
 Numero di modelli utilizzati per il calcolo del modello medio: 1811



www.winmasw.com

dataset: 05r.sgy
 dispersion curve: verolanuova2015-132R RG file06r.cdp
 Vs30 (best model): 263 m/s
 Vs30 (mean model): 257 m/s

MODELLO MEDIO:

VS (m/s) :	157	221	200	272	331	415
Deviazione standard (m/s) :	8	13	2	27	32	57
Spessore (m) :	1.3	4.2	8.2	2.5	9.9	1.87
Deviazione standard (m) :	0.3	0.6	0.3	0.3	1.2	

Stima approssimativa di Vp, densità e moduli elastici

Stima della Vp (m/s) :	327	460	416	566	689	776
Stima della densità (gr/cm3) :	1.78	1.87	1.84	1.92	1.96	1.99
Rapporto VP/VS:	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	1.87
Modulo di Poisson:	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.30
Modulo di Taglio (MPa) :	44	91	74	142	215	343

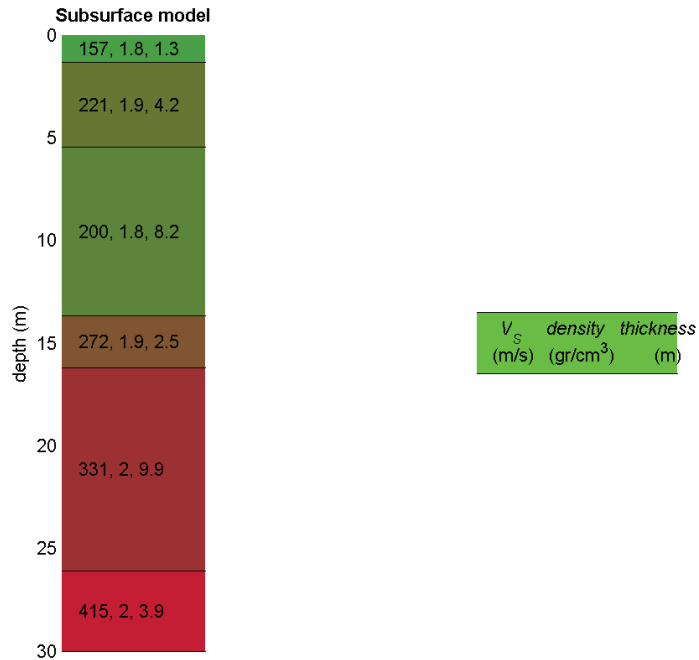
Si sottolinea che i parametri geotecnici, sopra riportati, sono riferiti a moduli dinamici e quindi a condizioni di bassa deformazione. I valori ottenuti sono stati infatti stimati in base alle deformazioni indotte nel terreno dalla propagazione delle onde sismiche. L'entità ridotta di tali deformazioni comporta alti valori dei moduli dinamici calcolati. Per deformazioni significativamente superiori, come di norma nei calcoli geotecnici, i valori stimati dovranno quindi essere idoneamente corretti tenendo conto della funzione matematica che ne regola la diminuzione in funzione dello sforzo applicato e della deformazione risultante. Il Progettista dovrà quindi utilizzarli solo nei modi e nei casi appropriati.

Velocità medie stimate: VS20 del modello medio: 225 m/s - VS30 del modello medio: 257 m/s

Possibile Tipo di Suolo: C (stimato sulla base del modello medio e del valore numerico di Vs30 calcolato mediante l'espressione 3.2.1 del D.M. 14/01/2008)
 winMASW 4.6 Lite Software per la determinazione dello spettro di velocità e l'inversione della curva di dispersione secondo il metodo MASW - Multichannel Analysis of Surface Waves www.eliosoft.it

ATTENZIONE! La classificazione del terreno è di pertinenza dell'utente, che ne deve valutare la tipologia sulla base della normativa e del profilo verticale VS.

Si riassume qui di seguito una sezione sismostratigrafica schematica.



5. MODELLO GEOTECNICO- GEOFISICO

Mediante la campagna di indagine geognostica (vedi paragrafi precedenti) ed i rilievi geologici e la ricostruzione del modello stratigrafico è stato possibile procedere alla definizione di un modello geologico-geotecnico e geofisico per il sito di progetto.

Per quanto concerne la stima dei parametri geotecnici principali sono state utilizzate formule di letteratura applicate in funzione della natura litologica di ciascuna unità.

Al fine di illustrare meglio i rapporti tra le unità geologico-geotecniche descritte è stata redatta la Tav. 4 - “*Sezioni Geologico-Geotecniche Interpretative*” in scala 1:250, in allegato (cui si rimanda per maggiore chiarezza), prendendo come riferimento le tavole progettuali fornite dalla Committenza.

Sono stati distinti **tre ambiti omogenei** (il cui andamento è stato esemplificato nella Tav. 3 – *Planimetria con ubicazione dei punti d’indagine ed individuazione degli ambiti geotecnici omogenei*) con particolare **riferimento alla sottounità geotecnica prevalente entro l’Unità Superficiale** (come individuata nel precedente ¶ 4.4) caratterizzata dalla maggiore variabilità laterale e dalla più marcata interferenza con le strutture di progetto.

Viene di seguito schematizzata la successione stratigrafica delle unità geotecniche riconosciute con indicazioni sulle caratteristiche geotecniche e sismiche dei terreni, partendo dall’alto verso il basso, e prendendo come quota di riferimento il **p.c. esistente presso i punti d’indagine al momento di esecuzione.**

AMBITO CON PREVALENZA DELLA SOTTOUNITÀ SL NELL’UNITÀ SUPERFICIALE

Intorno prova P1-P8

Locali Disidratazione-Compressori – Quadri Elettrici - Uffici

Unità Geotecnica VEG

Da **0,00 m a -0,40/-0,60 m dal p.c.**: coltre di terreno vegetale limoso-sabbioso debolmente argilloso, di colore marrone, debolmente umido, con grado di addensamento da scarso a medio e basse velocità di propagazione delle onde s (Vs pari a circa 150-160 m/sec). Le caratteristiche geotecniche di questa unità risultano variabili e quindi **non risulta idonea alla posa di alcuna struttura di fondazione.**

Unità Geotecnica SL con livelli di SG e LS-LA

Da **-0,40/-0,60 m a -14,70/-16,00 m dal p.c.**: sono presenti in prevalenza, già a partire dall’unità superficiale e compresa l’unità intermedia, depositi costituiti da alternanze di **sabbia fine localmente limosa mediamente addensata** (sottounità SLa → Nspt caratteristico 15-22 e Rp caratteristico 35-70 e 70-90 kg/cm²) e di **limi sabbiosi e argille limose da scarsamente a mediamente addensate** (sottounità SLb → Nspt caratteristico 5-13 e 8-17 e Rp caratteristico 10-25 e 20-35 kg/cm²); l’unità si presenta prevalentemente di colore grigio con screziature ocre e talora grigio-azzurre.



Sono altresì presenti, a profondità variabile dal p.c. (vedi Tav. 4 *Sezioni Geologico-Geotecniche interpretative*) lenti e livelli di sabbie medio-grossolane e sabbie fini limose talora da ghiaiose a debolmente ghiaiose **da mediamente addensate ad addensate** (sottunità SG → Nspt caratteristico 16-24 colpi e Rp caratteristico 80-110 kg/cm²) di colore grigio con screziature ocra e di sabbia medio fine localmente debolmente limosa ed argilla limosa **scarsamente addensata** (sottunità LS-LA → Nspt caratteristico 5-8 e Rp caratteristico 10-25 kg/cm²) di colore grigio con screziature ocra e talora grigio-azzurre.

L'unità, in questo ambito, risulta **saturo a partire da circa -5,70/-6,00 m dal p.c.**; per la componente prevalente, sono attribuiti i parametri geotecnici di seguito elencati:

γ	18 kN/m³	Peso unitario del terreno sopra falda
γ'	8 kN/m³	Peso unitario del terreno immerso in falda
Cu	0 kPa	Coesione non drenata
Dr	40% - 55%* 25% - 40%**	Densità relativa (Skempton)
ϕ	30°-32°* 24°-30°**	Angolo di resistenza al taglio efficace
Vs	200-240 m/sec	Velocità di propagazione delle onde s

*: valori riferiti ai livelli mediamente addensati (LSa)

** : valori riferiti ai livelli da scarsamente a mediamente addensati /LSb).

Unità Geotecnica G

Oltre -14,70/-16,00 m dal p.c.: sono presenti depositi costituiti da ghiaia medio fine e sabbia medio grossolana limosa, **addensata** (unità G → Nspt caratteristico 28-38), di colore grigio azzurro.

A questa unità, saturo, sono attribuiti i parametri geotecnici di seguito elencati:

γ'	9 kN/m³	Peso unitario del terreno immerso in falda
Cu	0 kPa	Coesione non drenata
Dr	65% - 75%	Densità relativa (Skempton)
ϕ	34°-36°	Angolo di resistenza al taglio efficace
Vs	300-360 m/sec	Velocità di propagazione delle onde s

AMBITO CON PREVALENZA DELLA SOTTOUNITÀ SG NELL'UNITÀ SUPERFICIALE

Intorno prova P7-P2, P5, P4-P3

Digestione Aerobica dei Fanghi – Vasca di Ossidazione Nitrificazione Nord

Vasche di Predenitrificazione

Sedimentatore finale Sud e Vasca di Ossidazione Nitrificazione Sud

Unità Geotecnica VEG

Da 0,00 m a -0,60/-0,80 m dal p.c.:

Coltre di terreno vegetale limoso-sabbioso debolmente argilloso, di colore marrone, debolmente umido, con grado di addensamento da scarso a medio e basse velocità di propagazione delle onde s (V_s pari a circa 150-160 m/sec). Le caratteristiche geotecniche di questa unità risultano variabili e quindi **non risulta idonea alla posa di alcuna struttura di fondazione.**

Unità Geotecnica SG con livelli di SL e LS-LA

Da -0,60/-0,80 m a -4,00/-4,60 m (intorno prove P7-P4) /-5,60/-6,80 m (intorno prove P2-P3 e P5) dal p.c.:

Sono presenti in prevalenza, nell'unità superficiale, depositi costituiti da sabbie medio-grossolane e sabbie fini limose talora da ghiaiose a debolmente ghiaiose **da mediamente addensate ad addensate** (sottounità SG → N_{spt} caratteristico 22-27 colpi e R_p caratteristico 70-90 e 90-180 kg/cm^2) di colore grigio con screziature ocra.

Sono altresì presenti, in superficie ma fino a profondità variabile di -2,40/-3,30 m dal p.c. (vedi Tav. 4 *Sezioni Geologico-Geotecniche interpretative*) lenti e livelli di limi sabbiosi e argille limose **da scarsamente a mediamente addensate** (sottounità SLb → N_{spt} caratteristico 10-11 colpi e R_p caratteristico 20-35 e 10-25 kg/cm^2) (intorno prove P3-P2 e P5) e di sabbia medio fine localmente debolmente limosa ed argilla limosa **scarsamente addensata** (sottounità LS-LA → N_{spt} caratteristico 3-7 colpi e R_p caratteristico 10-25 kg/cm^2) di colore grigio con screziature ocra e talora grigio-azzurre (intorno prova P4).

L'unità, in questo ambito, risulta **saturo a partire da circa -5,40/-6,70 m dal p.c.**; per la componente prevalente, sono attribuiti i parametri geotecnici di seguito elencati:

γ	19 kN/m^3	Peso unitario del terreno sopra falda
γ'	0 kN/m^3	Peso unitario del terreno immerso in falda
Cu	0 kPa	Coesione non drenata
Dr	45% - 70% 30% - 40%**	Densità relativa (Skempton)
ϕ	30°-34° 22°-28°**	Angolo di resistenza al taglio efficace
V_s	210-240 m/sec	Velocità di propagazione delle onde s

** : valori riferiti ai livelli da scarsamente a mediamente addensati (LSb e LS-LA).

Unità Geotecnica SL

Da -4,00/-4,60 m (intorno prove P7-P4)/-5,60/-6,80 m (intorno prove P2-P3 e P5) dal p.c. a -15,00/-16,40 m dal p.c.:

Sono presenti, nell'unità intermedia, depositi costituiti da alternanze di sabbia fine localmente limosa **mediamente addensata** (sottounità SLa → N_{spt} caratteristico 11-18 colpi e R_p caratteristico 35-70 e 70-90 kg/cm²) e di limi sabbiosi e argille limose **da scarsamente a mediamente addensate** (sottounità SLb → N_{spt} caratteristico 5-13 e 8-17 e R_p caratteristico 10-25 e 20-35 kg/cm²); l'unità si presenta prevalentemente di colore grigio con screziature ocra e talora grigio-azzurre.

Sono altresì presenti (vedi Tav. 4 *Sezioni Geologico-Geotecniche interpretative*) localmente (intorno prove P4, P2 e P5, verso la base dell'unità) lenti e livelli di sabbie medio-grossolane e sabbie fini limose talora da ghiaiose a debolmente ghiaiose **da mediamente addensate ad addensate** (sottounità SG → N_{spt} caratteristico 18-24 colpi e R_p caratteristico 100-150 kg/cm²) di colore grigio con screziature ocra e intercalazioni (intorno prova P2 e P5, a circa -6,00 m dal p.c.) di sabbia medio fine localmente debolmente limosa ed argilla limosa **scarsamente addensata** (sottounità LS-LA → N_{spt} caratteristico 3-5 e R_p caratteristico 10-25 kg/cm²) di colore grigio con screziature ocra e talora grigio-azzurre.

A questa unità, satura, per la componente prevalente, sono attribuiti i parametri geotecnici di seguito elencati:

γ	18 kN/m ³	Peso unitario del terreno sopra falda
γ'	8 kN/m ³	Peso unitario del terreno immerso in falda
Cu	0 kPa	Coesione non drenata
Dr	40% - 55%* 25% - 35%**	Densità relativa (Skempton)
ϕ	28°-32°* 24°-28°**	Angolo di resistenza al taglio efficace
V _s	200 m/sec	Velocità di propagazione delle onde s

*: valori riferiti ai livelli mediamente addensati (SLa)

** : valori riferiti ai livelli da scarsamente a mediamente addensati (SLb).

Unità Geotecnica G

Oltre -15,00/-16,40 m dal p.c.: sono presenti depositi costituiti da ghiaia medio fine e sabbia medio grossolana limosa, **addensata** (unità G → R_p 110-280 kg/cm²), di colore grigio azzurro.

A questa unità, satura, sono attribuiti i parametri geotecnici di seguito elencati:

γ'	9 kN/m ³	Peso unitario del terreno immerso in falda
Cu	0 kPa	Coesione non drenata
Dr	40% - 55%	Densità relativa (Skempton)
ϕ	34°-36°	Angolo di resistenza al taglio efficace
V _s	300-360 m/sec	Velocità di propagazione delle onde s

AMBITO CON PREVALENZA DELLA SOTTOUNITÀ LS-LA NELL'UNITÀ SUPERFICIALE

**Intorno sondaggio S1 e prova P6
Sedimentatore finale Nord - Grigliatura e Partitore**

Unità Geotecnica VEG

Da 0,00 m a -0,50/-0,90 m dal p.c.:

Coltre di terreno vegetale limoso-sabbioso debolmente argilloso, di colore marrone, debolmente umido, con grado di addensamento da scarso a medio e basse velocità di propagazione delle onde s (Vs pari a circa 150-160 m/sec). Le caratteristiche geotecniche di questa unità risultano variabili e quindi **non risulta idonea alla posa di alcuna struttura di fondazione.**

Unità Geotecnica LS-LA

Da -0,60/-0,80 m a -3,25 m (intorno sondaggio S1)/-7,80 m (intorno prova P6) dal p.c.:

Sono presenti in prevalenza, nell'unità superficiale, depositi costituiti da sabbia medio fine localmente debolmente limosa ed argilla limosa **scarsamente addensata** (sottounità LS-LA → Nspt caratteristico 3-8) di colore grigio con screziature ocra e talora grigio-azzurre.

L'unità, in questo ambito, risulta satura a partire da circa -6,10/-6,40 m dal p.c.; sono attribuiti i parametri geotecnici di seguito elencati:

γ	17 kN/m ³	Peso unitario del terreno sopra falda
γ'	7 kN/m ³	Peso unitario del terreno immerso in falda
Cu	0 kPa	Coesione non drenata
Dr	15% - 30%	Densità relativa (Skempton)
ϕ	22°-26°	Angolo di resistenza al taglio efficace
Vs	200 m/sec	Velocità di propagazione delle onde s

Unità Geotecnica SL

Da -3,25 (intorno sondaggio S1)/-7,80 m (intorno prova P6) dal p.c. a -16,00 m dal p.c.:

Sono presenti, nell'unità intermedia, depositi costituiti da alternanze di sabbia fine localmente limosa **mediamente addensata** (sottounità SLa → Nspt caratteristico 11-15 colpi) e di limi sabbiosi e argille limose **da scarsamente a mediamente addensate** (sottounità SLb → Nspt caratteristico 5-10); l'unità si presenta prevalentemente di colore grigio con screziature ocra e talora grigio-azzurre.

Sono altresì presenti (vedi Tav. 4 *Sezioni Geologico-Geotecniche interpretative*) localmente (verso la base dell'unità) lenti e livelli di sabbie medio-grossolane e sabbie fini limose talora da ghiaiose a debolmente ghiaiose **da mediamente addensate ad addensate** (sottounità SG → Nspt caratteristico 27-37) di colore grigio con screziature ocra e intercalazioni di sabbia medio fine localmente debolmente limosa ed argilla limosa **scarsamente addensata** (sottounità LS-LA → Nspt caratteristico 3-8 colpi) di colore grigio con screziature ocra e talora grigio-azzurre.

L'unità, in questo ambito, risulta satura a partire da circa -6,10/-6,40 m dal p.c.; per la componente prevalente, sono attribuiti i parametri geotecnici di seguito elencati:

γ	18 kN/m ³	Peso unitario del terreno sopra falda
γ'	8 kN/m ³	Peso unitario del terreno immerso in falda
Cu	0 kPa	Coesione non drenata
Dr	40% - 55%* 25% - 35%**	Densità relativa (Skempton)
ϕ	28°-30°* 24°-27°**	Angolo di resistenza al taglio efficace
Vs	200 m/sec	Velocità di propagazione delle onde s

*: valori riferiti ai livelli mediamente addensati (SLa)

** : valori riferiti ai livelli da scarsamente a mediamente addensati (SLb).

Unità Geotecnica G

Oltre -16,00 m dal p.c.: sono presenti depositi costituiti da ghiaia medio fine e sabbia medio grossolana limosa, addensata (unità G → N_{spt} caratteristico 37 colpi), di colore grigio azzurro.

A questa unità, satura, sono attribuiti i parametri geotecnici di seguito elencati:

γ'	9 kN/m ³	Peso unitario del terreno immerso in falda
Cu	0 kPa	Coesione non drenata
Dr	40% - 55%	Densità relativa (Skempton)
ϕ	34°-36°	Angolo di resistenza al taglio efficace
Vs	300-360 m/sec	Velocità di propagazione delle onde s

IN TUTTI GLI AMBITI INDIVIDUATI per i depositi fluvioglaciali/alluvionali sabbioso-ghiaiosi dell'Unità G si può ipotizzare, sulla base dei dati geofisici che proseguano in profondità ben oltre 30 metri dal p.c.; i dati sismostratigrafici indicano, a partire da circa -25 m dal p.c., la presenza di unità a maggiore velocità di propagazione delle onde s, pari a circa Vs=340-470 m/sec, che potrebbero coincidere con unità alluvionali maggiormente addensate.

6. RISPOSTA SISMICA DEL SITO

Per la valutazione dell'Azione Sismica il Testo Unico (D.M. 14/01/08) richiede l'utilizzo dei metodi, delle formule e delle tabelle in esso riportate, nonché l'applicazione di quanto previsto ai paragrafi 3.2.3.2, 3.2.3.3, 3.2.3.4 e 3.2.3.5. Non sono state condotte specifiche analisi di Risposta Sismica Locale; sono stati quindi utilizzati i metodi semplificati previsti dal D.M. 14/01/08.

L'indagine geognostica e sismica e lo studio geologico hanno quindi permesso di definire un modello geologico-geotecnico e geofisico e di analizzare le caratteristiche geomorfologiche del sito al fine di definire la Categoria di Sottosuolo e la Categoria Topografica, che potranno essere utilizzate per la stima dell'Azione Sismica e più in generale per la progettazione delle opere.

Mediante il programma Excel "Spettri-NTC (ver. 1.0.3)" è possibile definire gli Spettri di Risposta Elastici ed i Parametri di Pericolosità Sismica definiti per il sito di progetto sulla base dei risultati del progetto S1 – INGV (**Fase 1**).

Lo sviluppo delle **Fasi 2 e 3**, per la definizione degli Spettri di Risposta Elastici di progetto, relativi ai vari Stati Limite, necessita la conoscenza e/o la scelta di parametri progettuali di competenza dei Tecnici Progettisti delle opere.

Nei paragrafi successivi si forniscono quindi, per quanto di pertinenza del Geologo, i dati inerenti la Risposta Sismica e la Pericolosità Sismica del Sito nonché i parametri sismici normativi (Fase 1 e parzialmente Fase 2). **Si rimane altresì disponibili per un'eventuale sviluppo congiunto, delle fasi 2 e 3 e quindi della definizione dei parametri relativi all'azione sismica di progetto.**

E' stata inoltre presa in esame la stabilità del sito nei confronti della liquefazione, come richiesto al paragrafo 7.11.3.4 del D.M. 14/01/08.

6.1. Categoria di Sottosuolo e Categoria Topografica

Viene di seguito fornita una classificazione e caratterizzazione dei terreni secondo quanto indicato dalle norme tecniche per il progetto sismico allegate al D.M. 14/01/08.

Per quanto concerne le caratteristiche litologiche il sottosuolo è stato classificato secondo le tabelle allegate al D.M. 14/01/08 e riportate di seguito:

Tabella 3.2.II – *Categorie di sottosuolo*

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
C	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
D	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).</i>

Tabella 3.2.III – Categorie aggiuntive di sottosuolo.

Categoria	Descrizione
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Il valore di $V_{s,30}$ è stato stimato utilizzando l'espressione:

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}} \text{ [m/s]}. \quad (3.2.1)$$

Applicando il D.M.14/01/08 e tenuto conto dei dati sismostratigrafici relativi ai terreni d'interesse possono essere stimati i seguenti valori di $V_{s,30}$:

~ 260 m/sec

In base ai dati sismostratigrafici può quindi essere definita una **categoria di sottosuolo "C"**.

Per quanto concerne le **caratteristiche geomorfologiche** si potrà fare riferimento alla tabella 3.2.IV del D.M. 14/01/08.

Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche

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

Per il sito di progetto, inserito in un contesto di pianura e quindi sub-pianeggiante, si potrà tenere conto di una **categoria topografica T1**.



6.2. Pericolosità Sismica del Sito – Parametri sismici di riferimento

Per il sito di progetto, possono essere stimati per varie frequenze annuali di superamento, i valori dei parametri sismici normativi (a_g , F_0 e T_c^*) relativi alla Pericolosità Sismica mediante il programma Spettri-NTC ver.1.0.3, utilizzando le **coordinate geografiche di riferimento del sito di progetto**.



Nel caso specifico, tenuto conto per l'intervento di progetto di una **Classe d'Uso II** (paragrafo 2.4.2 NTC-08) è stata ipotizzata una strategia di progettazione per strutture ordinarie (**Fase 2**). Si rimanda al Tecnico Progettista l'eventuale definizione di una diversa classe d'uso e di conseguenza di una diversa strategia di progettazione.

In particolare si propongono i seguenti parametri progettuali ed i relativi periodi di riferimento da utilizzare per i diversi Stati Limite:

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	SL D 50	SL V 475	SLC 975

I valori dei parametri sismici normativi (a_g , F_0 e T_c^*) relativi alla pericolosità sismica stimati secondo la strategia di progettazione ordinaria sono di seguito elencati:

Valori dei parametri a_g , F_0 , T_c^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_c^* [s]
SLO	30	0,035	2,498	0,210
SLD	50	0,044	2,481	0,235
SLV	475	0,116	2,444	0,283
SLC	975	0,152	2,437	0,287

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Si allegano gli spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL, nonché 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.

Si rimanda al Tecnico Progettista delle Strutture, o ad un'eventuale valutazione congiunta, la determinazione (**Fase 3**) dell'Azione Sismica di Progetto e quindi dello Spettro di Progetto Elastico (SLE) o Inelastico (SLU).

Nel caso in cui fosse ammissibile la progettazione secondo le vecchie normative sismiche (vedi paragrafi precedenti) si potrà tener conto di valori di a_g correlabili alla III categoria sismica. In tal caso la normativa sismica, ai sensi del D.M. del 16/01/96, prevede un valore di $a_g = 0.04 g$.

6.3. Amplificazione Stratigrafica (S_s) e Topografica (S_t)

Per l'utilizzo dei metodi, delle formule e delle tabelle riportate nella nuova revisione del Testo Unico (D.M. 14/01/08) si potrà tenere conto della categoria di sottosuolo stimata e dei valori dei parametri di pericolosità sismica del sito e potranno essere applicate le seguenti espressioni:

Tabella 3.2.V – Espressioni di S_s e di C_c

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

Per l'intervento di progetto per le verifiche allo Stato Limite di Danno (SLD) ed allo Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV) si possono utilizzare i seguenti valori:

CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	SLD	S_s	SLV	S_s
		1,500		1,500
C		C_c		C_c
		1,693		1,592

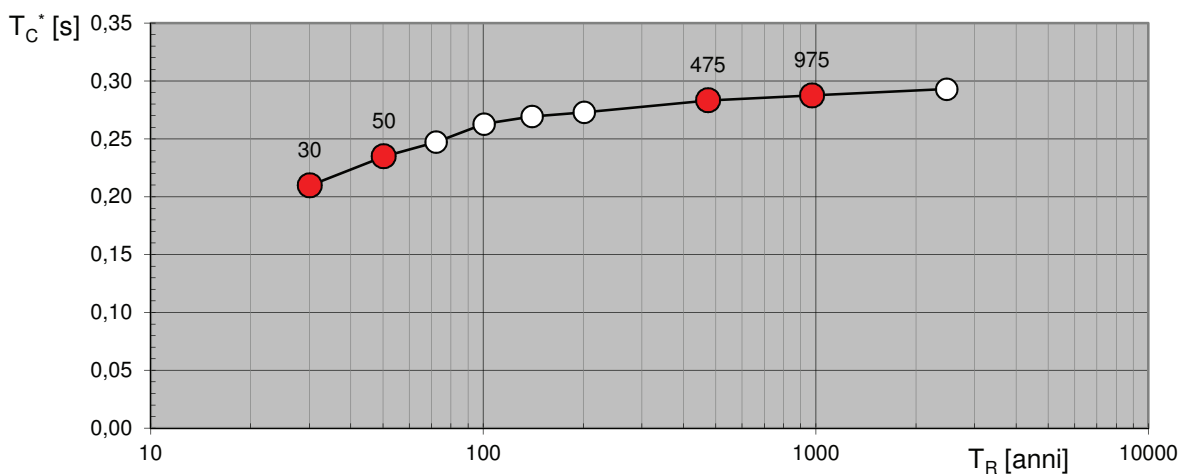
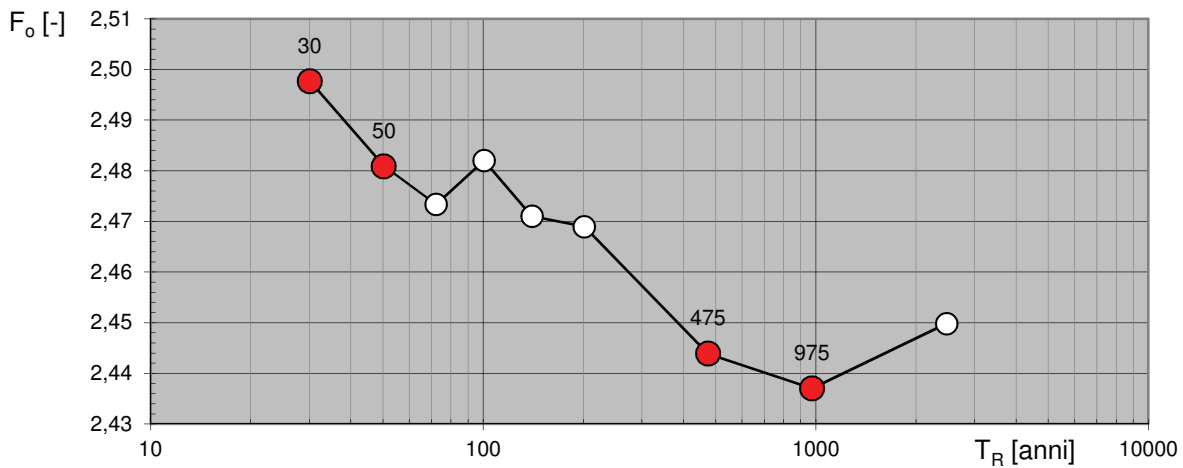
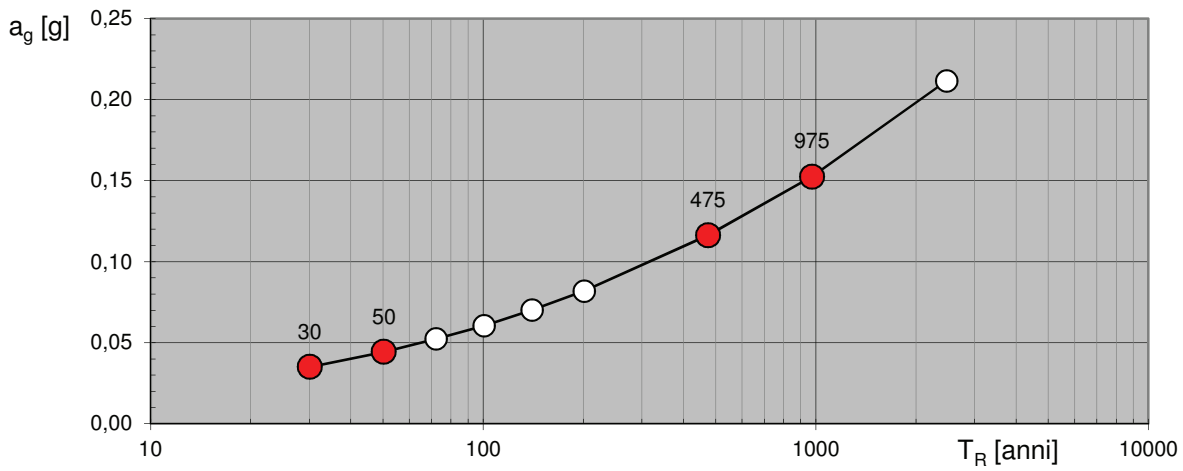
Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati nella seguente tabella:

Tabella 3.2.VI – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

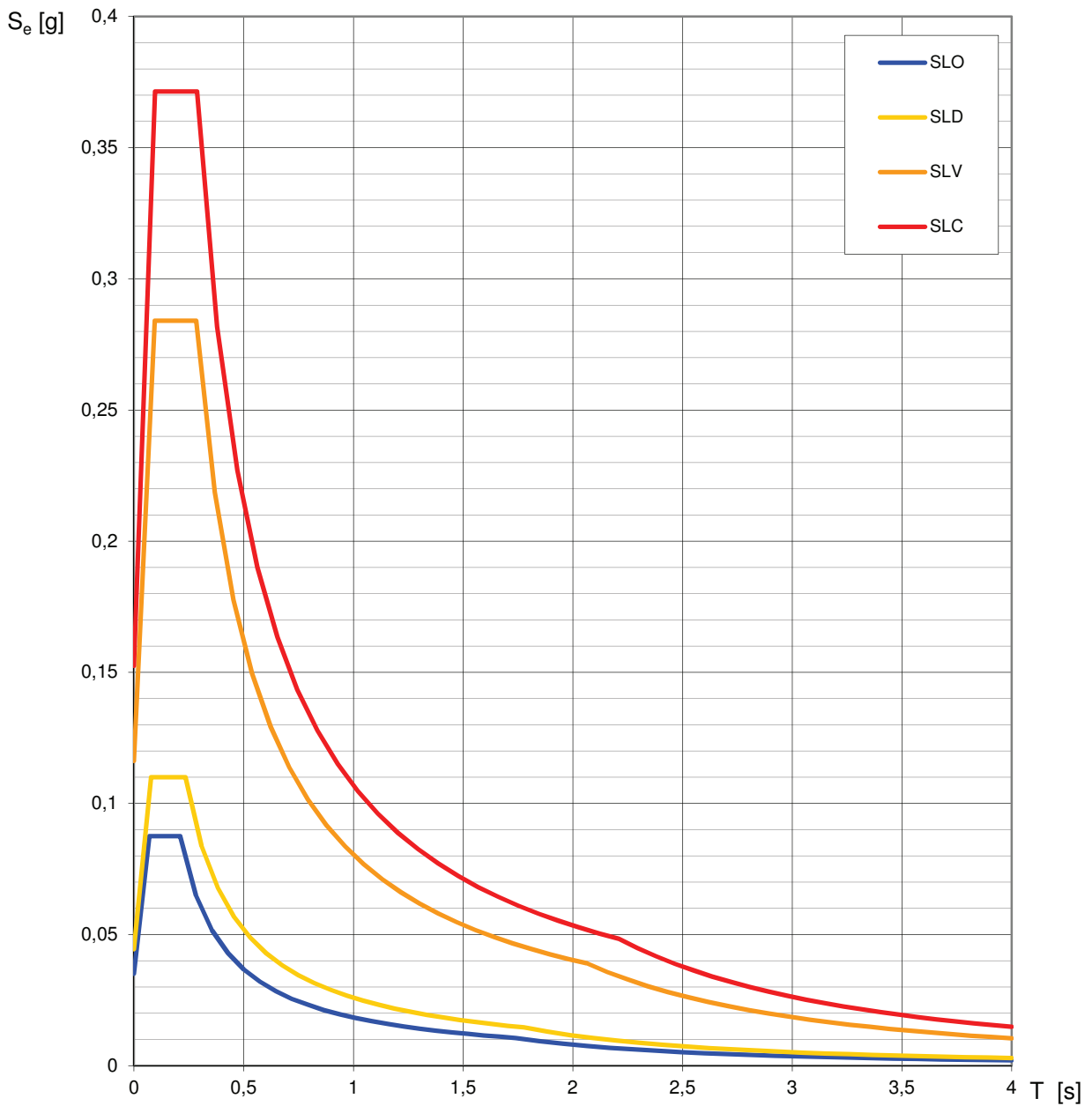
Per il sito d'intervento si potrà tenere conto di una categoria topografica T1, che comporta valori di S_T pari a 1.0.

Valori di progetto dei parametri a_g , F_o , T_C^* in funzione del periodo di ritorno T_R



La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

6.4. Stabilità del sito nei confronti della liquefazione – Esclusione della verifica a liquefazione

Nel presente capitolo verranno prese in considerazione le problematiche di stabilità del sito di progetto nei confronti della liquefazione, intendendo con tale termine quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni drenate.

La valutazione della suscettibilità di liquefazione di un terreno verrà eseguita in applicazione di quanto previsto al cap. 7.11.3.4 del D.M. 14/01/08. Laddove fossero ipotizzati effetti di liquefazione dei terreni tali da influire sulle condizioni di stabilità del sito o dei manufatti di progetto occorrerà procedere ad interventi di consolidamento del terreno e/o a trasferire il carico a strati di terreno non suscettibili di liquefazione.

Sinteticamente si può affermare che il fenomeno di liquefazione dei terreni si può verificare durante un evento sismico in presenza di terreni sabbiosi o sabbioso-limosi saturi poco addensati.

Per la determinazione empirica del potenziale di liquefazione dei terreni di fondazione devono essere considerati i seguenti fattori:

- età dei depositi;
- magnitudo del sisma di riferimento;
- pressione di confinamento;
- storia tensionale (sollecitazioni sismiche pregresse);
- presenza di intervalli di sabbie fini o sabbie limose in falda con fuso granulometrico che ricade nell'intervallo granulometrico compreso tra 0.075 mm e 2.0 mm;
- uniformità granulometrica con sabbie e sabbie limose con indice di plasticità IP inferiore al 10 %;
- addensamento molto scarso dei terreni sabbiosi con valori di densità relativa (D_r) inferiore al 50 % e correlata a bassi valori di NSPT, in ogni caso funzione della profondità.

Tali fattori risultano di fatto determinare anche le “circostanze” di esclusione dalla verifica a liquefazione elencate al punto 7.11.3.4.2 del D.M. 14/01/2008 e che verranno analizzate nell'ordine richiesto dalla normativa e fino a riscontro di una di esse.

6.4.1. Circostanze di esclusione relativi all'input sismico

Si è pertanto proceduto a verificare inizialmente, in applicazione della normativa, le circostanze di esclusione previste ai commi 1-2 del punto 7.11.3.4.2 correlati a fattori legati all'input sismico:

1. eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;
2. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;

Durante un terremoto infatti il terreno può essere visto come sottoposto ad una serie di cicli di carico variabili in intensità e numero in funzione della magnitudo del sisma stesso.

In terremoti di elevata magnitudo è sufficiente un numero ridotto di cicli di carico per produrre la liquefazione del deposito, poiché ad ogni ciclo è associata una sollecitazione dinamica di maggiore intensità. In terremoti di minore magnitudo lo stesso effetto lo si ottiene con un numero superiore di



cicli di carico. In definitiva quindi una elevata magnitudo del sisma (maggiore intensità degli sforzi di taglio applicati al terreno) e una lunga durata dello stesso (maggiore numero di cicli di carico) rendono più probabile l'iniziarsi della liquefazione in un deposito sabbioso saturo.

Anche depositi sciolti con medio-bassa predisposizione possono subire liquefazione se interessati da un terremoto con una magnitudo e una durata sufficientemente elevate.

I parametri fondamentali legati all'evento sismico sono:

- Magnitudo
- Accelerazione sismica orizzontale
- Durata

Riguardo la **magnitudo di un sisma** il D.M. 14/01/2008 al comma 1 del paragrafo 7.11.3.4.2 indica quale circostanza di esclusione dalla verifica a liquefazione “*eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5*”.

Questa indicazione è assente nell'Eurocodice 8 ma approfondite analisi dei terremoti storici italiani condotte da Galli (2000) ed altri Autori, hanno portato alla conclusione che nel caso di sismi con magnitudo M maggiore o uguale a 4,9 il rischio che si abbiano liquefazioni di depositi sciolti saturi diventa significativo; pertanto questo valore, arrotondato a 5 ($M \geq 5$) è stato assunto come valore soglia della normativa italiana.

L'**accelerazione sismica orizzontale massima** ($a_{g \max}$) in superficie è direttamente legata allo sforzo di taglio applicato sul terreno e poiché si riferisce alla superficie è necessario tener conto degli effetti di amplificazione stratigrafica e topografica.

Il parametro $a_{g \max}$ si ricava direttamente dalla caratterizzazione sismica del sito in esame e più specificatamente dai parametri (riferiti allo Stato Limite Ultimo SLV) presenti nella seguente relazione:

$$a_{g \max} = a_g \cdot S_s \cdot S_t$$

Il comma 2 dello stesso paragrafo specifica altresì che siano circostanza di esclusione anche “*accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti e quindi di carichi (condizioni di campo libero – free field) minori di 0,10 g*”.

Anche in questo caso il valore soglia non coincide con quanto suggerito dall'Eurocodice 8 che lo pone infatti a 0,15 g: tale differenza è giustificata dal contesto sismico italiano nel quale risulta molto improbabile l'innescio di fenomeni di liquefazione in corrispondenza di $a_{g \max}$ minori di 0,10 g.

Per quanto riguarda la **durata dell'evento sismico** il numero di cicli di carico a cui è sottoposto il terreno dipende dalla durata del sisma e quindi maggiore è la durata dell'evento e maggiore sarà la probabilità di innescio della liquefazione in depositi suscettibili. La durata dell'evento sismico assume grande importanza in aree distanti dall'epicentro poiché un numero abbastanza elevato di cicli di carico potrebbe portare all'accumulo di sovrappressioni in grado di generare la liquefazioni nonostante il moto sismico e quindi lo sforzo di taglio indotto nel terreno sia notevolmente attenuato dalla lontananza dall'epicentro. Tuttavia la normativa del D.M. 14/01/2008 non indica in che modo tener conto di questo fattore.



Per il sito d'interesse è stata stimata una **Magnitudo di riferimento $M=4,81$** ricavata mediante l'operazione di "*Disaggregazione della Pericolosità Sismica*" (Progetto DPC-INGV-S1 – Spallarossa D., Barani S. – 2007); tale metodo permette di valutare, in termini di magnitudo e distanza, il *terremoto di scenario* del sito, inteso come il sisma che maggiormente contribuisce alla pericolosità del sito oggetto di studio. Si allegano gli elaborati derivanti dall'applicazione del metodo proposto.

Tenuto conto della normativa comunale vigente ed in relazione al valore di **Magnitudo di riferimento**, prossimo a quello soglia di esclusione dal comma 1, si procede cautelativamente alla verifica delle condizioni dei commi successivi.

Si è quindi tenuto conto di un valore di base di **a_g pari a 0,116 g (SLV)**, di un fattore S determinato dal prodotto dell'amplificazione morfologica (**$S_t=1,0$**) e dell'amplificazione litologica (**S_s pari al valore massimo di 1,500** per lo spettro di progetto SLV per un categoria di sottosuolo C). Si è pertanto considerato un **valore complessivo di accelerazione sismica orizzontale pari a 0,174 g**.

Tale valore di **a_{gmax}** risulta superiore a quello previsto quale soglia di esclusione dal comma 2, si procede alla verifica delle condizioni dei commi successivi.

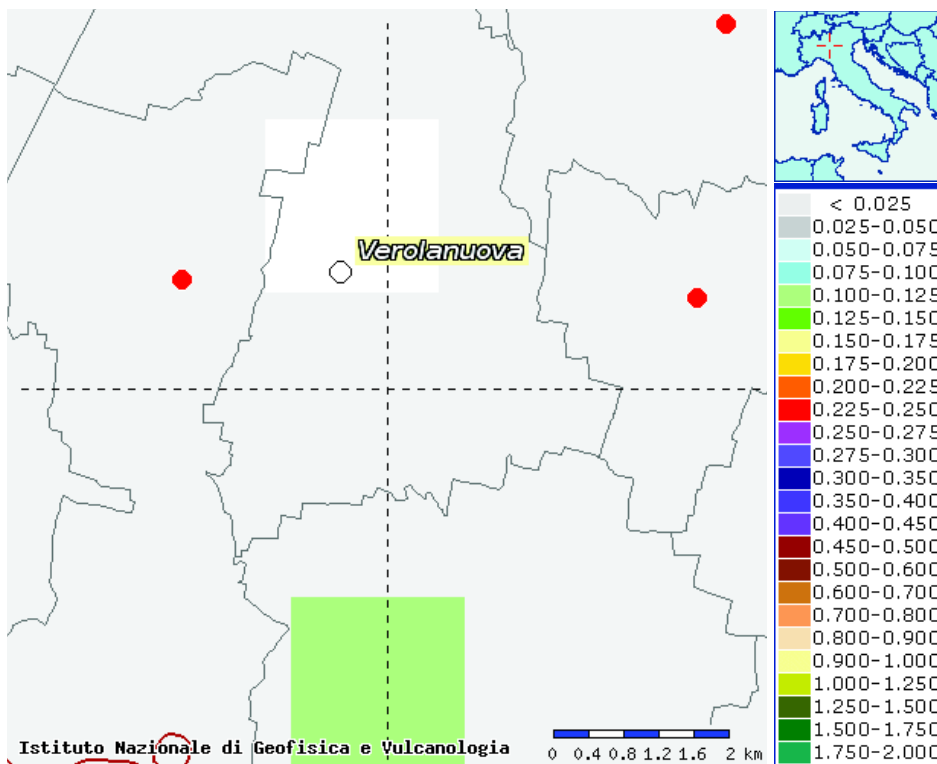
6.4.2. Circostanze di esclusione relative a fattori geologici-geotecnici

I commi 3-4-5 del paragrafo 7.11.3.4.2 del D.M. 14/01/08 forniscono di fatto i riferimenti quantitativi "normativi" da applicare per definire la necessità per un sito di procedere alla verifica a liquefazione dei terreni per fattori geologico-geotecnici; essi prendono infatti in esame la profondità della falda, le caratteristiche geotecniche dei terreni presenti al di sotto del piano di fondazione e la loro distribuzione granulometrica (Fig. 7.11.1).

3. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
4. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$ dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
5. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.



Mappe interattive di pericolosità sismica



Strumenti

- Ritorna alla mappa iniziale
- Ridisegna mappa
- Zoom In
- Zoom Out
- Ricentra sul punto
- Grafico sul punto griglia
- Grafico di disaggregazione

Navigazione

Scala:

(Valori consentiti: 50.000 - 7.909.000)

Scala:

Coordinate del centro della mappa

Latitudine:

Longitudine:

Ricerca Comune

Il nome

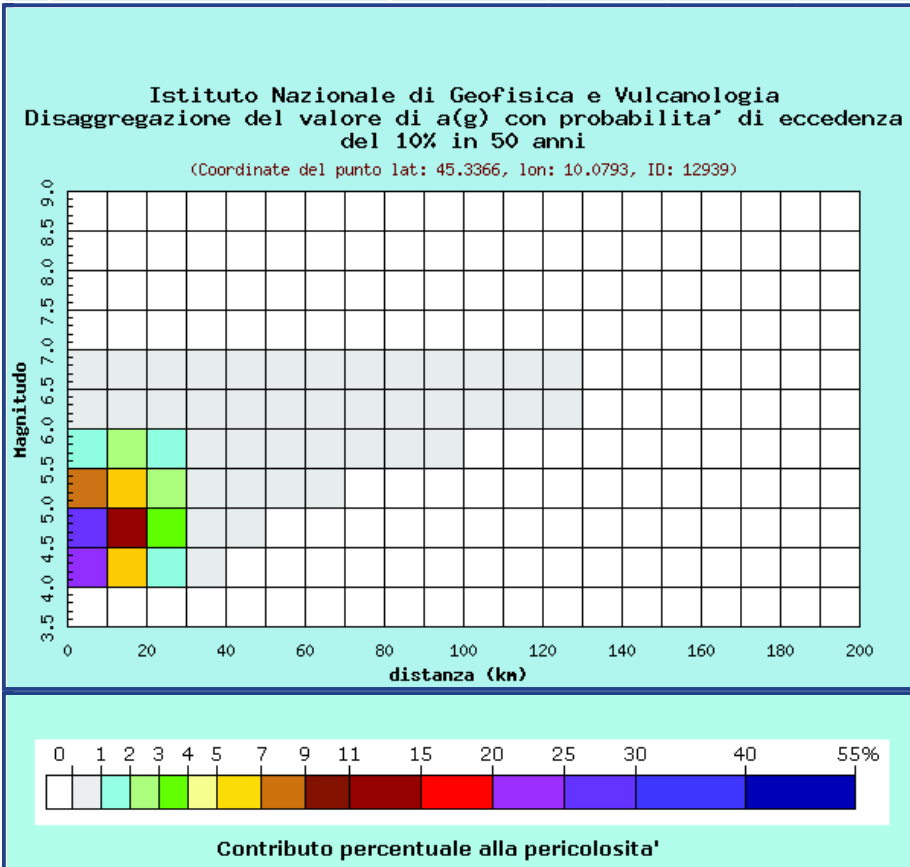
contiene:

Comune evidenziato

Verolanuova

Selezione mappa

<input checked="" type="checkbox"/>	Visualizza punti della griglia riferiti a:	Parametro dello scuotimento:	Probabilità in 50 anni:	Percentile:	Periodo spettrale (sec):
	Ridisegna mappa	<input type="text" value="a(g)"/>	<input type="text" value="10%"/>	<input type="text" value="50"/>	<input type="text"/>



Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 45.3366, lon: 10.0793, ID: 12939)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	21.800	26.400	8.080	1.980	0.224	0.021	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	6.960	12.300	6.330	2.440	0.543	0.060	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	1.150	3.080	2.460	1.370	0.463	0.061	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.051	0.622	0.916	0.681	0.309	0.047	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.047	0.338	0.366	0.194	0.033	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.058	0.150	0.117	0.022	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.003	0.052	0.069	0.014	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.020	0.042	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.022	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.810	10.800	0.526

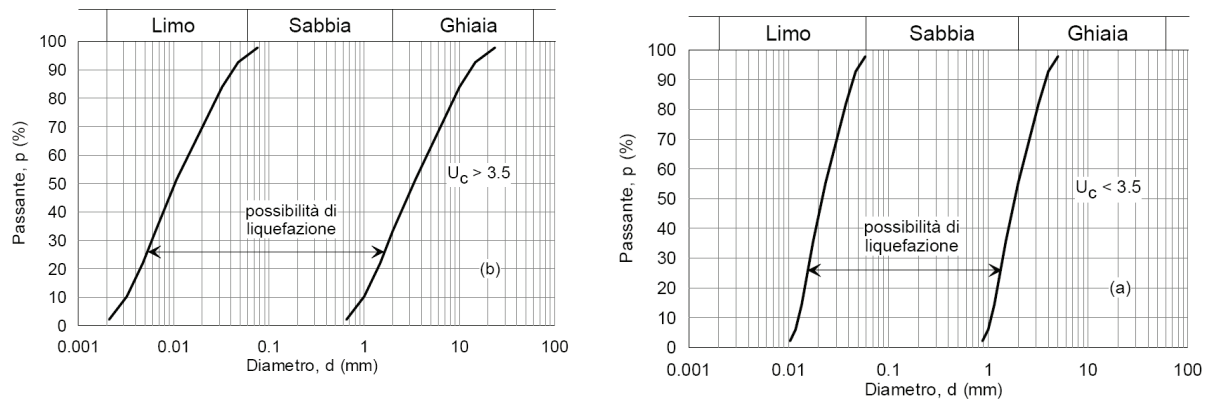


Figura 7.11.1 – Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione.

Si ritiene che per il sito di progetto sia certa la presenza di falde idriche continue ed in grado di generare spinte idrostatiche significative entro i primi 15 m di profondità.

Il comma 4 si adatta al sito di progetto e può pertanto essere preso in considerazione; i parametri di resistenza definiti per le unità sabbiose presenti non determinano peraltro esclusione alla verifica.

Le litologie presenti entro il sito di progetto ricadono all'interno dei campi di possibile liquefazione ai sensi del comma 5.

Inoltre l'area è stata classificata nello studio del PGT vigente entro lo scenario di pericolosità sismica Z2 "Zona con terreni di fondazione particolarmente scadenti" per il quale risulta necessario eseguire l'approfondimento di 3° Livello (L.R.12/05 e D.G.R. applicative).

Si ritiene pertanto opportuno procedere alla verifica alla liquefazione ai sensi del D.M. 14/01/08 e dell'All. 5 alla D. G.R. 9/2616/2011.

6.4.3. Analisi di 3° Livello - Metodi di calcolo della suscettibilità alla liquefazione Metodo di Boulanger e Idriss (2004)

Il calcolo per la valutazione del potenziale di liquefazione è stato eseguito tramite il programma *Liquef 3.0* mediante il criterio di *Boulanger e Idriss (2004)* considerando Magnitudo di riferimento $M=4,81$ ricavata mediante l'operazione di "Disaggregazione della Pericolosità Sismica" (Progetto DPC-INGV-S1 – Spallarossa D., Barani S. – 2007); sono stati utilizzati i dati relativi alla verticali di riferimento maggiormente cautelativa (intorno prova P6).

Si è quindi tenuto conto di un valore di base di a_g pari a **0,116 g (SLV)**, di un fattore S determinato dal prodotto dell'amplificazione morfologica ($S_t=1,0$) e dell'amplificazione litologica (S_s pari al valore massimo di **1,5** per lo spettro di progetto SLV relativo alla categoria di sottosuolo C). Si è pertanto considerato un **valore complessivo di accelerazione sismica orizzontale pari a 0,174 g.**

Il metodo prescelto tiene conto di un coefficiente di sicurezza (F_s) definito dal rapporto tra la resistenza alla liquefazione (R o CRR Cyclic Resistance Ratio) e lo sforzo dinamico normalizzato alla quota di calcolo (T o CSR (Cyclic Shear Ratio)); si considera quindi di un valore di F_s minimo, oltre il



quale un terreno è **non liquefacibile**. Cautelativamente si potrà tener conto di un valore soglia pari a $F_s = 1,30$.

Il metodo di calcolo *Boulanger e Idriss (2004)* evidenzia un **indice di liquefazione complessivo pari a 0,0** significativo di rischio molto basso (vedi tabelle allegate); per nessun livello stratigrafico si riscontrano coefficienti di sicurezza alla liquefazione inferiore a 1.3; tuttavia si segnala un fattore di sicurezza di poco inferiore a 2 per l'unità alluvionale/fluvioglaciale satura.

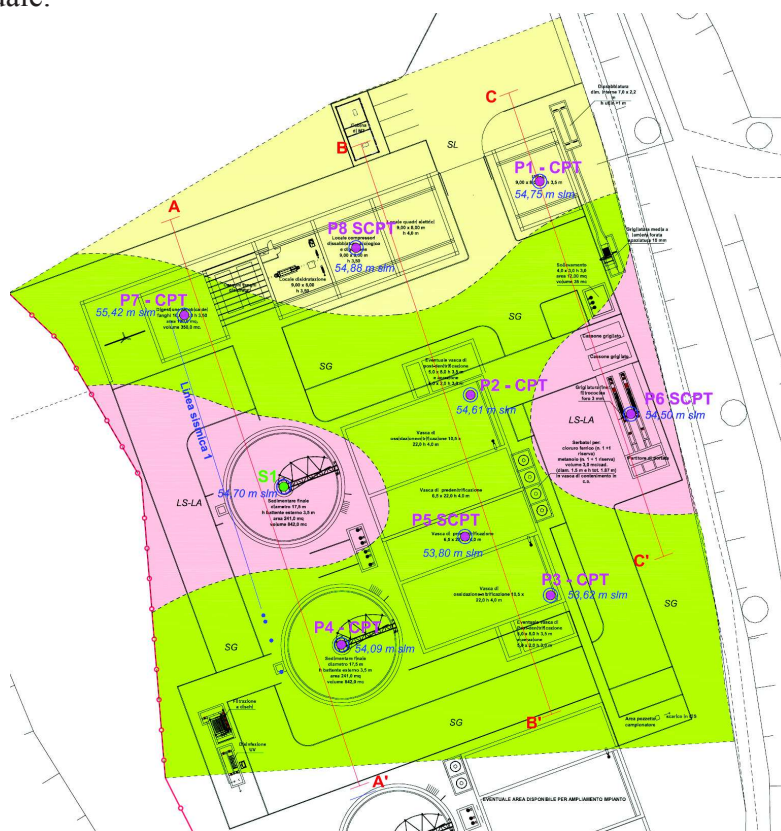
In base ai risultati ottenuti si ritiene non ci siano potenziali rischi di liquefazione.



7. INTERVENTO DI PROGETTO – PROBLEMATICHE REALIZZATIVE – PRESCRIZIONI

Il progetto prevede la realizzazione di numerosi manufatti e di alcuni edifici di servizio con lieve riprofilatura del piano campagna attuale preso un ripiano posto presso *Via Vallatelle* a Verolanuova.

Sono previsti un manufatto per la grigliatura con partitore di portata (dimensione totale circa 22,5 m x 6 m con profondità di posa variabile da -5,00 m dal p.c. a -2,50 m dal p.c.), Vasche di Ossidazione e Nitrificazione e Vasche di pre-denitrificazione (dimensione totale circa 35 m x 9 m con piano di posa circa -5,00 m dal p.c.), Sedimentatori Finali Nord e Sud ($\varnothing = 17,5$ m e piano di posa variabile tra circa -4,25 e -6,0 m dal p.c.); sono previsti locali di servizio adibiti ad Uffici, Digestione aerobica dei fanghi, Quadri elettrici e Varie (piani di posa a circa -2,00 m dal p.c.). Nelle descrizioni precedenti si è indicato come p.c. l'attuale.



Le scelte progettuali ed i criteri realizzativi, per tutti i manufatti di progetto, dovranno essere finalizzati a garantire, in ogni caso, l'esecuzione dei lavori in condizioni di sicurezza, la verifica della pressione limite e delle resistenze dei terreni di fondazione anche in funzione dei cedimenti previsti in fase d'esercizio, nonché la compatibilità con l'assetto idrogeologico e geomorfologico del territorio.

Mediante la campagna di indagine ed i rilievi eseguiti è stato possibile definire l'assetto geomorfologico e stratigrafico del sito di progetto, riferibile a depositi alluvionali fluvio-glaciali, che è stato suddiviso in **ambiti omogenei** (Tav. 3 Planimetria con ubicazione dei punti d'indagine ed individuazione degli ambiti geotecnici omogenei - scala 1:500, in allegato e stralcio soprariportato) con caratteristiche peculiari soprattutto **in relazione alle caratteristiche dell'unità superficiale**, a litologia fortemente variabile ed interferente con le opere di progetto.

L'**UNITÀ SUPERFICIALE**, la cui profondità tende ad aumentare da W verso Est, con un approfondimento fino a circa 4/5 m dal p.c. nella porzione occidentale e fino a circa 6/8 m dal p.c. nella fascia centrale ed orientale, risulta costituita da tre sottunità che risultano essere ciascuna prevalente nei tre ambiti individuati ed a profondità di interesse progettuale:

LS-LA Ambito con prevalenza della sottunità LS-LA nell'Unità Superficiale

SL Ambito con prevalenza della sottunità SL nell'Unità Superficiale

SG Ambito con prevalenza della sottunità SG nell'Unità Superficiale

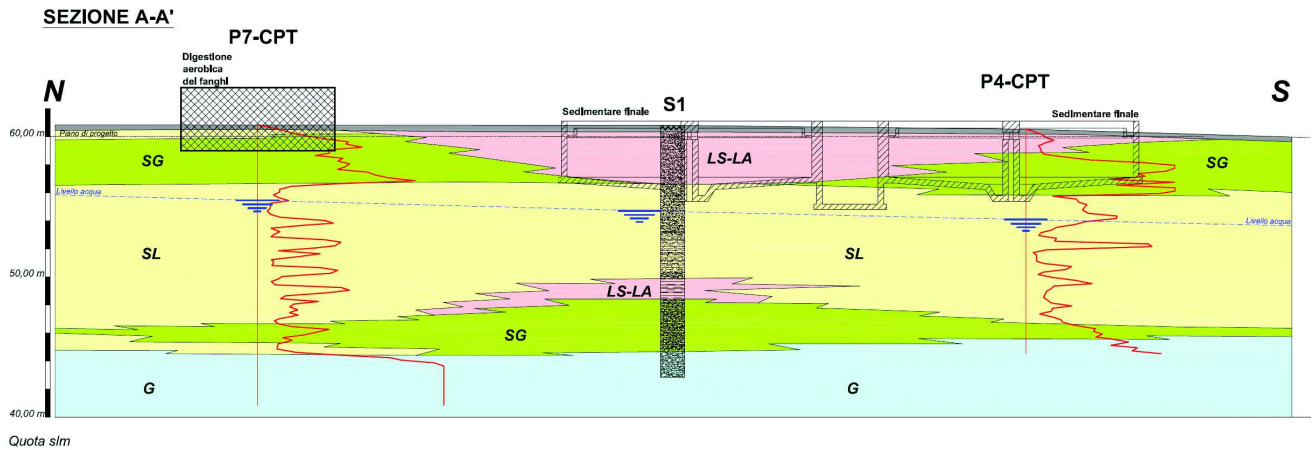
- **Sottunità LS-LA** → costituita da sabbie, limi e argille prevalenti scarsamente addensati;
- **Sottunità SL** → costituita da un'alternanza di livelli prevalentemente sabbiosi mediamente addensati (SLa) e di livelli prevalentemente limoso-sabbiosi da scarsamente a mediamente addensati (SLb);
- **Sottunità SG** → costituita da sabbie prevalenti da mediamente addensate ad addensate.

A questa unità superficiale seguono un'**UNITÀ INTERMEDIA**, prevalentemente riferibile alle alternanze della **sottunità SL**, mediamente addensata e da scarsamente a mediamente addensate, seppure con lenti ed intercalazioni delle sottunità SG (da mediamente addensata a d addensata) e LS-LA (scarsamente addensata), riscontrata fino a circa -15/-16 m dal p.c. e quindi un'**UNITÀ PROFONDA** (Unità G) riferibile a depositi ghiaiosi da mediamente addensati ad addensati.

In fase d'indagine sono stati rilevati **fenomeni di circolazione d'acqua continui e correlabili**, in accordo con l'assetto idrogeologico dell'area, alla **falda superficiale freatica** che permea i depositi fluvioglaciali/alluvionali a litologia prevalentemente sabbiosa, a medio-elevata permeabilità. Presso l'area di progetto la profondità della falda freatica si attesta a profondità comprese tra circa -5,38/-6,68 m dal p.c. e quindi con quota piezometrica compresa tra 55,42 m s.l.m. e 53,62 m s.l.m. con direzione di flusso da N/NW a S/SE.



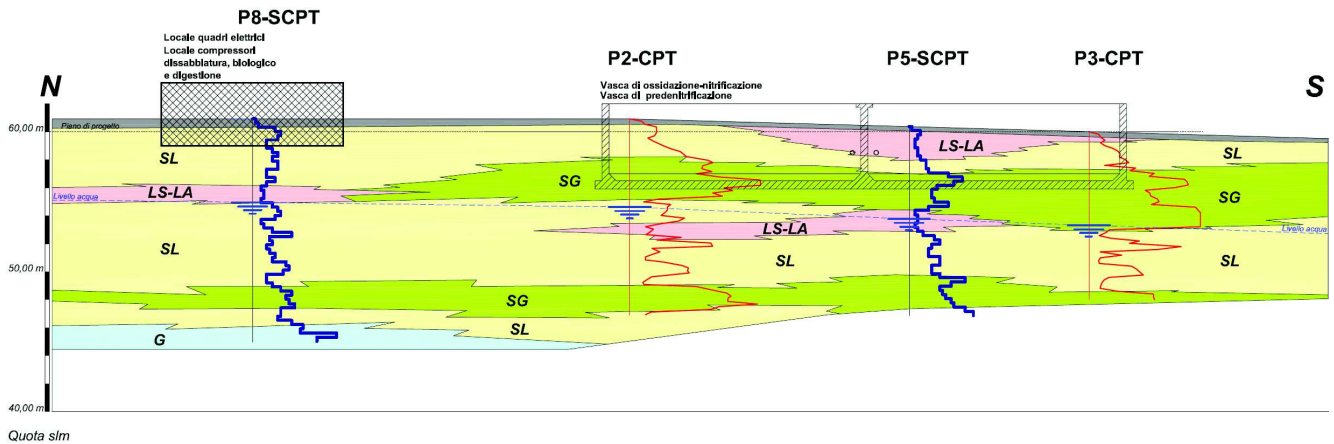
Analizzando l'interazione del modello geologico-geotecnico ricostruito con i singoli manufatti (con riferimento alla Tav. 4 *Sezioni geologico-geotecniche interpretative*, in allegato e sottoriproposte schematicamente) si può così evidenziare che:



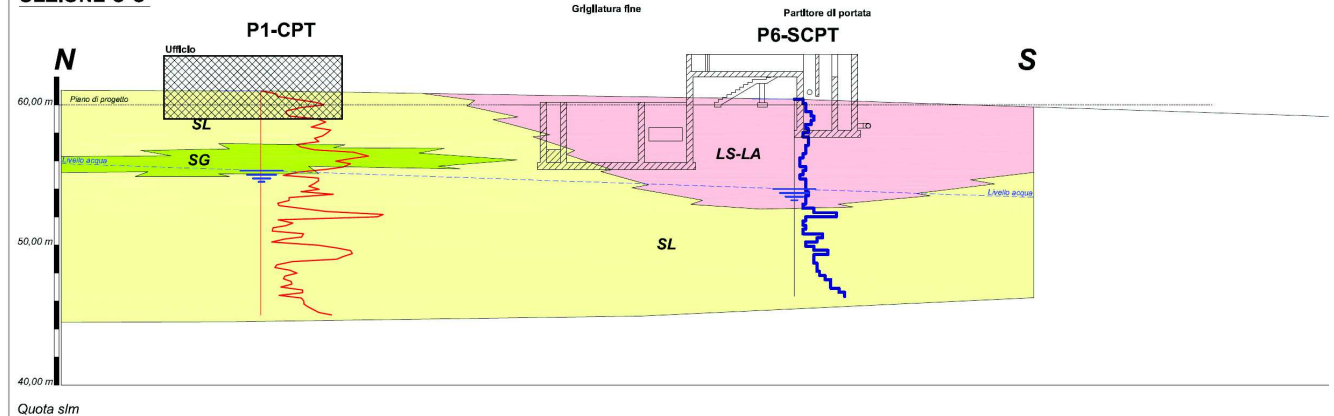
- per l'edificio adibito a **Digestione aerobica dei fanghi**, le **quote di posa previste (circa -2,50 m dal p.c. attuale)** risultano coincidenti con la profondità del terreno a buone caratteristiche geotecniche (sottunità geotecnica SG). Il livello della falda non interferisce in alcun modo essendo posto a circa 3,50 m di profondità rispetto alla quota d'imposta.
 - si possono prevedere **fondazioni natriformenti e/o a platea** in grado di garantire i carichi di progetto con cedimenti compatibili con le strutture;
 - gli **interventi di scavo** non comportano particolari problematiche.
- per i **sedimentatori finali Nord e Sud** le **quote di posa previste (-4,25/-6,00 m dal p.c.)** comportano il superamento dell'unità superficiale ed il **raggiungimento dei depositi dell'unità SL a caratteristiche geotecniche variabile e per lo più da mediocri a discreti**. Si prevede altresì la locale presenza di livelli scarsamente addensati e saturi e di livelli e banchi a maggiore addensamento al di sotto dei manufatti. Il **livello di falda risulta posto circa in coincidenza del piano di posa**, ed in periodi di minima soggiacenza potrebbe interferire con i manufatti e /o con la posa delle fondazioni.
 - per le **fondazioni a platea** di progetto si può ipotizzare che per carichi (peraltro pulsanti) anche limitati si possano avere cedimenti, soprattutto differenziali, significativi; le fondazioni ed i manufatti dovranno peraltro essere progettati in condizioni di interazione con la spinta idrostatica dovuta alla falda freatica (vedi a seguire).
 In alternativa si potranno utilizzare **fondazione profonde**, realizzate mediante micropali o pali di medio diametro, idoneamente dimensionati ed intestati entro l'unità geotecnica a buone caratteristiche geotecniche (unità G → presente a partire da -15/-16 m dal p.c.) in grado di garantire elevati valori di portata limite ed ammissibile con cedimenti (assoluti e differenziali) pressoché nulli;
 - gli **interventi di scavo risulteranno particolarmente impegnativi** sia per le altezze che per la presenza d'acqua al fondo scavo. L'escavazione di terreni sciolti in falda potrà comportare significati fenomeni di rifluimento e crollo delle pareti di scavo nonché lo

scadimento delle caratteristiche geotecniche dei terreni stessi; le operazioni di scavo dovranno, pertanto, essere condotte previo adozione di specifiche metodologie di abbattimento della falda (tipo *well point*, ecc.).

SEZIONE B-B'



SEZIONE C-C'



- per i fabbricati adibiti ad **Ufficio** ed a **Locali di servizio vari** le quote di posa previste (circa -2,50 m dal p.c. attuale) risultano coincidenti con la profondità depositi dell'unità **SL a caratteristiche geotecniche variabile e per lo più da mediocri a discreti**. Il livello della falda non interferisce in alcun modo essendo posto a circa 3,50 m di profondità rispetto alla quota d'imposta.
 - si possono prevedere **fondazioni natriforimi e/o a platea** in grado di garantire i carichi di progetto con cedimenti comunque compatibili con le strutture
 - gli **interventi di scavo non comportano particolari problematiche**.
- per le **vasche di ossidazione-nitrificazione e di predenitrificazione** le quote di posa previste (-5,00 m dal p.c.) comportano l'appoggio sui depositi a buone caratteristiche geotecniche (**sottounità geotecnica SG**) seppure al passaggio con i sottostanti terreni dell'unità SL a caratteristiche geotecniche variabile e per lo più da mediocri a discreti. Si prevede altresì la locale presenza di livelli scarsamente addensati e saturi e di livelli e banchi a maggiore addensamento al di sotto dei manufatti. Il **livello di falda risulta posto, alla data delle indagini, poco al di sotto del piano di posa**, in periodi di



minima soggiacenza potrebbe interferire con i manufatti e /o con la posa delle fondazioni.

→ per le **fondazioni a platea** di progetto si può ipotizzare che per carichi (peraltro pulsanti) anche limitati si possano avere cedimenti, soprattutto differenziali, significativi; le fondazioni ed i manufatti dovranno peraltro essere progettati in condizioni di interazione con la spinta idrostatica dovuta alla possibile presenza della falda freatica (vedi a seguire).

In alternativa si potranno utilizzare **fondazione profonde**, realizzate mediante micropali o pali di medio diametro, idoneamente dimensionati ed intestati entro l'unità geotecnica a buone caratteristiche geotecniche (unità G → presente a partire da -15/-16 m dal p.c.) in grado di garantire elevati valori di portata limite ed ammissibile con cedimenti (assoluti e differenziali) pressoché nulli;

→ gli **interventi di scavo risulteranno particolarmente impegnativi** sia per le altezze che per la possibile presenza d'acqua al fondo scavo. L'escavazione di terreni sciolti in falda potrà comportare significati fenomeni di rifluimento e crollo delle pareti di scavo nonché lo scadimento delle caratteristiche geotecniche dei terreni stessi; le operazioni di scavo dovranno, pertanto, essere condotte previo adozione di specifiche metodologie di abbattimento della falda (tipo *well point*, ecc.).

- per il **manufatto per la grigliatura con partitore di portata le quote di posa previste (da -5,00 m dal p.c. a -2,50 m dal p.c.)** comportano l'appoggio sia su **terreni dell'unità SL a caratteristiche geotecniche variabile e per lo più da mediocri a discreti** che su **terreni dell'unità LS-LA a scadenti caratteristiche geotecniche**. Il livello di falda risulta posto, alla data delle indagini, poco al di sotto del piano di posa della porzione più profonda, in periodi di minima soggiacenza potrebbe interferire con la pozione profonda del manufatto e /o con la posa delle relative fondazioni.

→ per le **fondazioni a platea** di progetto si può ipotizzare che per carichi anche limitati si possano avere cedimenti, soprattutto differenziali, significativi, anche in relazione alle quote di posa variabili; le fondazioni ed i manufatti dovranno peraltro essere progettati, per la porzione più profonda, in condizioni di interazione con la spinta idrostatica dovuta alla possibile presenza della falda freatica (vedi a seguire).

In alternativa si potranno utilizzare **fondazione profonde**, realizzate mediante micropali o pali di medio diametro, idoneamente dimensionati ed intestati entro l'unità geotecnica a buone caratteristiche geotecniche (unità G → presente a partire da -15/-16 m dal p.c.) in grado di garantire elevati valori di portata limite ed ammissibile con cedimenti (assoluti e differenziali) pressoché nulli;

→ gli **interventi di scavo, presso la porzione più profonda, risulteranno particolarmente impegnativi** sia per le altezze che per la possibile presenza d'acqua al fondo scavo. L'escavazione di terreni sciolti in falda potrà comportare significati fenomeni di rifluimento e crollo delle pareti di scavo nonché lo scadimento delle caratteristiche geotecniche dei terreni stessi; le operazioni di scavo dovranno, pertanto, essere condotte previo adozione di specifiche metodologie di abbattimento della falda (tipo *well point*, ecc.).

Nella progettazione di tutti gli interventi previsti alle maggiori profondità si dovrà tenere in debito conto la presenza continua di falde acquifere a profondità d'interesse, sia come elemento

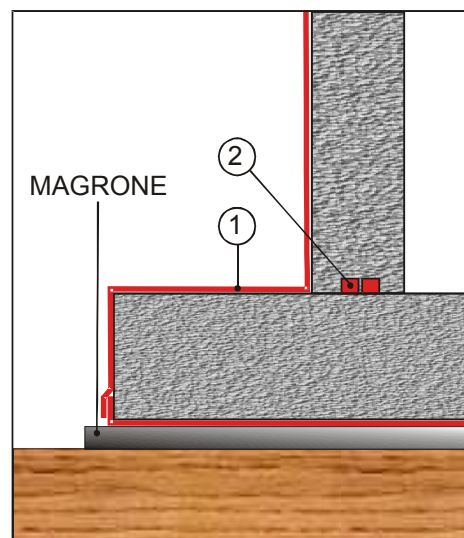
peggiorativo delle caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione sia come importante problematica in fase di scavo. L'escavazione di terreni sciolti in falda comporta infatti sia possibili fenomeni di rifluimento e crollo delle pareti di scavo nonché lo scadimento delle caratteristiche geotecniche dei terreni.

In tale contesto l'esecuzione degli scavi in condizioni di sicurezza e la posa delle strutture di fondazione dovrà prevedere specifiche tecniche realizzative (diaframmi in c.a., palancole, sistemi di drenaggio delle acque e di abbattimento delle falde tipo *well point*, ecc.). Si rimanda al capitolo specifico (¶ 9.1) per una più diffusa trattazione delle problematiche di scavo.

I manufatti interrati, successivamente alla fase realizzativa, interferiranno con filtrazione idrica; si dovrà quindi prevedere la **messa in opera di adeguati interventi di impermeabilizzazione dei manufatti interrati associati ad un idoneo sistema di drenaggio.** Si potrà prevedere la realizzazione di pozzetti di raccolta delle acque di drenaggio, muniti di pompa ad innesco automatico da utilizzare in concomitanza di periodi di piovosità intensa e/o prolungata o di innalzamento della falda.

La presenza della falda a scarsa profondità dal p.c. e dal piano di fondazione di alcuni manufatti, dovrà essere presa in opportuna considerazione dal Tecnico Progettista. Si prevedono infatti fluttuazioni in positivo ed in negativo del livello piezometrico in relazione alle stagioni, all'andamento delle precipitazioni. Per tali motivazioni, oltre alle impermeabilizzazioni da realizzarsi in caso di strutture interrate, occorre tenere presente anche la **spinta idrostatica** che potrebbe instaurarsi al di sotto delle fondazioni.

Nel caso di opere interrate si consiglia un'adeguata impermeabilizzazione con guaine e giunti impermeabili da apporre alla base della fondazione, della pavimentazione e della porzione dei muri in elevazione al piano di calpestio. Tale impermeabilizzazione consentirà di contrastare efficacemente l'infiltrazione dell'acqua evitando anche un'eventuale aggressione chimica la quale potrebbe dare origine anche a processi di corrosione sia del calcestruzzo sia delle armature metalliche. Per tale motivo, in una struttura interrata, è consigliato il confinamento del reinterro e del calcestruzzo con opportuni materiali di natura bentonitica i quali consentono il generarsi di un gel colloso e consistente che aderendo alla struttura la rende perfettamente impermeabile. Il rivestimento con queste membrane impermeabili (① in figura) dovrà essere realizzato come nello schema avendo la precauzione di inserire un raccordo doppio di giunzione di materiale impermeabile (tipo Water Stop), avente funzione di diaframma, tra piano verticale ed orizzontale (② in figura) da posizionare sulla superficie orizzontale prima di procedere al getto della muratura verticale in corrispondenza della mezzeria del muro. Per tutti questi motivi si consiglia di limitare il più possibile le riprese di getto e di provvedere a collocare anche nei giunti strutturali appositi giunti a tenuta idraulica.



Il Progettista potrà utilizzare tecnologie e modalità operative differenti, purché idonee a garantire un'ideale impermeabilizzazione delle strutture di progetto.

Si consiglia, oltre alla messa in opera di adeguati interventi di impermeabilizzazione del piano di fondazione e di calpestio, di associare un idoneo sistema di drenaggio. Si potrà prevedere alla luce delle verifiche eseguite e delle scelte progettuali (tipologia dei sistemi di contenimento degli scavi e di abbattimento della falda prescelti, tipologia di fondazioni, ecc.) la realizzazione di uno o più pozzetti di raccolta delle acque di drenaggio, eventualmente muniti di pompa ad innesco automatico per l'abbattimento del livello di falda in concomitanza di periodi di piovosità intensa e/o prolungata.

Si rimanda ai Progettisti ogni valutazione riguardo eventuali interventi di consolidamento e/o contenimento della scarpata esistente in fregio a Via Vallatelle, anche in relazione alla nuova viabilità di progetto ed ai carichi di transito previsti.

Si consiglia in ogni caso di **prevedere interventi di protezione della scarpata esistente rispetto al ruscellamento delle acque meteoriche** ed ai possibili fenomeni di erosione che ne potrebbero instabilizzare la coltre superficiale, anche in relazione alla elevata acclività; dovranno essere realizzate delle **canalette di raccolta lungo il ciglio di scarpata e trasversali alla strada di nuova realizzazione** che dovranno idoneamente collettare le acque meteoriche esternamente alla scarpata.



8. ELEMENTI PER LE VERIFICHE DELLA SICUREZZA E DELLE PRESTAZIONI

Per il D.M. 14/01/08, era prevista (art. 20 della L. 31 del 28/02/2008) una fase transitoria conclusasi al 30/06/2009. Ciò comportava, fino a tale data, la possibilità per il progettista delle strutture e delle opere di fondazione di avvalersi, a propria discrezione, delle nuove norme o di quelle ad esse precedenti. Dopo la sua entrata in vigore esclusiva il D.M. 14/01/08 prevede (Cap. 2.7) che solo per le costruzioni di tipo 1 e 2 e per Classe d'uso I e II, limitatamente a siti ricadenti in zona 4, è ammesso il Metodo di Verifica alle Tensioni Ammissibili in deroga all'obbligo dei Metodi di calcolo agli Stati Limite.

Secondo i metodi ed i criteri richiesti dal D.M. 11/03/88, il calcolo della capacità portante (P_{amm}) dei terreni di fondazione, riferita alla resistenza al taglio, viene eseguito applicando al valore della pressione limite (P_{lim}) o pressione a rottura del terreno un coefficiente di sicurezza non inferiore a 3.

Il Testo Unico (D.M. 14/01/08), che definisce le nuove "Norme Tecniche per le Costruzioni", comporta metodologie di calcolo articolate in maniera alquanto differente. In particolare vengono introdotte innovazioni riguardo la valutazione della sicurezza e delle prestazioni delle opere interagenti con i terreni e con le rocce. La valutazione della sicurezza è quindi intesa in termini di Stati Limite per tutte le ipotizzabili situazioni di funzionamento.

Spetta in ogni caso al Progettista la definizione delle normativa cui risulta assoggettato l'intervento di progetto.

8.1. Parametri geotecnici di progetto

Ai fini della stima dei carichi limiti e di esercizio, per fondazioni superficiali si propone di assumere i seguenti parametri di progetto differenziati per unità geotecnica di appoggio e per manufatto/i:

SOTTOUNITÀ GEOTECNICA DI POSA: SG

FABBRICATO ADIBITO A DIGESTIONE AEROBICA DEI FANGHI (Q.P.F. -2,50 M DAL P.C.)

VASCHE DI OSSIDAZIONE-NITRIFICAZIONE E DI PREDENITRIFICAZIONE (Q.P.F. -5,00 M DAL P.C.)

γ	19 kN/m³	peso unitario del terreno
Cu	0 kPa	coesione non drenata
Dr	40%	densità relativa (Skempton)
ϕ	28°	angolo di resistenza al taglio efficace
	C	categoria di sottosuolo (ai sensi del D.M. 14/01/2008)
	T1	categoria topografica (ai sensi del D.M. 14/01/2008)

SOTTOUNITÀ GEOTECNICA DI POSA: SL

SEDIMENTATORI FINALI NORD E SUD (Q.P.F. -4,25/-6,00 M DAL P.C.)

FABBRICATI ADIBITI AD UFFICIO ED A LOCALI DI SERVIZIO VARI (Q.P.F. -2,50 M DAL P.C.)

γ	18 kN/m ³	peso unitario del terreno
γ'	8 kN/m ³	peso unitario del terreno immerso in falda
Cu	0 kPa	coesione non drenata
Dr	30%	densità relativa (Skempton)
ϕ	26°	angolo di resistenza al taglio efficace
	C	categoria di sottosuolo (ai sensi del D.M. 14/01/2008)
	T1	categoria topografica (ai sensi del D.M. 14/01/2008)

SOTTOUNITÀ GEOTECNICA DI POSA: SL E LS-LA

MANUFATTO PER LA GRIGLIATURA CON PARTITORE DI PORTATA

(Q.P.F. DA -2,50 M A -5,00 M DAL P.C.)

γ	18 kN/m ³	peso unitario del terreno
γ'	8 kN/m ³	peso unitario del terreno immerso in falda
Cu	0 kPa	coesione non drenata
Dr	25%	densità relativa (Skempton)
ϕ	24°	angolo di resistenza al taglio efficace
	C	categoria di sottosuolo (ai sensi del D.M. 14/01/2008)
	T1	categoria topografica (ai sensi del D.M. 14/01/2008)

In fase d'indagine sono stati riscontrati fenomeni di circolazione d'acqua a profondità comprese tra circa -5,38/-6,68 m dal p.c. attuale (quota piezometrica compresa tra 55,42 m s.l.m. e 53,62 m s.l.m. con direzione di flusso da N/NW a S/SE) e quindi con un franco talora minimo rispetto ai piani di posa più profondi (<0,50 m).

Ai fini dei calcoli svolti nel paragrafo a seguire si è scelto di adottare, per i manufatti con piano di posa più prossimo al livello piezometro misurato, il valore del peso unitario del terreno immerso in falda; si rimanda in ogni caso al Progettista la scelta definitiva riguardo il valore del peso unitario del terreno (sopra falda o immerso in falda) da assumere in progetto e la stima dell'eventuale spinta idrostatica.

L'eventuale presenza di acqua in corrispondenza della quota di posa delle strutture di fondazione dovrà prevedere specifiche tecniche realizzative (drenaggi lungo il perimetro ed al fondo dello scavo, con eventuale utilizzo di pompe per l'aggettamento, e/o la predisposizione di sistemi di abbattimento della falda, tipo *well-point*).



8.2. Fondazioni superficiali

I calcoli sono stati eseguiti in funzione di **fondazioni nastriformi ed a platea** assumendo una **quota di imposta specifica per ogni manufatto di progetto**; nei calcoli si è tenuto conto di un **$D_f = 0,50$ m** per fondazioni nastriformi e **$D_f = 0,40$ m** per fondazioni a platea.

Si dovrà porre particolare attenzione alla verifica che il piano di appoggio delle fondazioni sia omogeneamente caratterizzato dall'unità geotecnica definita per ciascun manufatto **ed in ogni caso posto al di sotto della coltre superficiale riportata e/o rimaneggiata**. Tale prescrizione potrà comportare localmente operazione di bonifica con rimozione di un idoneo strato di terreno, a cui dovrà seguire il getto di magrone per raggiungere la quota d'imposta prevista.

Il calcolo della pressione limite (P_{lim}) è stato eseguito per **carichi centrati**, utilizzando il criterio di **Brinch-Hansen (1970)**, considerando terreni di fondazione unicamente granulari ($\phi > 0^\circ$, $C_u = 0$).

$$P_{lim} = 1/2 \cdot \gamma_1 \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q$$

in cui:

- γ_1 = peso di volume del terreno di fondazione
- γ_2 = peso di volume medio del terreno sopra il piano di posa
- N_γ, N_q = fattori di capacità portante funzione di ϕ
- $q = \gamma_2 H$ = sovraccarico esistente ai bordi della fondazione
- H = altezza della fondazione o del terreno di confinamento della stessa
- B = lato minore della fondazione
- s_γ, s_q = fattori di forma
- d_q = fattori di profondità

8.2.1. Elementi per le Verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU)

Per diverse tipologie e geometrie di fondazione ed in funzione dei diversi manufatti previsti in progetto, si ottengono i seguenti valori:

Fabbricato adibito a Digestione aerobica dei fanghi (q.p.f. -2,50 m dal p.c.)

Sottounità Geotecnica di posa: SG

FONDAZIONE NASTRIFORME (L=7,00 m)

$B = 0,90$ m	$P_{lim M1} = 2,5 \text{ kg/cm}^2 = 245$ kPa
$B = 1,00$ m	$P_{lim M1} = 2,6 \text{ kg/cm}^2 = 255$ kPa
$B = 1,20$ m	$P_{lim M1} = 2,8 \text{ kg/cm}^2 = 274$ kPa
$B = 1,50$ m	$P_{lim M1} = 3,1 \text{ kg/cm}^2 = 304$ kPa

FONDAZIONE A PLATEA

$B = 5,00$ m	$P_{lim M1} = 6,0 \text{ kg/cm}^2 = 1568$ kPa
$L = 5,00$ m	
$B = 10,00$ m	$P_{lim M1} = 11,0 \text{ kg/cm}^2 = 1078$ kPa
$L = 10,00$ m	

Vasche di ossidazione-nitrificazione e di predenitrificazione (q.p.f. -5,00 m dal p.c.)

Sottounità Geotecnica di posa: SG

FONDAZIONE A PLATEA

$$B = 5,00 \text{ m} \quad P_{\text{lim M1}} = 3,3 \text{ kg/cm}^2 = 323 \text{ kPa}$$

$$L = 5,00 \text{ m}$$

$$B = 10,00 \text{ m} \quad P_{\text{lim M1}} = 5,2 \text{ kg/cm}^2 = 510 \text{ kPa}$$

$$L = 10,00 \text{ m}$$

Sedimentatori finali Nord e Sud (q.p.f. -4,25/-6,00 m dal p.c.)

Sottounità Geotecnica di posa: SL

FONDAZIONE A PLATEA CIRCOLARE

$$D = 17,50 \text{ m} \quad P_{\text{lim M1}} = 4,6 \text{ kg/cm}^2 = 451 \text{ kPa}$$

Fabbricati adibiti ad Ufficio ed a Locali di servizio vari (q.p.f. -2,50 m dal p.c.)

Sottounità Geotecnica di posa: SL

FONDAZIONE NASTRIFORME (L=7,00 m)

$$B = 0,90 \text{ m} \quad P_{\text{lim M1}} = 1,9 \text{ kg/cm}^2 = 186 \text{ kPa}$$

$$B = 1,00 \text{ m} \quad P_{\text{lim M1}} = 2,0 \text{ kg/cm}^2 = 196 \text{ kPa}$$

$$B = 1,20 \text{ m} \quad P_{\text{lim M1}} = 2,1 \text{ kg/cm}^2 = 206 \text{ kPa}$$

$$B = 1,50 \text{ m} \quad P_{\text{lim M1}} = 2,3 \text{ kg/cm}^2 = 225 \text{ kPa}$$

FONDAZIONE A PLATEA

$$B = 5,00 \text{ m} \quad P_{\text{lim M1}} = 4,3 \text{ kg/cm}^2 = 421 \text{ kPa}$$

$$L = 5,00 \text{ m}$$

$$B = 10,00 \text{ m} \quad P_{\text{lim M1}} = 7,4 \text{ kg/cm}^2 = 725 \text{ kPa}$$

$$L = 10,00 \text{ m}$$

Manufatto per la grigliatura con partitore di portata (q.p.f. da -2,50 m a -5,00 m dal p.c.)

Sottounità Geotecnica di posa: SL e LS-LA

FONDAZIONE A PLATEA

$$B = 5,00 \text{ m} \quad P_{\text{lim M1}} = 1,9 \text{ kg/cm}^2 = 186 \text{ kPa}$$

$$L = 5,00 \text{ m}$$

Tali valori potranno essere utilizzati per la Verifica della Sicurezza e delle Prestazioni allo SLU del complesso fondazione–terreno richiesta dal Cap. 6 del D.M. 14/01/08 (paragrafi 6.2.3.1 e 6.4.2.1).

Il valore di P_{lim} può essere considerato, infatti, coincidente con i carichi limite stimati applicando per i parametri del terreno i coefficienti (γ_M) del caso M1 (tab. 6.2 II del D.M. 14/01/08).

Il calcolo dei carichi limite nel caso M2 (tab. 6.2.II del D.M. 14/01/08) richiede, altresì, l'applicazione di coefficienti riduttivi ($\gamma_M \geq 1$) ai parametri geotecnici del terreno. Procedendo nel calcolo si ottengono i seguenti valori:

Fabbricato adibito a Digestione aerobica dei fanghi (q.p.f. -2,50 m dal p.c.)

Sottounità Geotecnica di posa: SG

FONDAZIONE NASTRIFORME (L=7,00 m)

B = 0,90 m	$P_{lim M2} = 1,3 \text{ kg/cm}^2 = 127 \text{ kPa}$
B = 1,00 m	$P_{lim M2} = 1,4 \text{ kg/cm}^2 = 137 \text{ kPa}$
B = 1,20 m	$P_{lim M2} = 1,5 \text{ kg/cm}^2 = 147 \text{ kPa}$
B = 1,50 m	$P_{lim M2} = 1,6 \text{ kg/cm}^2 = 157 \text{ kPa}$

FONDAZIONE A PLATEA

B = 5,00 m	$P_{lim M2} = 2,9 \text{ kg/cm}^2 = 284 \text{ kPa}$
L = 5,00 m	
B = 10,00 m	$P_{lim M2} = 5,0 \text{ kg/cm}^2 = 490 \text{ kPa}$
L = 10,00 m	

Vasche di ossidazione-nitrificazione e di predenitrificazione (q.p.f. -5,00 m dal p.c.)

Sottounità Geotecnica di posa: SG

FONDAZIONE A PLATEA

B = 5,00 m	$P_{lim M2} = 1,7 \text{ kg/cm}^2 = 167 \text{ kPa}$
L = 5,00 m	
B = 10,00 m	$P_{lim M2} = 2,5 \text{ kg/cm}^2 = 245 \text{ kPa}$
L = 10,00 m	

Sedimentatori finali Nord e Sud (q.p.f. -4,25/-6,00 m dal p.c.)

Sottounità Geotecnica di posa: SL

FONDAZIONE A PLATEA CIRCOLARE

D = 17,50 m	$P_{lim M2} = 2,3 \text{ kg/cm}^2 = 225 \text{ kPa}$
--------------------	------------------------------------------------------------------------

Fabbricati adibiti ad Ufficio ed a Locali di servizio vari (q.p.f. -2,50 m dal p.c.)

Sottounità Geotecnica di posa: SL

FONDAZIONE NASTRIFORME (L=7,00 m)

B = 0,90 m	$P_{lim M2} = 1,1 \text{ kg/cm}^2 = 108 \text{ kPa}$
B = 1,00 m	$P_{lim M2} = 1,1 \text{ kg/cm}^2 = 108 \text{ kPa}$
B = 1,20 m	$P_{lim M2} = 1,2 \text{ kg/cm}^2 = 118 \text{ kPa}$
B = 1,50 m	$P_{lim M2} = 1,2 \text{ kg/cm}^2 = 118 \text{ kPa}$

FONDAZIONE A PLATEA

B = 5,00 m	$P_{lim M2} = 2,1 \text{ kg/cm}^2 = 206 \text{ kPa}$
L = 5,00 m	
B = 10,00 m	$P_{lim M2} = 3,6 \text{ kg/cm}^2 = 353 \text{ kPa}$
L = 10,00 m	

Manufatto per la grigliatura con partitore di portata (q.p.f. da -2,50 m a -5,00 m dal p.c.)

Sottounità Geotecnica di posa: SL e LS-LA

FONDAZIONE A PLATEA

B = 5,00 m	$P_{lim M2} = 1,0 \text{ kg/cm}^2 = 98 \text{ kPa}$
L = 5,00 m	

Sono state quindi valutate le Resistenze R_d applicando ai valori stimati per i carichi limite M1 e M2, laddove necessario ed in funzione dell'approccio progettuale, ulteriori coefficienti parziali di sicurezza (γ_R) (Tab. 6.4.I del D.M. 14/01/08) in funzione delle "combinazioni" di calcolo. Si riassumono i valori ottenuti per le varie combinazioni, nelle seguenti tabelle:

Fabbricato adibito a Digestione aerobica dei fanghi (q.p.f. -2,50 m dal p.c.)

Sottounità Geotecnica di posa: SG

FONDAZIONE NASTRIFORME (L=7,00 m)

APPROCCIO 1		
	Combinazione 1	Combinazione 2
B = 0,90 m	$R_{d M1-R1} = 2,5 \text{ kg/cm}^2 = 245 \text{ kPa}$	$R_{d M2-R2} = 0,7 \text{ kg/cm}^2 = 69 \text{ kPa}$
B = 1,00 m	$R_{d M1-R1} = 2,6 \text{ kg/cm}^2 = 255 \text{ kPa}$	$R_{d M2-R2} = 0,8 \text{ kg/cm}^2 = 78 \text{ kPa}$
B = 1,20 m	$R_{d M1-R1} = 2,8 \text{ kg/cm}^2 = 274 \text{ kPa}$	$R_{d M2-R2} = 0,8 \text{ kg/cm}^2 = 78 \text{ kPa}$
B = 1,50 m	$R_{d M1-R1} = 3,1 \text{ kg/cm}^2 = 304 \text{ kPa}$	$R_{d M2-R2} = 0,9 \text{ kg/cm}^2 = 88 \text{ kPa}$

APPROCCIO 2	
B = 0,90 m	$R_{d M1-R3} = 1,1 \text{ kg/cm}^2 = 108 \text{ kPa}$
B = 1,00 m	$R_{d M1-R3} = 1,1 \text{ kg/cm}^2 = 108 \text{ kPa}$
B = 1,20 m	$R_{d M1-R3} = 1,2 \text{ kg/cm}^2 = 118 \text{ kPa}$
B = 1,50 m	$R_{d M1-R3} = 1,3 \text{ kg/cm}^2 = 127 \text{ kPa}$

FONDAZIONE A PLATEA

APPROCCIO 1		
	Combinazione 1	Combinazione 2
B = 5,00 m L = 5,00 m	$R_{d\ M1-R1} = 6,0\ \text{kg/cm}^2 = 588\ \text{kPa}$	$R_{d\ M2-R2} = 1,6\ \text{kg/cm}^2 = 157\ \text{kPa}$
B = 10,00 m L = 10,00 m	$R_{d\ M1-R1} = 11,0\ \text{kg/cm}^2 = 1078\ \text{kPa}$	$R_{d\ M2-R2} = 2,8\ \text{kg/cm}^2 = 274\ \text{kPa}$

APPROCCIO 2	
B = 5,00 m L = 5,00 m	$R_{d\ M1-R1} = 2,6\ \text{kg/cm}^2 = 255\ \text{KPa}$
B = 10,00 m L = 10,00 m	$R_{d\ M1-R1} = 4,8\ \text{kg/cm}^2 = 470\ \text{kPa}$

Vasche di ossidazione-nitrificazione e di predenitrificazione (q.p.f. -5,00 m dal p.c.)

Sottounità Geotecnica di posa: SG

FONDAZIONE A PLATEA

APPROCCIO 1		
	Combinazione 1	Combinazione 2
B = 5,00 m L = 5,00 m	$R_{d\ M1-R1} = 3,3\ \text{kg/cm}^2 = 323\ \text{kPa}$	$R_{d\ M2-R2} = 0,9\ \text{kg/cm}^2 = 88\ \text{kPa}$
B = 10,00 m L = 10,00 m	$R_{d\ M1-R1} = 5,2\ \text{kg/cm}^2 = 510\ \text{kPa}$	$R_{d\ M2-R2} = 1,4\ \text{kg/cm}^2 = 137\ \text{kPa}$

APPROCCIO 2	
B = 5,00 m L = 5,00 m	$R_{d\ M1-R1} = 1,4\ \text{kg/cm}^2 = 137\ \text{KPa}$
B = 10,00 m L = 10,00 m	$R_{d\ M1-R1} = 2,3\ \text{kg/cm}^2 = 225\ \text{kPa}$

Sedimentatori finali Nord e Sud (q.p.f. -4,25/-6,00 m dal p.c.)

Sottounità Geotecnica di posa: SL

FONDAZIONE A PLATEA CIRCOLARE

APPROCCIO 1		
	Combinazione 1	Combinazione 2
D = 17,50 m	$R_{d\ M1-R1} = 4,6\ \text{kg/cm}^2 = 451\ \text{kPa}$	$R_{d\ M2-R2} = 1,3\ \text{kg/cm}^2 = 127\ \text{kPa}$

APPROCCIO 2	
D = 17,50 m	$R_{d\ M1-R1} = 2,0\ \text{kg/cm}^2 = 196\ \text{KPa}$

Fabbricati adibiti ad Ufficio ed a Locali di servizio vari (q.p.f. -2,50 m dal p.c.)

Sottounità Geotecnica di posa: SL

FONDAZIONE NASTRIFORME (L=7,00 m)

APPROCCIO 1		
	Combinazione 1	Combinazione 2
B = 0,90 m	$R_{d\ M1-R1} = 1,9\ \text{kg/cm}^2 = 186\ \text{kPa}$	$R_{d\ M2-R2} = 0,6\ \text{kg/cm}^2 = 59\ \text{kPa}$
B = 1,00 m	$R_{d\ M1-R1} = 2,0\ \text{kg/cm}^2 = 196\ \text{kPa}$	$R_{d\ M2-R2} = 0,6\ \text{kg/cm}^2 = 59\ \text{kPa}$
B = 1,20 m	$R_{d\ M1-R1} = 2,1\ \text{kg/cm}^2 = 206\ \text{kPa}$	$R_{d\ M2-R2} = 0,7\ \text{kg/cm}^2 = 69\ \text{kPa}$
B = 1,50 m	$R_{d\ M1-R1} = 2,3\ \text{kg/cm}^2 = 225\ \text{kPa}$	$R_{d\ M2-R2} = 0,7\ \text{kg/cm}^2 = 69\ \text{kPa}$

APPROCCIO 2	
B = 0,90 m	$R_{d\ M1-R3} = 0,8\ \text{kg/cm}^2 = 78\ \text{kPa}$
B = 1,00 m	$R_{d\ M1-R3} = 0,9\ \text{kg/cm}^2 = 88\ \text{kPa}$
B = 1,20 m	$R_{d\ M1-R3} = 0,9\ \text{kg/cm}^2 = 88\ \text{kPa}$
B = 1,50 m	$R_{d\ M1-R3} = 1,0\ \text{kg/cm}^2 = 98\ \text{kPa}$

FONDAZIONE A PLATEA

APPROCCIO 1		
	Combinazione 1	Combinazione 2
B = 5,00 m L = 5,00 m	$R_{d\ M1-R1} = 4,3\ \text{kg/cm}^2 = 421\ \text{kPa}$	$R_{d\ M2-R2} = 1,2\ \text{kg/cm}^2 = 118\ \text{kPa}$
B = 10,00 m L = 10,00 m	$R_{d\ M1-R1} = 7,4\ \text{kg/cm}^2 = 725\ \text{kPa}$	$R_{d\ M2-R2} = 2,0\ \text{kg/cm}^2 = 196\ \text{kPa}$

APPROCCIO 2	
B = 5,00 m L = 5,00 m	$R_{d\ M1-R1} = 1,9\ \text{kg/cm}^2 = 186\ \text{kPa}$
B = 10,00 m L = 10,00 m	$R_{d\ M1-R1} = 3,2\ \text{kg/cm}^2 = 282\ \text{kPa}$

Manufatto per la grigliatura con partitore di portata (q.p.f. da -2,50 m a -5,00 m dal p.c.)

Sottounità Geotecnica di posa: SL e LS-LA

FONDAZIONE A PLATEA

APPROCCIO 1		
	Combinazione 1	Combinazione 2
B = 5,00 m L = 5,00 m	$R_{d\ M1-R1} = 1,9\ \text{kg/cm}^2 = 186\ \text{kPa}$	$R_{d\ M2-R2} = 0,5\ \text{kg/cm}^2 = 49\ \text{kPa}$

APPROCCIO 2	
B = 5,00 m L = 5,00 m	$R_{d\ M1-R1} = 0,8\ \text{kg/cm}^2 = 78\ \text{kPa}$

Allo stesso modo il Progettista dovrà applicare i coefficienti parziali dei casi A1 e A2 per le Azioni o per l'effetto delle azioni (γ_F o γ_E - Tab. 6.2.I del D.M. 14/01/08) definiti in funzione dei carichi e dei loro effetti.

Il Progettista dovrà infine verificare che per ogni stato limite ultimo sia rispettata la condizione: $E_d \leq R_d$



8.2.2. Elementi per le Verifiche alle Tensioni Ammissibili

A titolo indicativo o nel caso in cui per l'intervento di progetto potesse essere applicata la relativa normativa, è stata eseguita una stima della P_{amm} adottando il Metodo delle Tensioni Ammissibili, secondo il D.M. 11/03/88, applicando un fattore di sicurezza $F=3$ ai valori di P_{lim} .

Fabbricato adibito a Digestione aerobica dei fanghi (q.p.f. -2,50 m dal p.c.)
Sottounità Geotecnica di posa: SG

FONDAZIONE NASTRIFORME (L=7,00 m)

B = 0,90 m	$P_{amm} = 0,8 \text{ kg/cm}^2 = 78 \text{ kPa}$
B = 1,00 m	$P_{amm} = 0,9 \text{ kg/cm}^2 = 88 \text{ kPa}$
B = 1,20 m	$P_{amm} = 0,9 \text{ kg/cm}^2 = 88 \text{ kPa}$
B = 1,50 m	$P_{amm} = 1,0 \text{ kg/cm}^2 = 98 \text{ kPa}$

FONDAZIONE A PLATEA

B = 5,00 m	$P_{amm} = 2,0 \text{ kg/cm}^2 = 196 \text{ kPa}$
L = 5,00 m	
B = 10,00 m	$P_{amm} = 3,5 \text{ kg/cm}^2 = 343 \text{ kPa}$
L = 10,00 m	

Vasche di ossidazione-nitrificazione e di predenitrificazione (q.p.f. -5,00 m dal p.c.)
Sottounità Geotecnica di posa: SG

FONDAZIONE A PLATEA

B = 5,00 m	$P_{amm} = 1,1 \text{ kg/cm}^2 = 108 \text{ kPa}$
L = 5,00 m	
B = 10,00 m	$P_{amm} = 1,7 \text{ kg/cm}^2 = 167 \text{ kPa}$
L = 10,00 m	

Sedimentatori finali Nord e Sud (q.p.f. -4,25/-6,00 m dal p.c.)
Sottounità Geotecnica di posa: SL

FONDAZIONE A PLATEA CIRCOLARE

D = 17,50 m	$P_{amm} = 1,5 \text{ kg/cm}^2 = 147 \text{ kPa}$
--------------------	---------------------------------------------------------------------

Fabbricati adibiti ad Ufficio ed a Locali di servizio vari (q.p.f. -2,50 m dal p.c.)
Sottounità Geotecnica di posa: SL

FONDAZIONE NASTRIFORME (L=7,00 m)

B = 0,90 m	P_{amm} = 0,6 kg/cm² = 59 kPa
B = 1,00 m	P_{amm} = 0,7 kg/cm² = 69 kPa
B = 1,20 m	P_{amm} = 0,7 kg/cm² = 69 kPa
B = 1,50 m	P_{amm} = 0,8 kg/cm² = 78 kPa

FONDAZIONE A PLATEA

B = 5,00 m	P_{amm} = 1,4 kg/cm² = 137 kPa
L = 5,00 m	
B = 10,00 m	P_{amm} = 2,5 kg/cm² = 245 kPa
L = 10,00 m	

Manufatto per la grigliatura con partitore di portata (q.p.f. da -2,50 m a -5,00 m dal p.c.)
Sottounità Geotecnica di posa: SL e LS-LA

FONDAZIONE A PLATEA

B = 5,00 m	P_{amm} = 0,6 kg/cm² = 59 kPa
L = 5,00 m	

8.2.3. Elementi per le Verifiche agli Stati Limite d'Esercizio (SLE) – Stima dei cedimenti

Per le verifiche delle strutture allo Stato Limite d'Esercizio (SLE) bisogna in ogni caso tener conto dei cedimenti massimi verificabili in funzione dei carichi di progetto.

Per le strutture di fondazione ipotizzate il calcolo dei cedimenti è stato eseguito utilizzando il metodo di **Burland-Burbidge (1983)**:

$$s = f_s \cdot f_h \cdot f_t (q' - 2/3 \sigma'_{v0}) \cdot B^{0,7} \cdot I_c$$

in cui:

q' = pressione efficace lorda (kPa)

σ'_{v0} = tensione verticale efficace alla quota d'imposta delle fondazioni (kPa)

I_c = indice di compressibilità, funzione di N_{spt}

f_s, f_h, f_t = fattori correttivi di forma.

Il calcolo viene condotto tenendo conto di vari carichi di esercizio ipotetici e dei relativi cedimenti differiti nel tempo (20 anni).

Fabbricato adibito a Digestione aerobica dei fanghi (q.p.f. -2,50 m dal p.c.)

Sottounità Geotecnica di posa: SG

(Si è tenuto conto della possibile presenza di carichi pulsanti)

FONDAZIONE NASTRIFORME (L=7,00 m)

B = 0,90 m B = 1,00 m B = 1,20 m B = 1,50 m	$P_{\text{prog-eser}} = 0,8 \text{ kg/cm}^2 = 78 \text{ kPa}$	s = 2-3 mm s = 2-4 mm s = 3-4 mm s = 3-5 mm
B = 1,00 m B = 1,20 m B = 1,50 m	$P_{\text{prog-eser}} = 0,9 \text{ kg/cm}^2 = 88 \text{ kPa}$	s = 3-4 mm s = 3-5 mm s = 4-6 mm
B = 1,50 m	$P_{\text{prog-eser}} = 1,0 \text{ kg/cm}^2 = 98 \text{ kPa}$	s = 4-6 mm

FONDAZIONE A PLATEA

B = 5,00 m L = 5,00 m	$P_{\text{prog-eser}} = 0,5 \text{ kg/cm}^2 = 49 \text{ kPa}$	s = 2-3 mm
B = 10,00 m L = 10,00 m		s = 3-5 mm

Per i terreni in corrispondenza di fondazioni nastriformi ed a platea potranno essere utilizzati valori del coefficiente **k di Winkler** rispettivamente dell'ordine di **1-4 kg/cm³** e **1-2,5 kg/cm³**.



Vasche di ossidazione-nitrificazione e di predenitrificazione (q.p.f. -5,00 m dal p.c.)

Sottounità Geotecnica di posa: SG

(Si è tenuto conto della possibile presenza di carichi pulsanti)

FONDAZIONE A PLATEA

B = 5,00 m L = 5,00 m	$P_{\text{prog-eser}} = 0,5 \text{ kg/cm}^2 = 49 \text{ kPa}$	s = 2-4 mm
B = 10,00 m L = 10,00 m		s = 4-6 mm
B = 5,00 m L = 5,00 m	$P_{\text{prog-eser}} = 0,6 \text{ kg/cm}^2 = 59 \text{ kPa}$	s = 3-5 mm
B = 10,00 m L = 10,00 m		s = 5-8 mm

Per i terreni in corrispondenza di fondazioni a platea potranno essere utilizzati valori del coefficiente **k di Winkler dell'ordine di 0,8-2,5 kg/cm³**.

Sedimentatori finali Nord e Sud (q.p.f. -4,25/-6,00 m dal p.c.)

Sottounità Geotecnica di posa: SL

FONDAZIONE A PLATEA CIRCOLARE

(Si è tenuto conto della possibile presenza di carichi pulsanti)

D = 17,50 m	$P_{\text{prog-eser}} = 0,3 \text{ kg/cm}^2 = 29 \text{ kPa}$	s = 1-8 mm
D = 17,50 m	$P_{\text{prog-eser}} = 0,5 \text{ kg/cm}^2 = 49 \text{ kPa}$	s = 2-16 mm
D = 17,50 m	$P_{\text{prog-eser}} = 0,6 \text{ kg/cm}^2 = 59 \text{ kPa}$	s = 5-25 mm

Per i terreni in corrispondenza di fondazioni a platea circolare potranno essere utilizzati valori del coefficiente **k di Winkler dell'ordine di 0,3-3 kg/cm³**.



Fabbricati adibiti ad Ufficio ed a Locali di servizio vari (q.p.f. -2,50 m dal p.c.)

Sottounità Geotecnica di posa: SL

FONDAZIONE NASTRIFORME (L=7,00 m)

B = 0,90 m B = 1,00 m B = 1,20 m B = 1,50 m	$P_{\text{prog-eser}} = 0,6 \text{ kg/cm}^2 = 29 \text{ kPa}$	s = 1-4 mm s = 1-4 mm s = 2-5 mm s = 2-5 mm
B = 1,00 m B = 1,20 m B = 1,50 m	$P_{\text{prog-eser}} = 0,7 \text{ kg/cm}^2 = 69 \text{ kPa}$	s = 2-6 mm s = 2-6 mm s = 2-7 mm

FONDAZIONE A PLATEA

B = 5,00 m L = 5,00 m	$P_{\text{prog-eser}} = 0,5 \text{ kg/cm}^2 = 49 \text{ kPa}$	s = 2-6 mm
B = 10,00 m L = 10,00 m		s = 3-10 mm

Per i terreni in corrispondenza di fondazioni nastriformi ed a platea potranno essere utilizzati valori del coefficiente **k di Winkler** rispettivamente dell'ordine di **1-6 kg/cm³** e **0,5-2,5 kg/cm³**.

Manufatto per la grigliatura con partitore di portata (q.p.f. da -2,50 m a -5,00 m dal p.c.)

Sottounità Geotecnica di posa: SL e LS-LA

(Si è tenuto conto della possibile presenza di carichi pulsanti)

FONDAZIONE A PLATEA

B = 5,00 m L = 5,00 m	$P_{\text{prog-eser}} = 0,3 \text{ kg/cm}^2 = 29 \text{ kPa}$	s = 2-16 mm
B = 5,00 m L = 5,00 m	$P_{\text{prog-eser}} = 0,5 \text{ kg/cm}^2 = 49 \text{ kPa}$	s = 11-34 mm
B = 5,00 m L = 5,00 m	$P_{\text{prog-eser}} = 0,6 \text{ kg/cm}^2 = 59 \text{ kPa}$	s = 16-44 mm

Per i terreni in corrispondenza di fondazioni a platea potranno essere utilizzati valori del coefficiente **k di Winkler** dell'ordine di **0,1-1,5 kg/cm³**.



Si sottolinea come la stima dei cedimenti sia stata eseguita tenendo conto della variabilità dei dati riferiti alle prove eseguite in corrispondenza di ciascuna area di calcolo in relazione al modello geologico-geotecnico ricostruito; al fine di contenere gli effetti dei cedimenti differenziali il Progettista dovrà prevedere idonei accorgimenti realizzativi (irrigidimento delle strutture, ecc.).

I valori di $P_{\text{prog-eser}}$ stimati sono in ogni caso conformi al D.M. 11/03/1988 in cui per le strutture di fondazione viene prescritto al paragrafo “C.4.2”, un fattore di sicurezza (F) non inferiore a 3, laddove $P_{\text{amm}} = 1/F P_{\text{lim}}$.

I cedimenti, calcolati per le $P_{\text{prog-eser}}$ ipotizzate, potranno essere utilizzati per le verifiche in condizioni di esercizio (SLE), in quanto dovranno risultare compatibili, nelle diverse condizioni di carico, con la funzionalità della struttura in elevato e con la durabilità e l’esercizio dell’opera.

Rimane a discrezione del progettista l’utilizzo di $P_{\text{prog-eser}}$ differenti; si rimane altresì disponibili ad un’ulteriore stima dei cedimenti in relazioni a condizioni di carico diverse.

In nessun caso i valori stimati (sia per le resistenze che per i cedimenti) potranno essere utilizzati per fondazioni poggianti 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.



9. OPERAZIONI DI SCAVO

9.1. Modalità esecutive in condizioni di sicurezza – Interventi di drenaggio e impermeabilizzazione

Le operazioni di scavo comporteranno la realizzazione di numerosi interventi di sbancamento localizzati presso l'ingombro dei manufatti e previa un ribassamento generalizzato del piano campagna di circa 0,50/1,00 m fino al raggiungimento della quota di progetto dei piazzali 60,00 m s.l.m. e 59,50 m s.l.m.

Al fine di garantire l'esecuzione degli interventi di scavo nel rispetto delle condizioni di stabilità dei fronti, si dovrà in ogni caso operare con cautela mantenendo altezze ed inclinazioni rapportabili con le caratteristiche geotecniche dei terreni esistenti e/o adottando idonee modalità esecutive.

SBANCAMENTI MINORI

Per quanto riguarda i **manufatti impostati alle quote più superficiali (circa -2,50 m dal p.c. attuale)** quali l'edificio adibito a **Digestione aerobica dei fanghi** e la parte del **Manufatto per la grigliatura con partitore di portata** ed i fabbricati adibiti ad **Ufficio** ed a **Locali di servizio vari** in funzione della stratigrafia ricostruita e delle **limitate altezze di scavo**, per il sito in esame potrebbero essere considerate sufficienti le garanzie di tenuta dello scavo a breve termine, mantenendo **inclinazioni del fronte non superiori a circa 50°-55°**; non si prevedono interferenze con fenomeni di filtrazione idrica.

SCAVI DI APPROFONDIMENTO MAGGIORI

Per quanto riguarda i **manufatti impostati alle quote più profonde (circa -4,26/-6,00 m dal p.c. attuale)** quali i **sedimentatori finali Nord e Sud** e le **Vasche di ossidazione-nitrificazione e di predenitrificazione** e la porzione più profonda del **Manufatto per la grigliatura con partitore di portata** in funzione della stratigrafia ricostruita e delle **altezze di scavo localmente significative**, per il sito in esame si rende necessario prevedere, **almeno localmente**, delle specifiche modalità esecutive.

In relazione all'assetto idrogeologico ricostruito e per le profondità d'imposta previste **non si dovrebbero avere interferenze tra le operazioni di scavo e fenomeni di filtrazione idrica**; tuttavia si segnala che il livello piezometrico della falda (alla data delle indagini) si attestava a profondità comprese tra circa -5,38/-6,68 m dal p.c. attuale (quota piezometrica compresa tra 55,42 m s.l.m. e 53,62 m s.l.m. con direzione di flusso da N/NW a S/SE) e **quindi con un franco talora minimo rispetto ai piani di scavo più profondi (<0,50 m)**.

Considerando la possibile oscillazione della falda freatica, si richiede la verifica delle modalità di filtrazione mediante letture al piezometro esistente e/o scavi esplorativi prima di procedere alla fase esecutiva; nel caso in cui si riscontrassero fenomeni di filtrazione idrica al fondo scavo l'esecuzione degli scavi in condizioni di sicurezza e la posa delle strutture di fondazione, dovrà avvenire mediante specifiche tecniche realizzative (**drenaggi lungo il perimetro ed al fondo dello scavo, con eventuale utilizzo di pompe per l'aggotamento, e/o la predisposizione di sistemi di abbattimento della falda, tipo well-point**).



Alla luce dei dati raccolti e delle osservazioni fatte per le **AREE DI MAGGIORE SCAVO (altezza dei fronti max 3-5)**, l'esecuzione dei fronti di sbancamento in condizioni di sicurezza è **garantita, almeno per le porzioni più approfondite (fronte di scavo circa 4-5 m), solo in presenza di opere di sostegno e di impermeabilizzazione preventive delle pareti e del fondo scavo.** Per le porzioni con fronti di altezza fino a 3,00/3,50 m si potrà, in funzione della stratigrafia ricostruita, della minore probabilità di interferenza con fenomeni di filtrazione idrica e delle **minori altezze di scavo**, considerare sufficienti le garanzie di tenuta dello scavo a breve termine, mantenendo **inclinazioni del fronte non superiori a circa 40°-45°.**

Per la scelta della tipologia delle opere provvisorie preventive si dovranno valutare, oltre alle caratteristiche geotecniche e litologiche dei terreni, in via prioritaria, la possibile presenza di fenomeni di filtrazione idrica, la permeabilità dei terreni superficiali e la vicinanza con l'edificato esistente e la viabilità.

In relazione all'assetto geologico-geotecnico ed idrogeologico dell'area si ritiene sia da preferire l'utilizzo di **diaframmi in c.a.**; si potrà valutare quale sistema di contenimento alternativo la possibilità di mettere in opera un sistema di **palancole.**

La realizzazione dei diaframmi in c.a. o l'utilizzo delle palancole lungo l'intero perimetro delle aree di maggiore escavazione sarà in grado di garantire **l'impermeabilizzazione delle pareti di scavo ma non la risalita capillare dell'acqua dal fondo scavo se non abbinato ad un altro intervento di tenuta idraulica del fondo scavo.**

La presenza d'acqua al fondo scavo comporterà la necessità di valutare l'utilizzo in accoppiata alle opere di contenimento delle pareti di tecniche di abbattimento della falda e drenaggi di fondo scavo con pompe di aggotamento o sistemi *well-point*.

Si dovrà attentamente valutare con ditte specializzate nel settore l'interferenza delle vibrazioni necessarie all'infissione delle palancole con l'edificato circostante nonché l'eventuale possibilità di utilizzare palancole infisse a pressione che potrebbero contenere i fenomeni di interferenza con l'edificato esistente e migliorare anche la tenuta alla filtrazione idrica. **L'utilizzo di palancole andrà idoneamente valutato anche in relazione alla presenza in superficie del bancone ghiaioso-sabbioso ad elevato addensamento.**

Sicuramente non idonea appare la realizzazione di una berlinese di micropali in quanto non garantirebbe alcun effetto barriera rispetto alla filtrazione idrica.

Indipendentemente dal sistema di contenimento preventivo degli scavi prescelto, i manufatti interrati dovrà essere protetto da fenomeni di umidità e/o filtrazione idrica.

Si dovrà quindi prevedere la messa in opera di **interventi di impermeabilizzazione** (cartelle di bentonite sodica, platea impermeabilizzante, "sistema vasca bianca - Drytech-Rascor", ecc.) eventualmente associati ad un adeguato sistema di drenaggio con predisposizione di pompe per l'abbattimento del livello di falda e la raccolta e l'allontanamento delle acque.

Gli interventi di sbancamento dovranno essere sempre eseguiti a distanza di sicurezza dalle proprietà contermini.

Per **tutti gli sbancamenti** si raccomanda, infine, di non abbandonare i fronti di scavo aperti per periodi di tempo prolungati. A seguito di piogge intense tali fronti possono 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.



La possibile presenza della falda a scarsa profondità dal p.c., dovrà essere presa in opportuna considerazione dal Tecnico Progettista.

9.2. Linee guida generali di utilizzo del materiale escavato

Nell'ambito della realizzazione delle opere si prevede la produzione di materiale derivanti da operazioni di scavo.

Il materiale escavato ha la possibilità di:

- **essere destinato allo stato naturale a fini di costruzione nello stesso sito in cui è stato escavato** (art. 185 D. Lgs. 152/2006 e s.m.i.). In questo caso non necessita di una particolare procedura; la maggior parte dei comuni chiede una dichiarazione che il materiale escavato sarà riutilizzato ai sensi dell'Art. 185 comma 1 del D. Lgs. 152/06 e s.m.i.

185. Esclusioni dall'ambito di applicazione

(articolo così sostituito dall'articolo 13 del d.lgs. n. 205 del 2010)

1. Non rientrano nel campo di applicazione della parte quarta del presente decreto:

- a) le emissioni costituite da effluenti gassosi emessi nell'atmosfera;
- b) il terreno (in situ), inclusi il suolo contaminato non scavato e gli edifici collegati permanentemente al terreno, fermo restando quanto previsto dagli artt. 239 e ss. relativamente alla bonifica di siti contaminati;
- c) il suolo non contaminato e altro materiale allo stato naturale escavato nel corso di attività di costruzione, ove sia certo che esso verrà riutilizzato a fini di costruzione allo stato naturale e nello stesso sito in cui è stato escavato;
- d) i rifiuti radioattivi;
- e) i materiali esplosivi in disuso;
- f) le materie fecali, se non contemplate dal comma 2, lettera b), paglia, sfalci e potature, nonché altro materiale agricolo o forestale naturale non pericoloso utilizzati in agricoltura, nella selvicoltura o per la produzione di energia da tale biomassa mediante processi o metodi che non danneggiano l'ambiente né mettono in pericolo la salute umana.

Recentemente questo articolo è stato sottoposto ad "Interpretazione Autentica" di Legge mediante l'**Art. 3 – Disposizioni in materia di matrici materiali di riporto e ulteriori disposizioni in materia di rifiuti-** della **L. 28 del 24/03/2012 (Conversione in legge con modificazioni del D. L. 2 del 25/01/2012 recante Misure Straordinarie e urgenti in materia ambientale)**.

Ai sensi dell'Art. 3 comma 1 della L. 28 del 24/03/2012 come modificato dall'art. 41 comma 3 lett. a) della L. 98/2013 (Decreto del Fare) "...omissis... i riferimenti al **suolo** contenuti all'art. 185 commi 1, lettere b) e c), e 4 del D. Lgs.152/06, si interpretano come riferiti anche alle **matrici materiali di riporto** di cui all'All. 2 alla parte IV del medesimo D. Lgs.", costituite da una miscela eterogenea di materiale di origine antropica quali residui e scarti di produzione e di consumo e di terreno, che compone un orizzonte stratigrafico specifico rispetto alle caratteristiche geologiche e stratigrafiche naturali del terreno in un determinato sito e utilizzate per la realizzazione di riempimenti rilevati e reinterri. Al comma 2 dell'Art. 3 della L. 28 del 24/03/2012 come modificato dall'art. 41 comma 3 lett. b) della L. 98/2013 si specifica che "Fatti salvi gli accordi di programma per la bonifica sottoscritti prima della data di entrata in vigore della presente disposizione che rispettano le norme in materia di bonifica vigenti al tempo della sottoscrizione, ai fini dell'applicazione dell'Art. 185 comma 1 lettere b) c) del D. lgs. 152/06, le matrici materiali di riporto devono essere sottoposte a test di cessione

effettuato sui materiali granulari ai sensi dell'art.9 del D. M. Amb. Del 5 Febbraio 1998omissis...ai fini delle metodiche da utilizzare per escludere rischi di contaminazione delle acque sotterranee e, ove conformi ai test di cessione, devono rispettare quanto previsto dalla legislazione vigente in materia di siti contaminati.”

- **essere gestito con la qualifica di “rifiuto speciale”**, quindi trasportato all'esterno dal sito e conferito in discarica autorizzata (art. 184 D. Lgs. 152/2006 e s.m.i.) nel rispetto di tutte le normative sui rifiuti vigenti;

3. Sono rifiuti speciali:

- a) i rifiuti da attività agricole e agro-industriali, ai sensi e per gli effetti dell'[art. 2135 c.c.](#);
(lettera così modificata dall'articolo 11 del d.lgs. n. 205 del 2010)
- b) i rifiuti derivanti dalle attività di demolizione, costruzione, nonché i rifiuti che derivano dalle attività di scavo, fermo restando quanto disposto dall'articolo 184-bis;
(lettera così sostituita dall'articolo 11 del d.lgs. n. 205 del 2010)
- c) i rifiuti da lavorazioni industriali;
(lettera così modificata dall'articolo 2, comma 21-bis, d.lgs. n. 4 del 2008)
- d) i rifiuti da lavorazioni artigianali;
- e) i rifiuti da attività commerciali;
- f) i rifiuti da attività di servizio;
- g) i rifiuti derivanti dalla attività di recupero e smaltimento di rifiuti, i fanghi prodotti dalla potabilizzazione e da altri trattamenti delle acque e dalla depurazione delle acque reflue e da abbattimento di fumi;
- h) i rifiuti derivanti da attività sanitarie;

- **essere destinato ad utilizzo come sottoprodotto (terre e rocce da scavo)** ai sensi dell'Art. 184 bis.

184-bis. Sottoprodotto

(articolo introdotto dall'articolo 12 del d.lgs. n. 205 del 2010)

1. È un sottoprodotto e non un rifiuto ai sensi dell'articolo 183, comma 1, lettera a), qualsiasi sostanza od oggetto che soddisfa tutte le seguenti condizioni:

- a) la sostanza o l'oggetto è originato da un processo di produzione, di cui costituisce parte integrante, e il cui scopo primario non è la produzione di tale sostanza od oggetto;
- b) è certo che la sostanza o l'oggetto sarà utilizzato, nel corso dello stesso o di un successivo processo di produzione o di utilizzazione, da parte del produttore o di terzi;
- c) la sostanza o l'oggetto può essere utilizzato direttamente senza alcun ulteriore trattamento diverso dalla normale pratica industriale;
- d) l'ulteriore utilizzo è legale, ossia la sostanza o l'oggetto soddisfa, per l'utilizzo specifico, tutti i requisiti pertinenti riguardanti i prodotti e la protezione della salute e dell'ambiente e non porterà a impatti complessivi negativi sull'ambiente o la salute umana.

Riguardo le modalità con cui verificare la conformità all'*art. 184 bis* del *D.Lgs 152/06 e s.m.i.* ed attuare in fase progettuale ed esecutiva l'utilizzo delle terre e rocce da scavo, sono di recente occorse numerose modifiche legislative e non è da escludere che altre siano attuate nel breve e medio termine.

Fino al 21 Giugno 2013 la gestione delle terre e rocce da scavo, anche per i siti di piccole dimensioni < 6000 mc, seppure a causa di una “carenza normativa” (assenza di emanazione dello specifico regolamento relativo ai piccoli siti), andava eseguita in ottemperanza al *D.M. 161/2012* emanato in attuazione dell'*Art. 49 del D.L. 1/2012* (D.L.



Liberalizzazioni) e vigente dal 06/10/2012.

Dm Ambiente 10 agosto 2012, n. 161
Disciplina dell'utilizzazione delle terre e rocce da scavo - Criteri qualitativi da soddisfare per essere considerati sottoprodotti e non rifiuti - Attuazione articolo 49 del DI 1/2012 ("DI Liberalizzazioni")

Testo vigente dal 06-10-2012

Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare

Decreto 10 agosto 2012, n. 161

(Gu 21 settembre 2012 n. 221)

Articolo 2

Finalità

1. Al fine di migliorare l'uso delle risorse naturali e prevenire, nel rispetto dell'articolo 179, comma 1, del decreto legislativo n. 152 del 2006 e successive modificazioni, la produzione di rifiuti, il presente regolamento stabilisce, sulla base delle condizioni previste al comma 1, dell'articolo 184-bis del decreto legislativo n. 152 del 2006 e successive modificazioni, i criteri qualitativi da soddisfare affinché i materiali di scavo, come definiti all'articolo 1, comma 1, lettera b) del presente regolamento, siano considerati sottoprodotti e non rifiuti ai sensi dell'articolo 183, comma 1, lettera qq) del decreto legislativo n. 152 del 2006 e successive modificazioni.

2. Il presente regolamento stabilisce inoltre, le procedure e le modalità affinché la gestione e l'utilizzo dei materiali da scavo avvenga senza pericolo per la salute dell'uomo e senza recare pregiudizio all'ambiente.

In adempimento al D.M.161/2012 è necessario redigere un **Piano di Utilizzo dei Materiali da scavo** al fine di comprovare la sussistenza dei requisiti da soddisfare affinché i materiali da scavo siano considerati sottoprodotti e non rifiuti (ai sensi dell'Art. 183 c.1 lett. qq del D. Lgs. 152/06 e s.m.i.). Il Piano di Utilizzo deve essere presentato all'Autorità Competente almeno 90 gg prima dell'inizio dei lavori o, nel caso di opera soggetta a VIA o AIA, prima dell'espressione del parere di valutazione ambientale.

Per la redazione del Piano di Utilizzo è indispensabile l'esecuzione di una **caratterizzazione ambientale del sito predisposta sotto la direzione di un Geologo** con prelievo di campioni di terreno fino alle profondità di scavo e secondo un numero minimo di punti d'indagine pari a 3 (siti con superficie di scavo <2500 mq) ed in ogni caso in stretta conformità con quanto prescritto dagli allegati dello stesso D.M.161/2012.

Nel Giugno 2013 sono intervenute nuove **"evoluzioni legislative"** che hanno reso ancora più incerto il già problematico regime di gestione delle terre e rocce da scavo.

In data **21 Giugno 2013** è divenuto vigente il **D.L. n° 69 del 21/06/2013 "Disposizioni urgenti per il rilancio dell'Economia"** che ha ristretto l'uso del D.M. 161/2012 alle sole attività ed opere soggette ad *Autorizzazione Integrata Ambientale* o *Valutazione di Impatto Ambientale* (AIA o VIA).

Il **26 Giugno 2013** è entrata in vigore la **Legge n°71 del 24/06/2013** di conversione al Decreto Legge n° 43 relativo all'Expo 2015 e ad altre emergenze ambientali che all'**Art.8 bis comma 2** ha indicato che **per cantieri con volumi di scavo fino a 6.000 mc** si debbano applicare di nuovo le indicazioni dell'Art. 186 D. Lgs. 152/2006 **in deroga a quanto stabilito dall'art. 49 del D. l. 1/2012 convertito con modificazioni dalla L. 27 del 24 Marzo 2012, il quale prevedeva l'abrogazione dell'articolo 186 del decreto legislativo 152/06 medesimo con l'entrata in vigore del D.M. 161/2012.**

Tuttavia **il quadro normativo/applicativo appariva alla luce di questi "interventi normativi" piuttosto confuso e contraddittorio** con varie associazioni di categoria che avevano avviato richieste di chiarimenti agli Organi Competenti, soprattutto in riferimento alle normative da applicare a siti con volumi di scavo > 6.000 mc e non soggetti a VIA e AIA.



Con la **L. 98 del 09/08/2013 (Legge del Fare – Conversione con modificazioni, del D. L. 69 del 21/06/2013 – Disposizioni urgenti per il rilancio dell’Economia)** si modifica ulteriormente il quadro normativo pervenendo ad un quadro che appare adesso piuttosto definito e che può essere così sintetizzato:

REGIME DI APPLICAZIONE DELL’ART. 184 BIS – D. Lgs. 152/05 E s.m.i.

RIFERIMENTI NORMATIVI

Siti di grandi dimensioni soggetti a VIA e AIA	Siti di piccole dimensioni Siti di grandi dimensioni non soggetti a VIA o AIA
<p>Ai sensi dell’art. 184 bis comma 2 bis del D. Lgs 152/06, come introdotto dall’art. 41 comma 2 della L. 98/2013, il D.M. 161/2012 adottato in attuazione delle previsioni di cui all’art. 49 del D. L. 1/2012, convertito con modificazioni dalla L. 27/2012 (cantieri con volumi di scavo > 6.000 mc), “ <i>si applica solo alle terre e rocce da scavo che provengono da attività o opere soggette a valutazione d’impatto ambientale o ad autorizzazione integrata ambientale....</i>”</p>	<p>L’art. 41 bis della L. 98/2013 ed in relazione a quanto disposto dall’art. 266, comma 7 del D. Lgs 152/06 stabilisce, ai commi 1-4, le disposizioni che si applicano ai materiali da scavo nei piccoli siti (< 6.000 mc) per verificare il regime di applicazione dell’articolo 184 bis; al comma 5 viene specificato che esse valgono anche per i cantieri con volumi di scavo > 6.000 mc ma non soggetti a VIA o AIA</p>

L’art. 186 del D. Lgs 152/2006 viene definitivamente abrogato dal comma 6 dell’art. 41 bis della L. 98/2013, che abroga l’art. 8 bis del D. L. 43/2013 convertito con modificazione dalla L. 71/2013.

Si ritiene pertanto opportuno per l’intervento di progetto, laddove sia verificata la mancanza di procedure VIA o AIA, **scegliere la procedura di utilizzo e definire la normativa più idonea da adottare.**

Alla luce del quadro normativo e soprattutto in caso di riutilizzo fuori sito, sono stati prelevati n. 3 campioni di terreno secondo le disposizioni e procedure indicate dal D.Lgs.152/06 e s.m.i. al fine eventualmente di predisporre **un Piano di Caratterizzazione Ambientale sotto la direzione di un Geologo con analisi chimiche dei terreni** che potrà essere utilizzato, comunque, sia ai sensi dell’Art. 41 bis, commi 1-4, della L. 98/2013 per l’applicazione del regime di art. 184 bis del D. Lgs. 152/06 e s.m.i. (ri-utilizzo fuori sito) che per la verifica dei “suoli non contaminati” per l’applicazione del regime dell’art. 185 del D. Lgs. 152/06 e s.m.i. (ri-utilizzo in sito).



10. COMPATIBILITA' DELL'INTERVENTO DI PROGETTO CON LE RISULTANZE DELLO STUDIO GEOLOGICO E CON LE NORMATIVE GEOLOGICHE DI FATTIBILITA', DI VINCOLO E DI PERICOLOSITA' SISMICA **CONCLUSIONI**

Il sito di progetto ricade nella **Classe di Fattibilità 3**, con limitazioni d'uso consistenti, riferibili ad *aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche associati a ridotta soggiacenza della falda (Tavv. G5.3, G4.1 e G1.1 del Documento di Piano del PGT – Aprile 2009 - Dott. Geol. Paolo Ferrari)*. Nello stesso studio non si segnala la presenza, presso l'area d'interesse, di *normative di vincolo* correlate agli elementi idrografici appartenenti al Reticolo Idrico Minore o ad altre problematiche geologiche-idrogeologiche-geomorfologiche (Tav. G3.1 - *Carta dei Vincoli* – Documento di piano del PGT - Aprile 2009).

Sono state prese in esame le condizioni geologiche-geomorfologiche ed idrogeologiche dell'area di intervento e di quelle ad essa limitrofe (vedi Cap. 2) nonché un inquadramento sismotettonico e della sismicità dell'area (vedi Cap. 3).

Mediante le indagini geognostiche eseguite (vedi Cap. 4) è stato ricostruito il modello geologico-geotecnico e geofisico delle aree di progetto (vedi Cap. 5), che ha evidenziato la presenza di una UNITA' SUPERFICIALE la cui profondità tende ad aumentare da W verso Est, con un approfondimento fino a circa 4/5 m dal p.c. nella porzione occidentale e fino a circa 6/8 m dal p.c. nella fascia centrale ed orientale; a seguire è presente una UNITA' INTERMEDIA prevalentemente riferibile a un'alternanza di livelli prevalentemente sabbiosi mediamente addensati e di livelli prevalentemente limoso-sabbiosi da scarsamente a mediamente addensati riscontrata fino a circa -15/-16 m dal p.c. e quindi un'UNITA' PROFONDA riferibile a depositi ghiaiosi da mediamente addensati ad addensati. In fase d'indagine sono stati rilevati fenomeni di circolazione d'acqua continui e correlabili, in accordo con l'assetto idrogeologico dell'area, alla falda superficiale freatica che permea i depositi fluvioglaciali/alluvionali a litologia prevalentemente sabbiosa, a medio-elevata permeabilità. Presso l'area di progetto la profondità della falda freatica si attesta a profondità comprese tra circa -5,38/-6,68 m dal p.c. e quindi con quota piezometrica compresa tra 55,42 m s.l.m. e 53,62 m s.l.m. con direzione di flusso da N/NW a S/SE.

Dal punto di vista della Pericolosità Sismica Locale l'area è stata classificata nello Studio della Componente Geologica del PGT vigente (*Carta della Pericolosità Sismica Locale – Tav. G.2.1 del Documento di Piano del PGT - Dott. Geol. P. Ferrari – Aprile 2009*), entro lo **scenario di pericolosità sismica PSL Z2** definito “*Zona con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporto poco addensato, terreni granulari fini con falda superficiale)*” e quindi potenziali effetti sismici locali correlati a cedimenti o liquefazioni (*Carta della fattibilità Geologica – Tav. G.5.3 del Documento di Piano del PGT - Dott. Geol. P. Ferrari – Aprile 2009*).

In relazione al modello geotecnico-sismostratigrafico e geomorfologico del sito sono state quindi definite la Categoria di Sottosuolo e la Categoria Topografica, che potranno essere utilizzate per la stima dell'Azione Sismica e più in generale per la progettazione delle opere (¶ 6.1).

Per quanto concerne la stabilità alla liquefazione si è ritenuto il sito d'interesse non soggetto ad esclusione alla verifica alla liquefazione ai sensi del D.M. 14/01/08 (¶ 6.4) anche in riferimento all'inclusione l'area entro lo scenario di pericolosità sismica Z2 “*Zona con terreni di fondazione particolarmente scadenti*” per il quale risulta necessario eseguire l'approfondimento di 3° Livello (L.R.12/05 e D.G.R. applicative).



La verifica (¶ 6.4.3) non ha evidenziato, sulla base delle stime eseguite, potenziali rischi di liquefazione.

Sono quindi stati indicati (¶ 6.2) gli Spettri di Risposta Elastici ed i Parametri di Pericolosità Sismica definiti dalle più recenti normative per il sito di progetto (risultati del progetto S1 – INGV).

Per una più mirata definizione della Risposta Sismica Locale per il sito, tenuto conto della tipologia degli edifici di progetto (paragrafo 2.4.2 NTC-08) e della conseguente strategia di progettazione ordinaria, sono stati definiti i periodi di ritorno T_R , ed i relativi Spettri di Risposta Elastici e quindi parametri a_g , F_0 e T_c^* , associati a ciascun Stato Limite. Sono stati infine valutati i valori di amplificazione litologica (S_s) e morfologica di sito (S_t) per alcuni Stati Limite (¶ 6.3).

Tali dati potranno essere utilizzati dal Tecnico Progettista delle Strutture per la determinazione dell’Azione Sismica di Progetto e quindi dello Spettro di Progetto Elastico (SLE) o Inelastico (SLU).

Nel caso in cui fosse ammissibile la progettazione secondo le vecchie normative sismiche sono stati definiti i parametri sismici ai sensi del D.M. del 16/01/96.

Sulla base del modello geologico-geotecnico definito sono pertanto state identificate, per i vari manufatti manufatti, le diverse unità geotecniche a caratteristiche geotecniche idonee alla posa delle strutture di fondazione e le modalità progettuali da adottare (vedi Cap.7 e 8.1) per le nuove strutture di fondazione e più in generale per la corretta realizzazione delle opere.

Sono state quindi analizzate diverse tipologie e geometrie di fondazione dirette (¶ 8.2) allo scopo di ottenere dei valori dei carichi limite nei casi M1 e M2 e delle resistenze R_d , nonché di ipotizzare l’entità dei cedimenti riferiti ai carichi di esercizio ($P_{\text{prog-eserc}}$), che potranno essere utilizzati nello studio progettuale. A titolo indicativo o nel caso in cui per l’intervento di progetto potesse essere applicata la relativa normativa, è stata eseguita una stima della P_{amm} adottando il Metodo delle Tensioni Ammissibili, secondo il D.M. 11/03/88, applicando un fattore di sicurezza $F=3$ ai valori di P_{lim} .

Sono state date indicazioni sulle modalità di esecuzione in condizioni di sicurezza degli scavi di progetto e sugli interventi di impermeabilizzazione e drenaggio consigliati (¶ 9.1) e riguardo le linee guida generali per l’eventuale riutilizzo dei materiali escavati in adempimento alle normative vigenti (¶ 9.2).

Sulla base di quanto sopradescripto l’intervento di progetto, se eseguito secondo le prescrizioni del presente studio, risulta compatibile con la Classe di Fattibilità Geologica individuata e con le Normative di Vincolo Geologico e di Pericolosità Sismica vigenti.

Essendo l’indagine geognostica eseguita necessariamente per punti si richiede, in fase esecutiva, la verifica delle ipotesi fatte nella presente relazione con particolare riguardo alla verifica della natura litologica e geotecnica delle unità d’appoggio delle fondazioni.

Si specifica che in adempimento alla normativa vigente (D.M. 14/01/08) la presente relazione geologica può essere utilizzata solo per i siti indicati ed in riferimento agli interventi come definiti nelle tavole cartografiche e nei paragrafi illustrativi. Si diffida qualsiasi differente utilizzo, che sarà perseguibile a norma di legge.

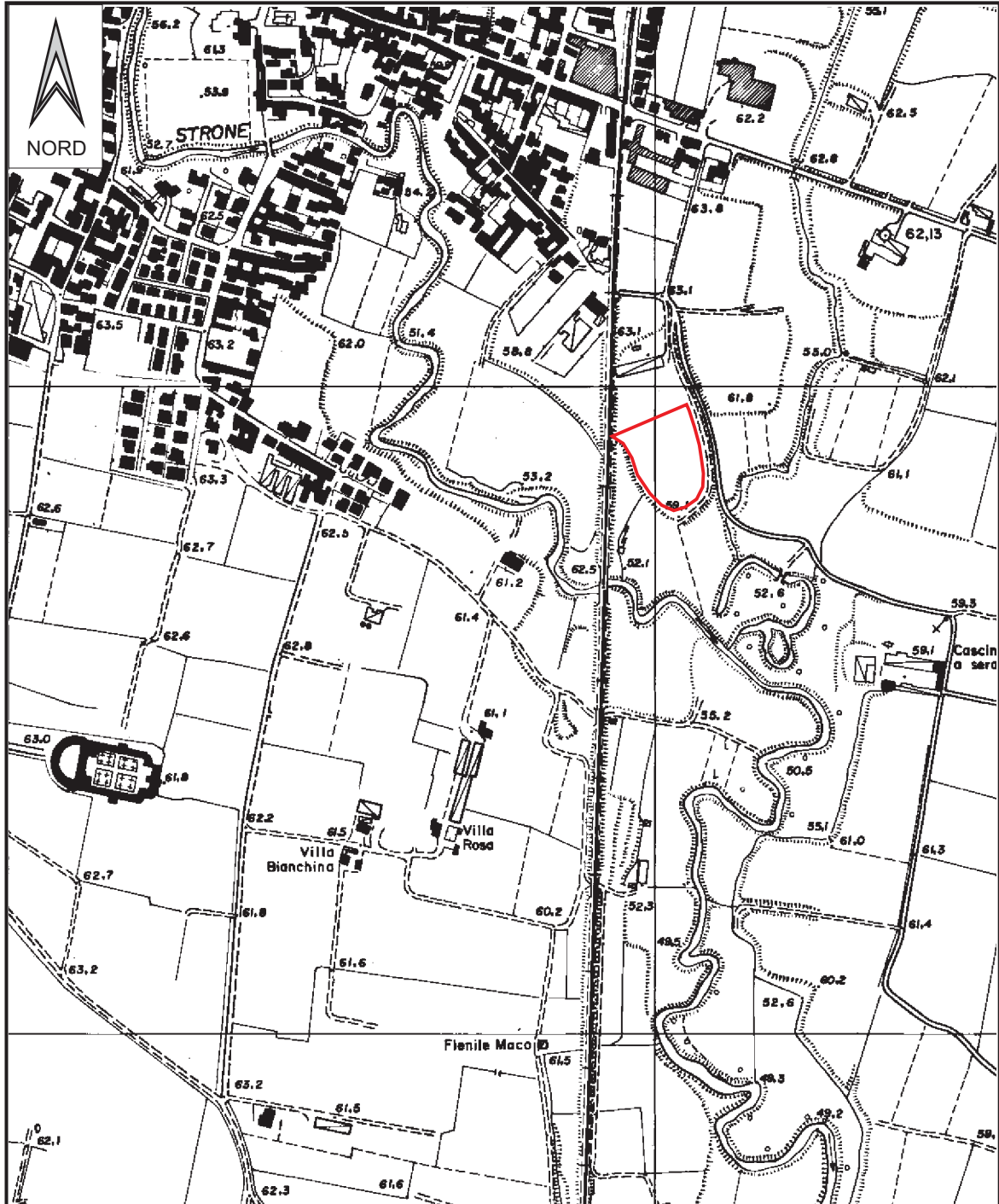
Padenghe sul Garda, 26 Novembre 2015

Dott. Geol. Rosanna Lentini



TAV. 1 COROGRAFIA

Scala 1:10.000



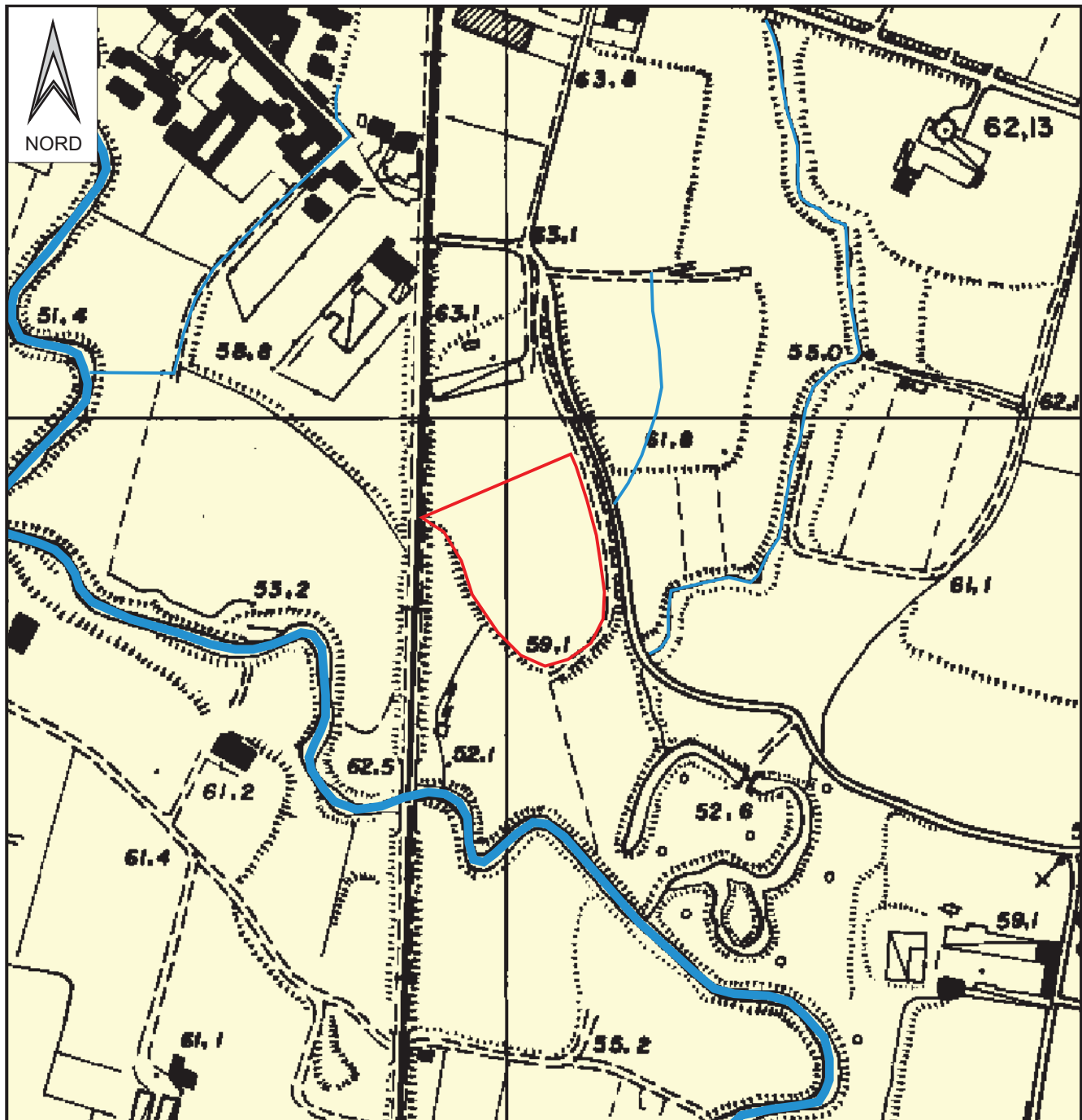
Legenda



Area d'intervento

TAV. 2 CARTA GEOLOGICA CON ELEMENTI DEL RETICOLO IDRICO

Scala 1:5.000



Legenda

Area d'intervento



Depositi fluvio-glaciali/
alluvionali

ELEMENTI IDROGRAFICI/ IDROGEOLOGICI



Elemento del Reticolo
Idrico - Fiume Strone
(RIP - BS 060)



Elemento del Reticolo
Idrico Minore (RIM)



Legenda

P1 CPT Prova penetrometrica statica (C.P.T.) con posa in opera di piezometro da 1/2"

P5 SCPT Prova penetrometrica dinamica standard (S.C.P.T.) con posa in opera di piezometro da 1/2"

S1 Sondaggio a carotaggio continuo con prove SPT in foro e messa in opera di piezometro 2"

Linea Sismica
 Stendimento di sismica multicanale MASW

A A' Traccia sezione geotecnica

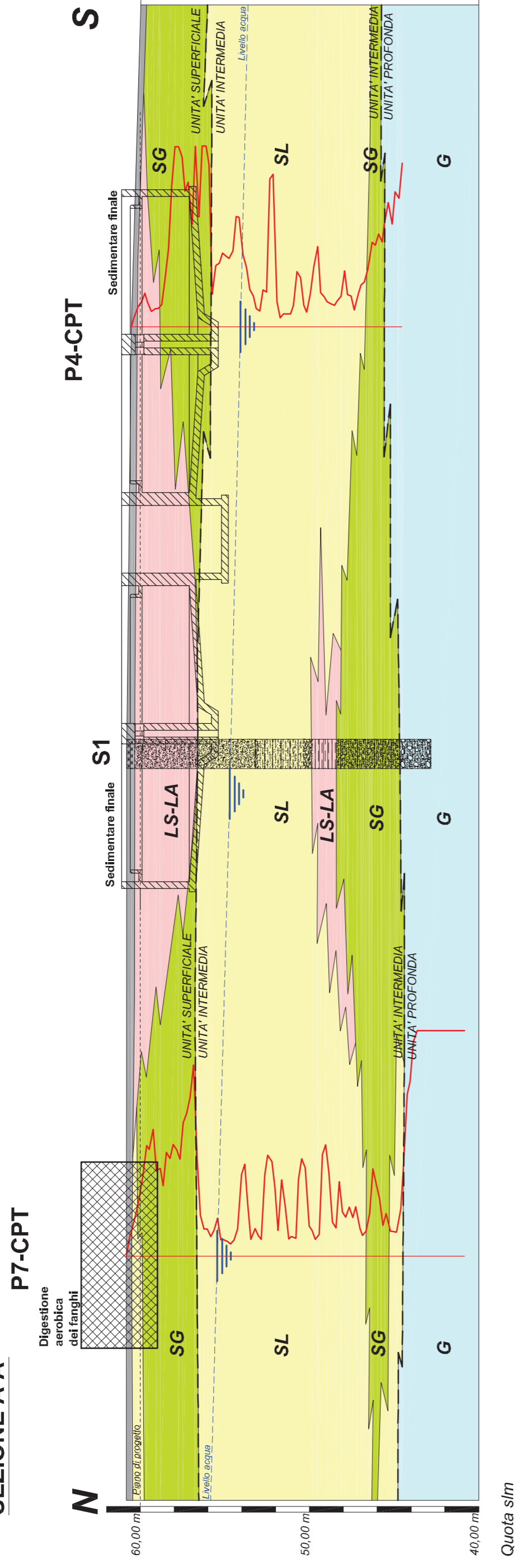
54,09 m slm
 Quota del livello piezometrico della falda misurato nelle indagini

LS-LA Ambito con prevalenza della sottounità LS-LA nell'Unità Superficiale

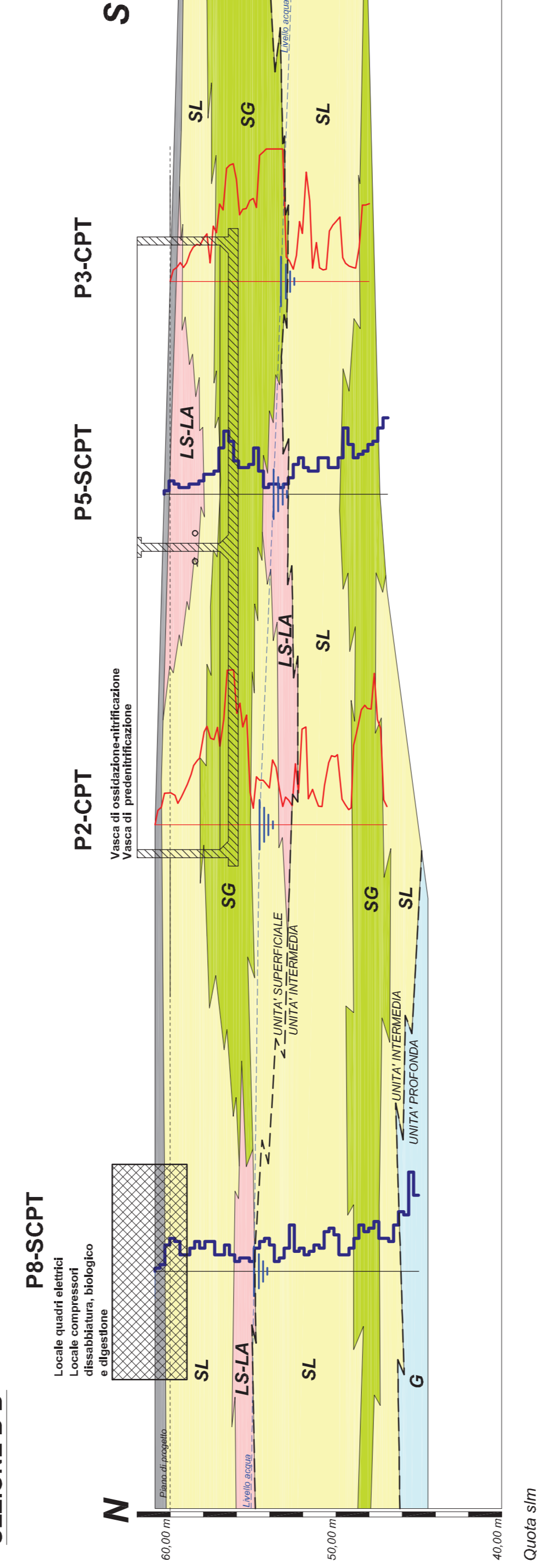
SL Ambito con prevalenza della sottounità SL nell'Unità Superficiale

SG Ambito con prevalenza della sottounità SG nell'Unità Superficiale

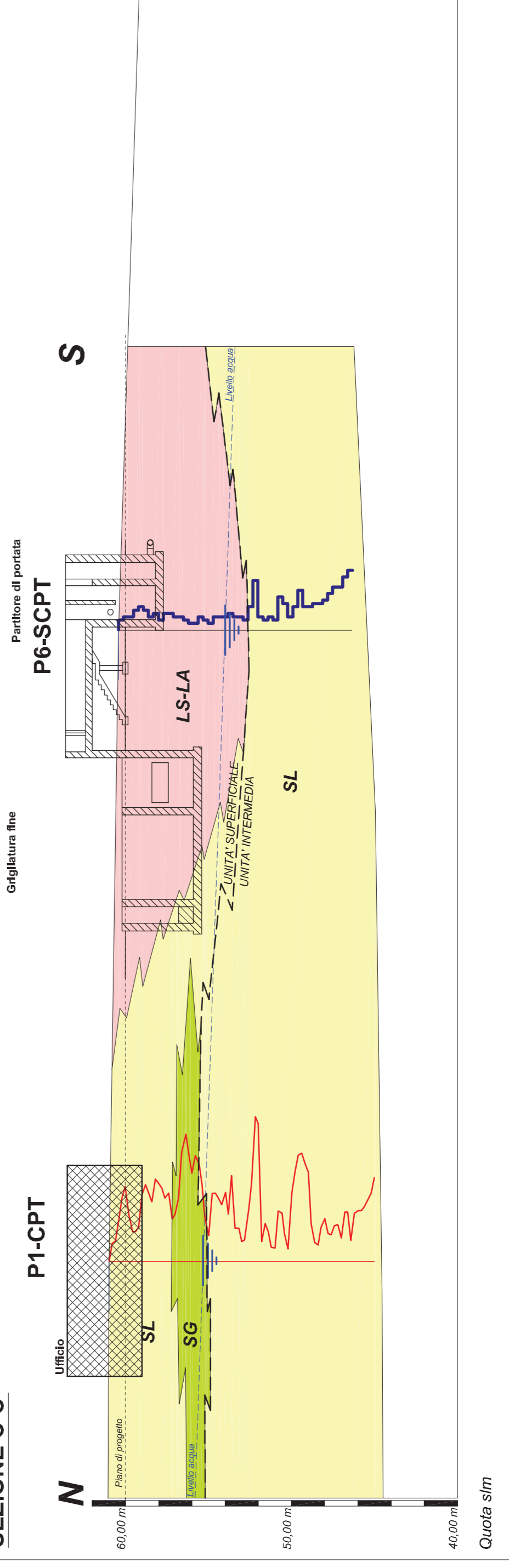
SEZIONE A-A'



SEZIONE B-B'



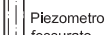





SEZIONE C-C'

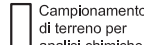

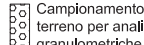
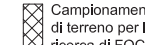


- Terreno vegetale / rimaneggiato o di riporto
- LS-LA Sabbia medio fine, localmente limosa, e argilla limosa, scarsamente addensata (Nspt= 3-8)
- SL Alternanze di sabbie fini localmente limose, mediamente addensate (Nspt= 14-22 e Rp= 35-70/70-90) e limi sabbiosi e argille limose da scarsamente a mediamente addensate (Nspt= 5-13/8-18 e Rp=20-35/10-25)
- SG Sabbia medio grossolana e sabbia fine e limo, talora da ghiaiosa a debolmente ghiaiosa, da mediamente addensata ad addensata (Nspt= 18-24/22-27 e Rp=70-90/90-180)
- G Ghiaia medio fine e sabbia medio grossolana, limosa, addensata (Nspt=28-38 e Rp= 150-300)

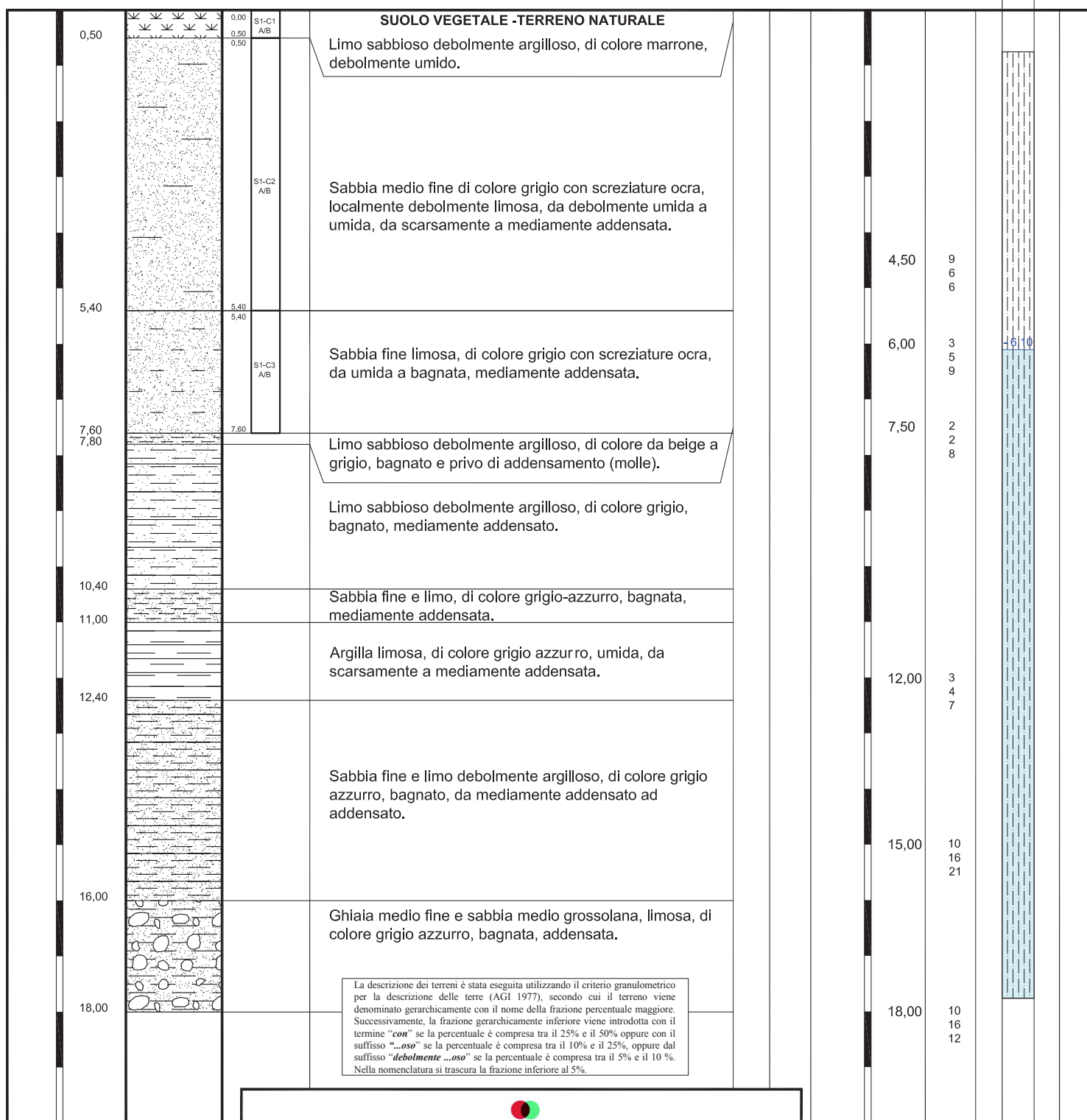
- P7-CPT Prova penetrometrica statica
- P8-SCPT Prova penetrometrica dinamica
- Sondaggio geognostico
- Livello acqua da p.c.

	Località: Via Vallatelle, Verolanuova (BS)	DATA: 22-23/10/2015
	Committente: Garda Uno SPA	SONDAGGIO: S1
	Compilatore: Dott. Geol. R. Lentini	QUOTA INIZIO DA RIL. TOP.: 60,80 m
	Sonda: Puntel (gommata)	RIF. COMM.: 2015 - 132 R RG

 Piezometro fessurato	 Piezometro cieco	 Ghiaietto	 Cemento Bentonite	 Compactonite	 Sabbia	Carotiere diam: 101 mm	Quota raggiunta: 18,00 m da p.c.
						Rivestimento diam: 127 mm	Quota raggiunta: 18,00 m da p.c.

 Campionamento di terreno per analisi chimiche	 Campionamento volatilif	 Campionamento di terreno per analisi granulometriche	 Campionamento di terreno per la ricerca di FOC	*** Soggiacenza	-6,35 m da t.p. -6,10 m da p.c.		
				Data e ora lettura	23/10/2015		

Profondità m da p.c.	Stratigrafia	Campioni profondità m da p.c.	DESCRIZIONE LITOLOGICA	Vane Test (kg/cmq)	Poket Penetrometer (kg/cmq)	Profondità m da p.c.	SPT (punta chiusa)	Piezometro 2" t.p. (testa pozzo)	Falda
----------------------	--------------	----------------------------------	------------------------	-----------------------	--------------------------------	----------------------	-----------------------	-------------------------------------	-------





STUDIO DI GEOLOGIA
TECNICA ED AMBIENTALE

Località: Via Vallatelle, Verolanuova (BS)

Committente: Garda Uno SPA

Compilatore: Dott. Geol. R. Lentini

Sonda: Puntel (gommata)

DATA 22-23/10/2015

SONDAGGIO S1

QUOTA INIZIO DA RIL. TOP. 60,80 m

RIF. COMM. 2015 - 132 R RG



POSTAZIONE S1



CASSA 1 0,00 / -5,00 m da p.c.



CASSA 2 -5,00 / -10,00 m da p.c.



CASSA 3 -10,00 / -15,00 m da p.c.



CASSA 4 -15,00 / -18,00 m da p.c.

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI	CPT	P 1
	riferimento	Verolanuova
	certificato n°	
	n° verb.accett.	

Committente: Garda Uno SPA	U.M.: kg/cm²	Data esec.: 22/10/2015
Cantiere: Verolanuova - Via Vallatelle	Pagina: 1	Data certificato: 16/11/2015
Località:	Elaborato:	Falda: -5,68 m da quota inizio

H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf	H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf
m	-	-	-	kg/cm ²	kg/cm ²	-	%	m	-	-	-	kg/cm ²	kg/cm ²	-	%
0,20	15,0	0,0	0,0	15,00	-1,13	-13	-7,5	15,20	43,0	68,0		43,00	1,73	25	4,0
0,40	17,0	0,0	0,0	17,00	1,07	16	6,3	15,40	47,0	73,0		47,00	2,07	23	4,4
0,60	38,0	54,0	0,0	38,00	1,20	32	3,2	15,60	52,0	83,0		52,00	2,60	20	5,0
0,80	54,0	72,0	0,0	54,00	1,40	39	2,6	15,80	58,0	97,0		58,00	3,33	17	5,7
1,00	64,0	85,0		64,00	1,13	57	1,8	16,00	71,0	121,0		71,00			
1,20	41,0	58,0		41,00	0,67	61	1,6								
1,40	25,0	35,0		25,00	0,73	34	2,9								
1,60	25,0	36,0		25,00	1,07	23	4,3								
1,80	29,0	45,0		29,00	0,00	23	0,0								
2,00	57,0	57,0		57,00	2,07	28	3,6								
2,20	65,0	96,0		65,00	1,93	34	3,0								
2,40	58,0	87,0		58,00	2,13	27	3,7								
2,60	51,0	83,0		51,00	3,53	14	6,9								
2,80	70,0	123,0		70,00	3,47	20	5,0								
3,00	66,0	118,0		66,00	2,67	25	4,0								
3,20	62,0	102,0		62,00	3,07	20	5,0								
3,40	54,0	100,0		54,00	2,67	20	4,9								
3,60	58,0	98,0		58,00	2,07	28	3,6								
3,80	36,0	67,0		36,00	2,00	18	5,6								
4,00	40,0	70,0		40,00	3,33	12	8,3								
4,20	54,0	104,0		54,00	3,27	17	6,1								
4,40	93,0	142,0		93,00	3,87	24	4,2								
4,60	108,0	166,0		108,00	2,80	39	2,6								
4,80	92,0	134,0		92,00	2,87	32	3,1								
5,00	75,0	118,0		75,00	1,93	39	2,6								
5,20	90,0	119,0		90,00	2,13	42	2,4								
5,40	82,0	114,0		82,00	1,87	44	2,3								
5,60	65,0	93,0		65,00	1,93	34	3,0								
5,80	37,0	66,0		37,00	1,27	29	3,4								
6,00	22,0	41,0		22,00	1,67	13	7,6								
6,20	58,0	83,0		58,00	1,73	34	3,0								
6,40	58,0	84,0		58,00	1,67	35	2,9								
6,60	54,0	79,0		54,00	1,87	29	3,5								
6,80	48,0	76,0		48,00	2,20	22	4,6								
7,00	59,0	92,0		59,00	2,20	27	3,7								
7,20	40,0	73,0		40,00	2,07	19	5,2								
7,40	73,0	104,0		73,00	1,53	48	2,1								
7,60	28,0	51,0		28,00	1,67	17	6,0								
7,80	28,0	53,0		28,00	1,07	26	3,8								
8,00	17,0	33,0		17,00	0,60	28	3,5								
8,20	18,0	27,0		18,00	1,13	16	6,3								
8,40	44,0	61,0		44,00	2,47	18	5,6								
8,60	66,0	103,0		66,00	3,67	18	5,6								
8,80	123,0	178,0		123,00	2,93	42	2,4								
9,00	117,0	161,0		117,00	1,27	92	1,1								
9,20	17,0	36,0		17,00	1,20	14	7,1								
9,40	32,0	50,0		32,00	1,00	32	3,1								
9,60	25,0	40,0		25,00	0,80	31	3,2								
9,80	12,0	24,0		12,00	0,73	16	6,1								
10,00	11,0	22,0		11,00	1,60	7	14,5								
10,20	43,0	67,0		43,00	1,33	32	3,1								
10,40	41,0	61,0		41,00	1,80	23	4,4								
10,60	24,0	51,0		24,00	0,73	33	3,0								
10,80	11,0	22,0		11,00	1,27	9	11,5								
11,00	58,0	77,0		58,00	1,80	32	3,1								
11,20	76,0	103,0		76,00	2,33	33	3,1								
11,40	90,0	125,0		90,00	2,40	38	2,7								
11,60	92,0	128,0		92,00	2,60	35	2,8								
11,80	83,0	122,0		83,00	2,33	36	2,8								
12,00	76,0	111,0		76,00	1,47	52	1,9								
12,20	32,0	54,0		32,00	1,00	32	3,1								
12,40	16,0	31,0		16,00	0,80	20	5,0								
12,60	14,0	26,0		14,00	1,27	11	9,1								
12,80	29,0	48,0		29,00	1,60	18	5,5								
13,00	36,0	60,0		36,00	1,53	24	4,3								
13,20	24,0	47,0		24,00	1,60	15	6,7								
13,40	23,0	47,0		23,00	1,60	14	7,0								
13,60	30,0	54,0		30,00	0,87	34	2,9								
13,80	31,0	44,0		31,00	1,40	22	4,5								
14,00	20,0	41,0		20,00	1,60	13	8,0								
14,20	42,0	66,0		42,00	1,67	25	4,0								
14,40	42,0	67,0		42,00	1,20	35	2,9								
14,60	18,0	36,0		18,00	1,47	12	8,2								
14,80	41,0	63,0		41,00	1,60	26	3,9								
15,00	43,0	67,0		43,00	1,67	26	3,9								

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

qc = resistenza di punta
fs = resistenza laterale calcolata alla stessa quota di qc
F = rapporto Begemann (qc / fs)
Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

CPT	P 1
riferimento	Verolanuova
certificato n°	
n° verb. accett.	

Committente: **Garda Uno SPA**
 Cantiere: **Verolanuova - Via Vallatelle**
 Località:

U.M.: **kg/cm²**
 Scala: **1:80**
 Pagina: **1**
 Elaborato:

Data eseg.: **22/10/2015**
 Data certificato: **16/11/2015**
 Quota inizio: **61,05 m da Ril. Top.**
 Falda: **-5,68 m da quota inizio**



Litologia:	Begemann [qc + qc/fs] 4 Zone	Preforo:	m
Penetrometro:	TG63-200S	Corr.astine:	kg/ml
Responsabile:		Cod. punta:	
Assistente:			

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

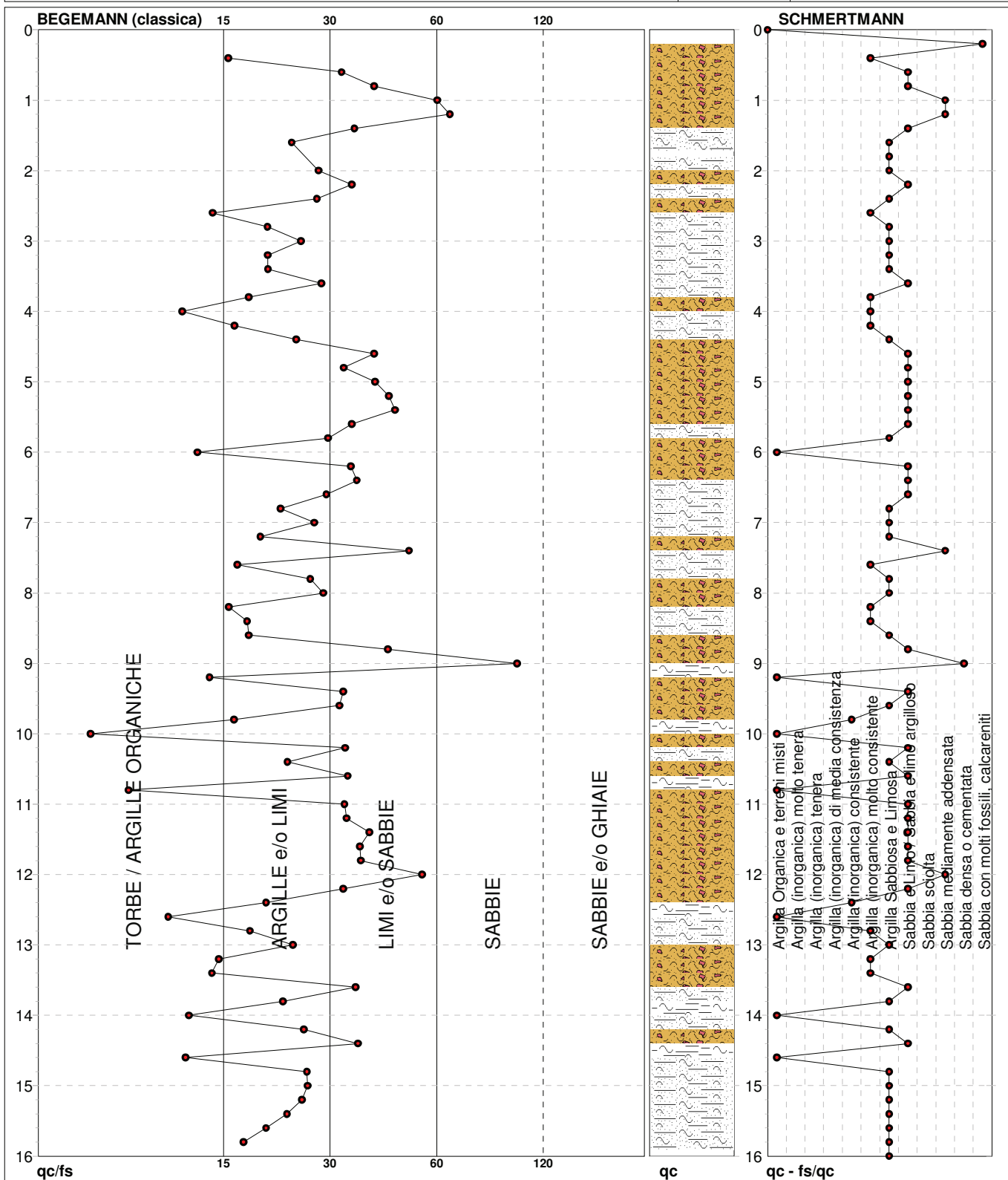
DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT	P 1
riferimento	Verolanuova
certificato n°	
n° verb. accett.	

Committente: **Garda Uno SPA**
Cantiere: **Verolanuova - Via Vallatelle**
Località:

U.M.: **kg/cm²**
Scala: **1:80**
Pagina: **1**
Elaborato:

Data eseg.: **22/10/2015**
Data certificato: **16/11/2015**
Falda: **-5,68 m da quota inizio**



Torbe / Argille org. :	13 punti, 16,46%	Argilla Organica e terreni misti:	7 punti, 8,86%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	26 punti, 32,91%
Argille e/o Limi :	36 punti, 45,57%	Argilla (inorganica) consistente:	2 punti, 2,53%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	26 punti, 32,91%
Limi e/o Sabbie :	28 punti, 35,44%	Argilla (inorganica) molto consist.:	11 punti, 13,92%	Sabbia mediamente addensata:	4 punti, 5,06%
Sabbie:	2 punti, 2,53%			Sabbia densa o cementata:	1 punto, 1,27%
				Sabbia con molti fossili, calcareniti:	1 punto, 1,27%

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI	CPT	P2
	riferimento	Verolanuova
	certificato n°	
	n° verb. accett.	

Committente: Garda Uno SPA	U.M.: kg/cm²	Data esec.: 22/10/2015
Cantiere: Verolanuova - Via Vallatelle	Pagina: 1	Data certificato: 16/11/2015
Località:	Elaborato:	Falda: -6,30 m da quota inizio

H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf	H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf
m	-	-	-	kg/cm ²	kg/cm ²	-	%	m	-	-	-	kg/cm ²	kg/cm ²	-	%
0,20	14,0	0,0		14,00	-1,13	-12	-8,1								
0,40	17,0	0,0		17,00	0,40	43	2,4								
0,60	31,0	37,0		31,00	0,60	52	1,9								
0,80	31,0	40,0		31,00	0,67	46	2,2								
1,00	31,0	41,0		31,00	0,73	42	2,4								
1,20	29,0	40,0		29,00	1,13	26	3,9								
1,40	21,0	38,0		21,00	1,13	19	5,4								
1,60	27,0	44,0		27,00	1,20	23	4,4								
1,80	33,0	51,0		33,00	1,53	22	4,6								
2,00	39,0	62,0		39,00	1,80	22	4,6								
2,20	49,0	76,0		49,00	2,33	21	4,8								
2,40	58,0	93,0		58,00	2,40	24	4,1								
2,60	62,0	98,0		62,00	2,73	23	4,4								
2,80	65,0	106,0		65,00	2,53	26	3,9								
3,00	90,0	128,0		90,00	3,00	30	3,3								
3,20	96,0	141,0		96,00	2,87	33	3,0								
3,40	84,0	127,0		84,00	2,80	30	3,3								
3,60	83,0	125,0		83,00	3,07	27	3,7								
3,80	95,0	141,0		95,00	3,67	26	3,9								
4,00	76,0	131,0		76,00	3,87	20	5,1								
4,20	102,0	160,0		102,00	3,67	28	3,6								
4,40	158,0	213,0		158,00	3,47	46	2,2								
4,60	155,0	207,0		155,00	4,33	36	2,8								
4,80	188,0	253,0		188,00	3,60	52	1,9								
5,00	108,0	162,0		108,00	3,67	29	3,4								
5,20	118,0	173,0		118,00	3,40	35	2,9								
5,40	95,0	146,0		95,00	3,40	28	3,6								
5,60	107,0	158,0		107,00	1,73	62	1,6								
5,80	32,0	58,0		32,00	1,20	27	3,8								
6,00	16,0	34,0		16,00	1,73	9	10,8								
6,20	47,0	73,0		47,00	2,33	20	5,0								
6,40	43,0	78,0		43,00	2,20	20	5,1								
6,60	43,0	76,0		43,00	1,93	22	4,5								
6,80	41,0	70,0		41,00	2,13	19	5,2								
7,00	36,0	68,0		36,00	2,60	14	7,2								
7,20	63,0	102,0		63,00	2,67	24	4,2								
7,40	56,0	96,0		56,00	1,80	31	3,2								
7,60	36,0	63,0		36,00	1,00	36	2,8								
7,80	18,0	33,0		18,00	1,60	11	8,9								
8,00	27,0	51,0		27,00	1,00	27	3,7								
8,20	24,0	39,0		24,00	1,40	17	5,8								
8,40	19,0	40,0		19,00	1,87	10	9,8								
8,60	59,0	87,0		59,00	2,13	28	3,6								
8,80	31,0	63,0		31,00	2,93	11	9,5								
9,00	93,0	137,0		93,00	3,13	30	3,4								
9,20	95,0	142,0		95,00	1,20	79	1,3								
9,40	25,0	43,0		25,00	1,80	14	7,2								
9,60	34,0	61,0		34,00	1,60	21	4,7								
9,80	27,0	51,0		27,00	1,13	24	4,2								
10,00	18,0	35,0		18,00	0,00	24	0,0								
10,20	0,0	0,0		0,00	1,07	0	0,0								
10,40	38,0	54,0		38,00	2,53	15	6,7								
10,60	60,0	98,0		60,00	1,87	32	3,1								
10,80	67,0	95,0		67,00	2,07	32	3,1								
11,00	66,0	97,0		66,00	2,27	29	3,4								
11,20	68,0	102,0		68,00	1,47	46	2,2								
11,40	25,0	47,0		25,00	1,33	19	5,3								
11,60	20,0	40,0		20,00	0,80	25	4,0								
11,80	15,0	27,0		15,00	0,93	16	6,2								
12,00	16,0	30,0		16,00	2,00	8	12,5								
12,20	77,0	107,0		77,00	2,13	36	2,8								
12,40	95,0	127,0		95,00	2,40	40	2,5								
12,60	111,0	147,0		111,00	2,80	40	2,5								
12,80	116,0	158,0		116,00	2,27	51	2,0								
13,00	113,0	147,0		113,00	2,73	41	2,4								
13,20	112,0	153,0		112,00	-0,33	-339	-0,3								
13,40	147,0	142,0		147,00	3,47	42	2,4								
13,60	102,0	154,0		102,00	3,13	33	3,1								
13,80	94,0	141,0		94,00	0,93	101	1,0								
14,00	24,0	38,0		24,00	1,20	20	5,0								
14,20	18,0	36,0		18,00											

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

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

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI	CPT	P2
	riferimento	Verolanuova
	certificato n°	
	n° verb. accett.	

Committente: Garda Uno SPA	U.M.: kg/cm²	Data eseg.: 22/10/2015
Cantiere: Verolanuova - Via Vallatelle	Pagina: 1	Data certificato: 16/11/2015
Località:	Elaborato:	Falda: -6,30 m da quota inizio

H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf	H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf
m	-	-	-	kg/cm ²	kg/cm ²	-	%	m	-	-	-	kg/cm ²	kg/cm ²	-	%
0,20	14,0	0,0		14,00	-1,13	-12	-8,1								
0,40	17,0	0,0		17,00	0,40	43	2,4								
0,60	31,0	37,0		31,00	0,60	52	1,9								
0,80	31,0	40,0		31,00	0,67	46	2,2								
1,00	31,0	41,0		31,00	0,73	42	2,4								
1,20	29,0	40,0		29,00	1,13	26	3,9								
1,40	21,0	38,0		21,00	1,13	19	5,4								
1,60	27,0	44,0		27,00	1,20	23	4,4								
1,80	33,0	51,0		33,00	1,53	22	4,6								
2,00	39,0	62,0		39,00	1,80	22	4,6								
2,20	49,0	76,0		49,00	2,33	21	4,8								
2,40	58,0	93,0		58,00	2,40	24	4,1								
2,60	62,0	98,0		62,00	2,73	23	4,4								
2,80	65,0	106,0		65,00	2,53	26	3,9								
3,00	90,0	128,0		90,00	3,00	30	3,3								
3,20	96,0	141,0		96,00	2,87	33	3,0								
3,40	84,0	127,0		84,00	2,80	30	3,3								
3,60	83,0	125,0		83,00	3,07	27	3,7								
3,80	95,0	141,0		95,00	3,67	26	3,9								
4,00	76,0	131,0		76,00	3,87	20	5,1								
4,20	102,0	160,0		102,00	3,67	28	3,6								
4,40	158,0	213,0		158,00	3,47	46	2,2								
4,60	155,0	207,0		155,00	4,33	36	2,8								
4,80	188,0	253,0		188,00	3,60	52	1,9								
5,00	108,0	162,0		108,00	3,67	29	3,4								
5,20	118,0	173,0		118,00	3,40	35	2,9								
5,40	95,0	146,0		95,00	3,40	28	3,6								
5,60	107,0	158,0		107,00	1,73	62	1,6								
5,80	32,0	58,0		32,00	1,20	27	3,8								
6,00	16,0	34,0		16,00	1,73	9	10,8								
6,20	47,0	73,0		47,00	2,33	20	5,0								
6,40	43,0	78,0		43,00	2,20	20	5,1								
6,60	43,0	76,0		43,00	1,93	22	4,5								
6,80	41,0	70,0		41,00	2,13	19	5,2								
7,00	36,0	68,0		36,00	2,60	14	7,2								
7,20	63,0	102,0		63,00	2,67	24	4,2								
7,40	56,0	96,0		56,00	1,80	31	3,2								
7,60	36,0	63,0		36,00	1,00	36	2,8								
7,80	18,0	33,0		18,00	1,60	11	8,9								
8,00	27,0	51,0		27,00	1,00	27	3,7								
8,20	24,0	39,0		24,00	1,40	17	5,8								
8,40	19,0	40,0		19,00	1,87	10	9,8								
8,60	59,0	87,0		59,00	2,13	28	3,6								
8,80	31,0	63,0		31,00	2,93	11	9,5								
9,00	93,0	137,0		93,00	3,13	30	3,4								
9,20	95,0	142,0		95,00	1,20	79	1,3								
9,40	25,0	43,0		25,00	1,80	14	7,2								
9,60	34,0	61,0		34,00	1,60	21	4,7								
9,80	27,0	51,0		27,00	1,13	24	4,2								
10,00	18,0	35,0		18,00	0,00	24	0,0								
10,20	0,0	0,0		0,00	1,07	0	0,0								
10,40	38,0	54,0		38,00	2,53	15	6,7								
10,60	60,0	98,0		60,00	1,87	32	3,1								
10,80	67,0	95,0		67,00	2,07	32	3,1								
11,00	66,0	97,0		66,00	2,27	29	3,4								
11,20	68,0	102,0		68,00	1,47	46	2,2								
11,40	25,0	47,0		25,00	1,33	19	5,3								
11,60	20,0	40,0		20,00	0,80	25	4,0								
11,80	15,0	27,0		15,00	0,93	16	6,2								
12,00	16,0	30,0		16,00	2,00	8	12,5								
12,20	77,0	107,0		77,00	2,13	36	2,8								
12,40	95,0	127,0		95,00	2,40	40	2,5								
12,60	111,0	147,0		111,00	2,80	40	2,5								
12,80	116,0	158,0		116,00	2,27	51	2,0								
13,00	113,0	147,0		113,00	2,73	41	2,4								
13,20	112,0	153,0		112,00	-0,33	-339	-0,3								
13,40	147,0	142,0		147,00	3,47	42	2,4								
13,60	102,0	154,0		102,00	3,13	33	3,1								
13,80	94,0	141,0		94,00	0,93	101	1,0								
14,00	24,0	38,0		24,00	1,20	20	5,0								
14,20	18,0	36,0		18,00											

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

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

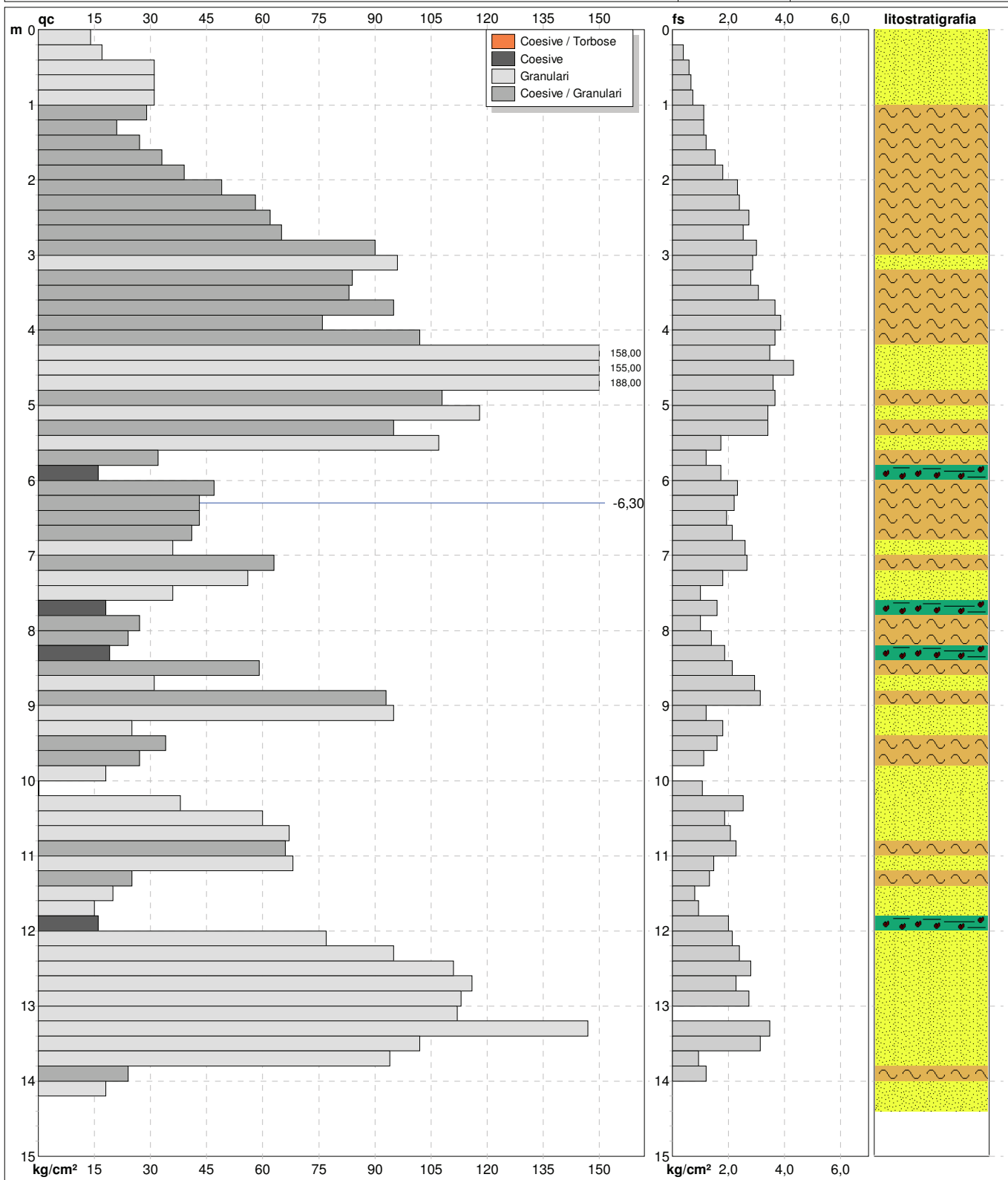
PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

CPT	P2
riferimento	Verolanuova
certificato n°	
n° verb.accett.	

Committente: **Garda Uno SPA**
 Cantiere: **Verolanuova - Via Vallatelle**
 Località:

U.M.: **kg/cm²** Data eseg.: 22/10/2015
 Scala: 1:75 Data certificato: 16/11/2015
 Pagina: 1 Quota inizio: 60,91 m da Ril. Top.
 Elaborato: Falda: -6,30 m da quota inizio



Litologia: Begemann [qc + qc/fs] 4 Zone
 Penetrometro: TG63-200S
 Responsabile:
 Assistente:

Preforo: m
 Corr.astine: kg/ml
 Cod. punta:

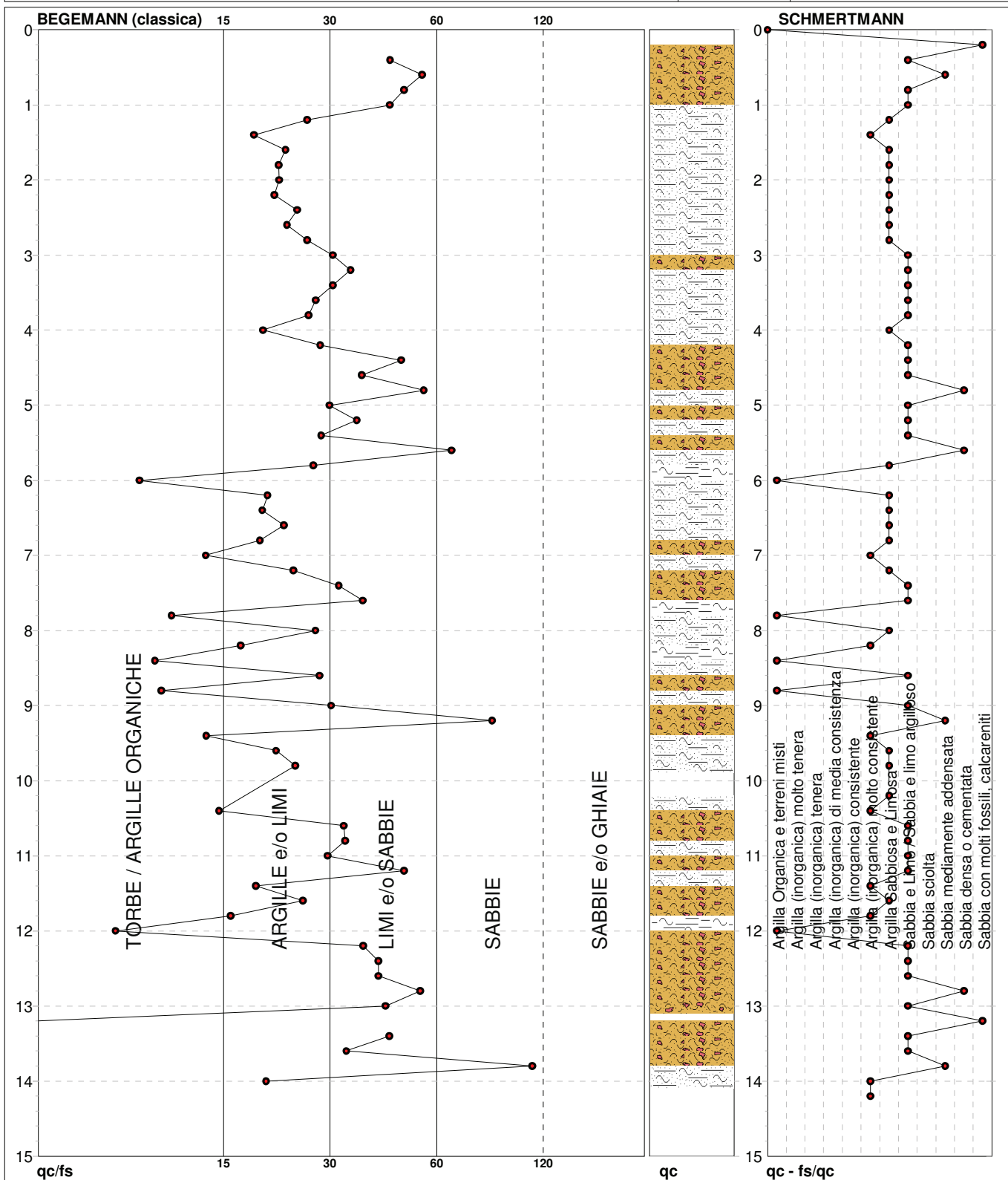
PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT	P2
riferimento	Verolanuova
certificato n°	
n° verb.accett.	

Committente: **Garda Uno SPA**
 Cantiere: **Verolanuova - Via Vallatelle**
 Località:

U.M.: **kg/cm²** Data eseg.: 22/10/2015
 Scala: 1:75 Data certificato: 16/11/2015
 Pagina: 1
 Elaborato: Falda: -6,30 m da quota inizio



Torbe / Argille org. :	11 punti, 14,86%	Argilla Organica e terreni misti:	5 punti, 6,76%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	19 punti, 25,68%
Argille e/o Limi :	35 punti, 47,30%	Argilla (inorganica) molto consist.:	8 punti, 10,81%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	28 punti, 37,84%
Limi e/o Sabbie :	21 punti, 28,38%			Sabbia mediamente addensata:	3 punti, 4,05%
Sabbie:	3 punti, 4,05%			Sabbia densa o cementata:	3 punti, 4,05%
				Sabbia con molti fossili, calcareniti:	2 punti, 2,70%

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI	CPT	P3
	riferimento	Verolanuova
	certificato n°	
	n° verb.accett.	

Committente: Garda Uno SPA	U.M.: kg/cm²	Data esec.: 22/10/2015
Cantiere: Verolanuova - Via Vallatelle	Pagina: 1	Data certificato: 16/11/2015
Località:	Elaborato:	Falda: -6,68 m da quota inizio

H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf	H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf
m	-	-	-	kg/cm ²	kg/cm ²	-	%	m	-	-	-	kg/cm ²	kg/cm ²	-	%
0,20	13,0	0,0	-	13,00	-1,07	-12	-8,2								
0,40	16,0	0,0	-	16,00	0,53	30	3,3								
0,60	21,0	29,0	-	21,00	1,00	21	4,8								
0,80	16,0	31,0	-	16,00	1,13	14	7,1								
1,00	21,0	38,0	-	21,00	0,93	23	4,4								
1,20	33,0	47,0	-	33,00	0,93	35	2,8								
1,40	39,0	53,0	-	39,00	1,33	29	3,4								
1,60	42,0	62,0	-	42,00	1,73	24	4,1								
1,80	41,0	67,0	-	41,00	1,73	24	4,2								
2,00	49,0	75,0	-	49,00	1,80	27	3,7								
2,20	54,0	81,0	-	54,00	0,87	62	1,6								
2,40	21,0	34,0	-	21,00	1,20	18	5,7								
2,60	63,0	81,0	-	63,00	1,73	36	2,7								
2,80	55,0	81,0	-	55,00	1,93	28	3,5								
3,00	88,0	117,0	-	88,00	2,47	36	2,8								
3,20	81,0	118,0	-	81,00	2,47	33	3,0								
3,40	128,0	165,0	-	128,00	2,73	47	2,1								
3,60	132,0	173,0	-	132,00	3,20	41	2,4								
3,80	134,0	182,0	-	134,00	3,27	41	2,4								
4,00	116,0	165,0	-	116,00	3,13	37	2,7								
4,20	76,0	123,0	-	76,00	3,73	20	4,9								
4,40	82,0	138,0	-	82,00	3,07	27	3,7								
4,60	83,0	129,0	-	83,00	3,00	28	3,6								
4,80	92,0	137,0	-	92,00	2,80	33	3,0								
5,00	94,0	136,0	-	94,00	2,60	36	2,8								
5,20	84,0	123,0	-	84,00	3,87	22	4,6								
5,40	143,0	201,0	-	143,00	2,87	50	2,0								
5,60	147,0	190,0	-	147,00	4,27	34	2,9								
5,80	154,0	218,0	-	154,00	5,07	30	3,3								
6,00	184,0	260,0	-	184,00	4,87	38	2,6								
6,20	158,0	231,0	-	158,00	5,07	31	3,2								
6,40	160,0	236,0	-	160,00	4,27	37	2,7								
6,60	177,0	241,0	-	177,00	3,87	46	2,2								
6,80	177,0	235,0	-	177,00	0,80	221	0,5								
7,00	28,0	40,0	-	28,00	1,13	25	4,0								
7,20	24,0	41,0	-	24,00	0,87	28	3,6								
7,40	14,0	27,0	-	14,00	1,33	11	9,5								
7,60	29,0	49,0	-	29,00	1,60	18	5,5								
7,80	68,0	92,0	-	68,00	1,33	51	2,0								
8,00	54,0	74,0	-	54,00	2,73	20	5,1								
8,20	124,0	165,0	-	124,00	2,20	56	1,8								
8,40	91,0	124,0	-	91,00	0,73	125	0,8								
8,60	15,0	26,0	-	15,00	1,20	13	8,0								
8,80	44,0	62,0	-	44,00	1,00	44	2,3								
9,00	16,0	31,0	-	16,00	0,73	22	4,6								
9,20	13,0	24,0	-	13,00	0,73	18	5,6								
9,40	14,0	25,0	-	14,00	1,53	9	10,9								
9,60	57,0	80,0	-	57,00	2,20	26	3,9								
9,80	64,0	97,0	-	64,00	2,33	27	3,6								
10,00	68,0	103,0	-	68,00	2,67	25	3,9								
10,20	73,0	113,0	-	73,00	5,07	14	6,9								
10,40	27,0	103,0	-	27,00	1,40	19	5,2								
10,60	21,0	42,0	-	21,00	1,20	18	5,7								
10,80	18,0	36,0	-	18,00	1,07	17	5,9								
11,00	16,0	32,0	-	16,00	0,80	20	5,0								
11,20	15,0	27,0	-	15,00	1,20	13	8,0								
11,40	39,0	57,0	-	39,00	1,33	29	3,4								
11,60	87,0	107,0	-	87,00	1,53	57	1,8								
11,80	87,0	110,0	-	87,00	1,73	50	2,0								
12,00	88,0	114,0	-	88,00											

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

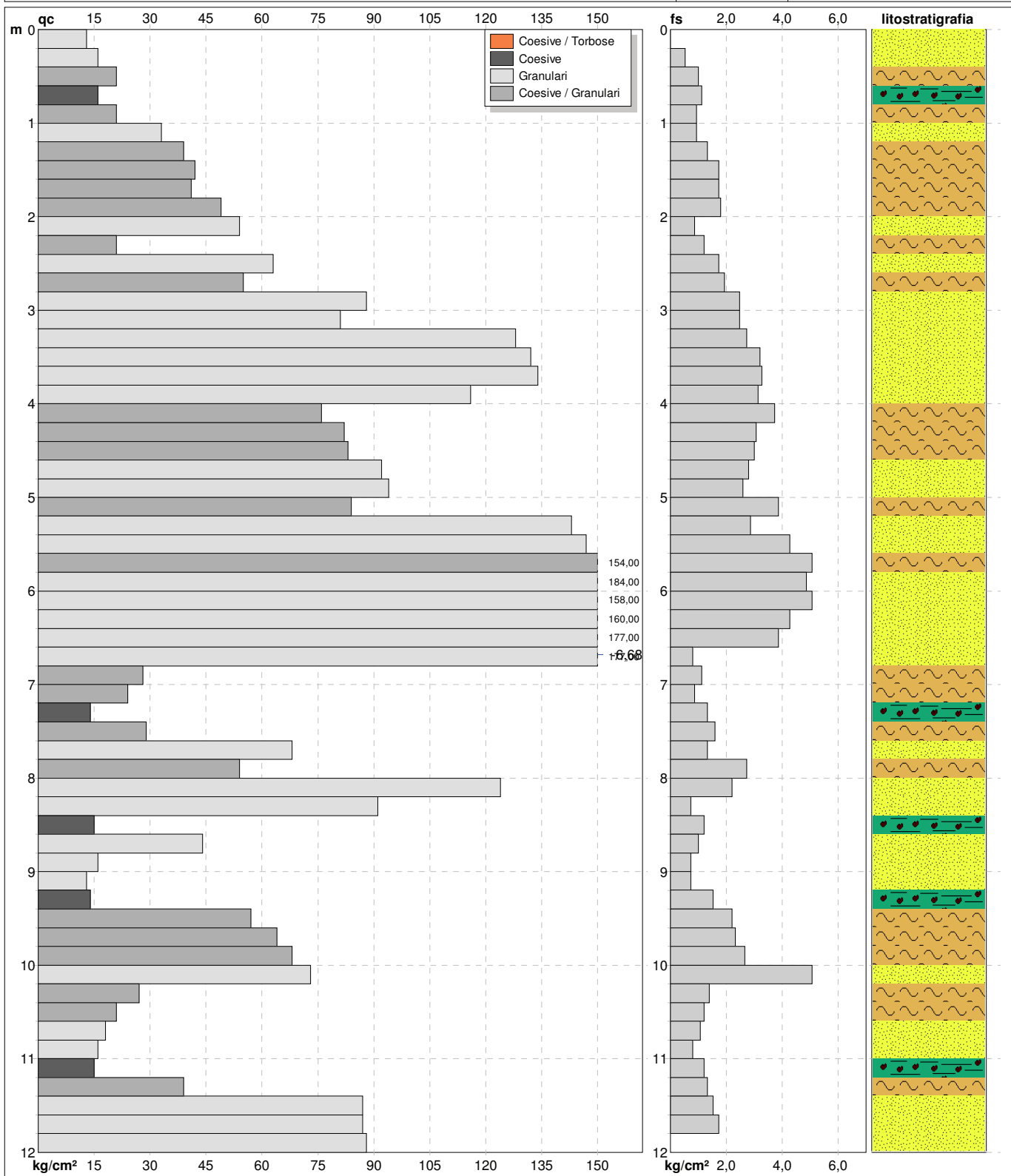
qc = resistenza di punta
fs = resistenza laterale calcolata alla stessa quota di qc
F = rapporto Begemann (qc / fs)
Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

CPT	P3
riferimento	Verolanuova
certificato n°	
n° verb.accett.	

Committente: Garda Uno SPA	U.M.: kg/cm²	Data eseg.: 22/10/2015
Cantiere: Verolanuova - Via Vallatelle	Scala: 1:60	Data certificato: 16/11/2015
Località:	Pagina: 1	Quota inizio: 60,30 m da Ril. Top.
	Elaborato:	Falda: -6,68 m da quota inizio



Litologia: Begemann [qc + qc/fs] 4 Zone	Preforo: m
Penetrometro: TG63-200S	Corr.astine: kg/ml
Responsabile:	Cod. punta:
Assistente:	

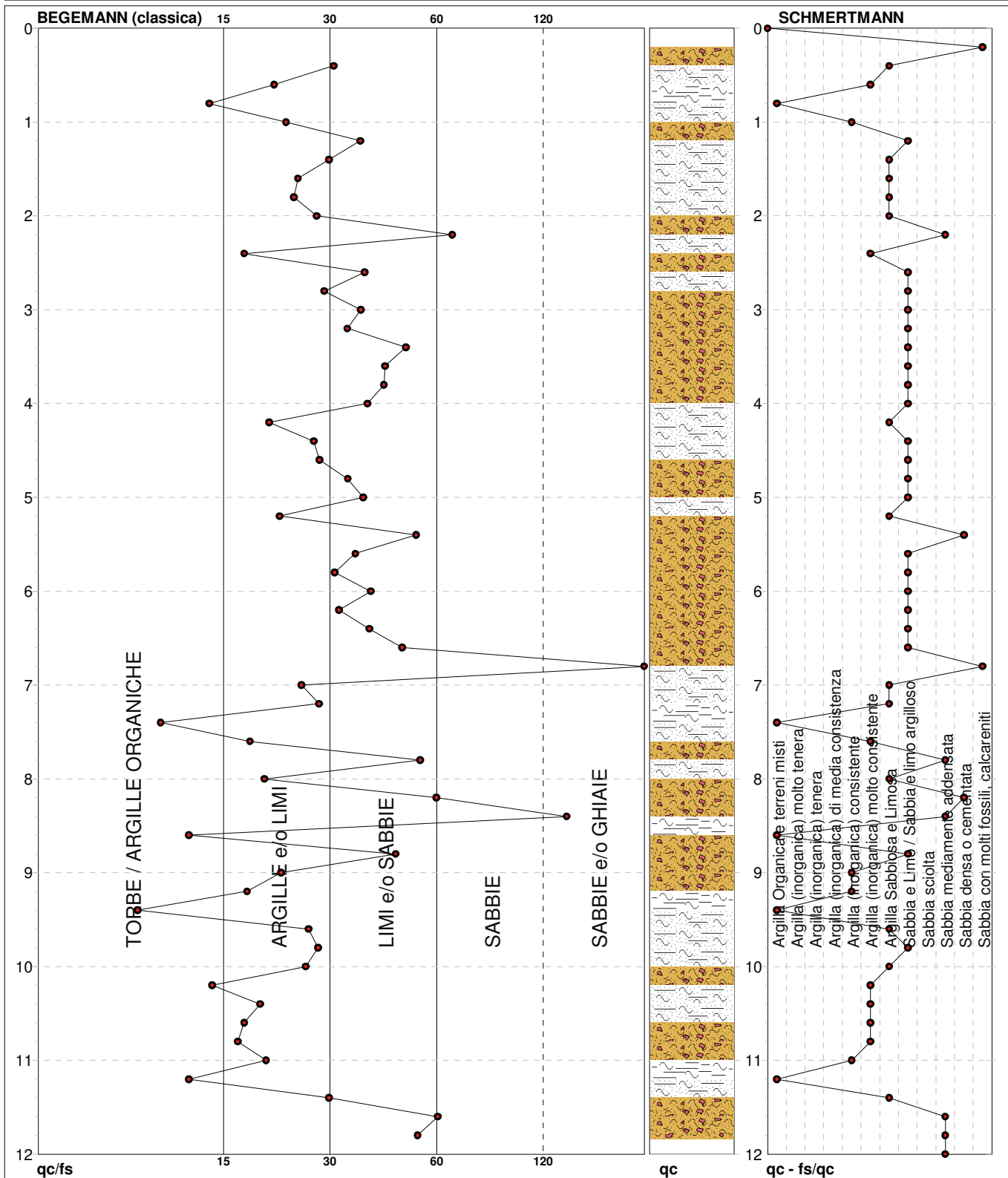
PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT	P3
riferimento	Verolanuova
certificato n°	
n° verb. accett.	

Committente: **Garda Uno SPA**
 Cantiere: **Verolanuova - Via Vallatelle**
 Località:

U.M.: **kg/cm²** Data eseg.: 22/10/2015
 Scala: 1:60 Data certificato: 16/11/2015
 Pagina: 1
 Elaborato: Falda: -6,68 m da quota inizio



Torbe / Argille org. :	7 punti, 11,86%	Argilla Organica e terreni misti:	5 punti, 8,47%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	13 punti, 22,03%
Argille e/o Limi :	26 punti, 44,07%	Argilla (inorganica) consistente:	4 punti, 6,78%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	21 punti, 35,59%
Limi e/o Sabbie :	23 punti, 38,98%	Argilla (inorganica) molto consist.:	7 punti, 11,86%	Sabbia mediamente addensata:	5 punti, 8,47%
Sabbie:	1 punti, 1,69%			Sabbia densa o cementata:	2 punti, 3,39%
Sabbie e/o Ghiaie :	2 punti, 3,39%			Sabbia con molti fossili, calcareniti:	2 punti, 3,39%

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
PARAMETRI GEOTECNICI

CPT

P3

riferimento

Verolanuova

certificato n°

n° verb. accett.

Committente: **Garda Uno SPA**
Cantiere: **Verolanuova - Via Vallatelle**
Località:

U.M.: **kg/cm²** Data esec.: **22/10/2015**
Pagina: **1** Data certificato: **16/11/2015**
Elaborato: Falda: **-6,68 m** da quota inizio

Prof. 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 (°)	FL1	FL2	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.	
0,20	13,00	--	3	1,83	0,04	141	--	--	--	--	83	41	39	36	34	42	26	--	--	21,7	32,5	39,0		
0,40	16,00	30,19	4	1,90	0,07	142	0,70	99,9	118,3	177,4	51,8	72	40	36	34	31	40	27	--	--	26,7	40,0	48,0	
0,60	21,00	21,00	4	1,93	0,11	145	0,82	74,9	140,0	210,0	63,0	71	40	36	33	31	40	27	--	--	35,0	52,5	63,0	
0,80	16,00	14,16	2	1,96	0,15	142	0,70	41,9	118,3	177,4	51,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,00	21,00	22,58	3	1,93	0,19	145	0,82	39,0	140,0	210,0	63,0	59	38	33	30	28	38	27	--	--	35,0	52,5	63,0	
1,20	33,00	35,48	4	1,88	0,23	151	--	--	--	--	--	70	40	34	32	30	39	29	--	--	55,0	82,5	99,0	
1,40	39,00	29,32	4	2,00	0,27	154	1,30	45,0	221,0	331,5	117,0	72	40	34	32	30	39	30	--	--	65,0	97,5	117,0	
1,60	42,00	24,28	4	2,00	0,31	156	1,40	41,6	238,0	357,0	126,0	71	40	34	31	29	39	30	--	--	70,0	105,0	126,0	
1,80	41,00	23,70	4	2,00	0,35	155	1,37	34,6	232,3	348,5	123,0	67	39	33	31	29	38	30	--	--	68,3	102,5	123,0	
2,00	49,00	27,22	4	2,01	0,39	159	1,63	37,8	277,7	416,5	147,0	71	40	34	31	29	38	31	--	--	81,7	122,5	147,0	
2,20	54,00	62,07	3	1,92	0,43	162	--	--	--	--	--	72	40	34	31	29	38	31	--	--	90,0	135,0	162,0	
2,40	21,00	17,50	4	1,93	0,47	145	0,82	12,8	140,0	210,0	63,0	37	36	29	26	24	33	27	--	--	35,0	52,5	63,0	
2,60	63,00	36,42	4	1,94	0,50	167	--	--	--	--	--	73	40	34	31	29	38	32	--	--	105,0	157,5	189,0	
2,80	55,00	28,50	4	2,01	0,55	163	1,83	28,6	311,7	467,5	165,0	66	39	33	30	28	37	31	--	--	91,7	137,5	165,0	
3,00	88,00	35,63	3	1,98	0,58	180	--	--	--	--	--	81	41	35	32	30	39	33	--	--	146,7	220,0	264,0	
3,20	81,00	32,79	3	1,97	0,62	176	--	--	--	--	--	76	40	34	31	29	38	33	--	--	135,0	202,5	243,0	
3,40	128,00	46,89	3	2,04	0,66	201	--	--	--	--	--	90	42	36	33	31	40	35	--	--	213,3	320,0	384,0	
3,60	132,00	41,25	3	2,05	0,71	203	--	--	--	--	--	90	42	36	33	31	40	35	--	--	220,0	330,0	396,0	
3,80	134,00	40,98	3	2,05	0,75	204	--	--	--	--	--	89	42	36	33	31	40	35	--	--	223,3	335,0	402,0	
4,00	116,00	37,06	3	2,02	0,79	194	--	--	--	--	--	83	41	35	32	30	39	35	--	--	193,3	290,0	348,0	
4,20	76,00	20,38	4	2,03	0,83	174	2,53	25,4	430,7	646,0	228,0	67	39	32	29	27	37	33	--	--	126,7	190,0	228,0	
4,40	82,00	26,71	4	2,04	0,87	177	2,73	26,3	464,7	697,0	246,0	69	39	32	29	28	37	33	--	--	136,7	205,0	246,0	
4,60	83,00	27,67	4	2,04	0,91	177	2,77	25,2	470,3	705,5	249,0	68	39	32	29	27	36	33	--	--	138,3	207,5	249,0	
4,80	92,00	32,86	4	1,99	0,95	182	--	--	--	--	--	70	40	32	30	28	37	33	--	--	153,3	230,0	276,0	
5,00	94,00	36,15	3	1,99	0,99	183	--	--	--	--	--	70	40	32	29	28	37	34	--	--	156,7	235,0	282,0	
5,20	84,00	21,71	4	2,04	1,03	178	2,80	21,9	476,0	714,0	252,0	65	39	32	29	27	36	33	--	--	140,0	210,0	252,0	
5,40	143,00	49,83	3	2,06	1,07	208	--	--	--	--	--	83	41	34	31	29	38	36	--	--	238,3	357,5	429,0	
5,60	147,00	34,43	3	2,07	1,11	210	--	--	--	--	--	83	41	34	31	29	38	36	--	--	245,0	367,5	441,0	
5,80	154,00	30,37	3	2,08	1,15	214	--	--	--	--	--	83	41	34	31	29	38	36	--	--	256,7	385,0	462,0	
6,00	184,00	37,78	3	2,13	1,20	230	--	--	--	--	--	89	42	35	32	30	39	37	--	--	306,7	460,0	552,0	
6,20	158,00	31,16	3	2,09	1,24	216	--	--	--	--	--	82	41	34	31	29	38	36	--	--	263,3	395,0	474,0	
6,40	160,00	37,47	3	2,09	1,28	217	--	--	--	--	--	82	41	34	31	29	38	36	--	--	266,7	400,0	480,0	
6,60	177,00	45,74	3	2,12	1,32	226	--	--	--	--	--	85	41	34	31	29	38	37	--	--	295,0	442,5	531,0	
6,80	177,00	221,25	3	1,12	1,34	226	--	--	--	--	--	84	41	34	31	29	38	37	--	--	295,0	442,5	531,0	
7,00	28,00	24,78	4	0,96	1,36	149	0,97	4,1	380,6	570,9	84,0	21	34	25	22	20	28	28	--	--	46,7	70,0	84,0	
7,20	24,00	27,59	4	0,94	1,38	146	0,89	3,6	390,3	585,4	72,0	15	33	24	21	19	27	28	--	--	40,0	60,0	72,0	
7,40	14,00	10,53	2	0,94	1,40	141	0,64	2,3	343,8	515,7	48,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,60	29,00	18,13	4	0,96	1,42	149	0,98	4,0	397,0	595,5	87,0	21	34	25	21	20	28	29	--	--	48,3	72,5	87,0	
7,80	68,00	51,13	3	0,95	1,44	169	--	--	--	--	--	50	37	29	26	24	33	32	--	--	113,3	170,0	204,0	
8,00	54,00	19,78	4	1,01	1,46	162	1,80	8,2	348,7	523,1	162,0	42	36	28	25	23	31	31	--	--	90,0	135,0	162,0	
8,20	124,00	56,36	3	1,04	1,48	198	--	--	--	--	--	70	40	32	29	27	36	35	--	--	206,7	310,0	372,0	
8,40	91,00	124,66	3	0,99	1,50	181	--	--	--	--	--	59	38	30	27	25	34	33	--	--	151,7	227,5	273,0	
8,60	15,00	12,50	2	0,95	1,52	142	0,67	2,2	364,2	546,2	49,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,80	44,00	44,00	3	0,91	1,54	157	--	--	--	--	--	33	35	26	23	22	30	31	--	--	73,3	110,0	132,0	
9,00	16,00	21,92	2	0,96	1,56	142	0,70	2,3	377,8	566,7	51,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,20	13,00	17,81	2	0,93	1,57	141	0,60	1,9	341,8	512,7	46,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,40	14,00	9,15	2	0,94	1,59	141	0,64	2,0	356,6	534,9	48,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,60	57,00	25,91	4	1,01	1,61	164	1,90	7,7	391,7	587,6	171,0	41	36	27	24	23	31	31	--	--	95,0	142,5	171,0	
9,80	64,00	27,47	4	1,02	1,63	167	2,13	8,8	387,1	580,7	192,0	45	37	28	25	23	32	32	--	--	106,7	160,0	192,0	
10,00	68,00	25,47	4	1,02	1,65	169	2,27	9,3	394,7	592,0	204,0	46	37	28	25	24	32	32	--	--	113,3	170,0	204,0	
10,20	73,00	14,40	4	1,03	1,68	172	2,43	10,0	413,7	620,5	219,0	49	37	29	25	24	32	32	--	--	121,7	182,5	219,0	
10,40	27,00	19,29	4	0,95	1,69	148	0,95	3,0	464,6	697,0	81,0	14	33	24	20	19	27	28	--	--	45,0	67,5	81,0	
10,60	21,00	17,50	4	0,93	1,71	145	0,82	2,5	435,7	653,6	63,0	5	32	22	19	18	25	27	--	--	35,0	52,5	63,0	
10,80	18,00	16,82	2	0,98	1,73	143	0,75	2,2	411,4	617,1	56,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,00	16,00	20,00	2	0,96	1,75	142	0,70	2,0	390,3	585,5	51,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,20	15,00	12,50	2	0,95	1,77	142	0,67	1,9	378,4	567,6	49,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,40	39,00	29,32	4	1,00	1,79	154	1,30	4,2	500,1	750,1	117,0	25	34	25	22	21	28	30	--	--	65,0	97,5	117,0	
11,60	87,00	56,86	3	0,98	1,81	179	--	--	--	--	--	53	38	29	26	24	33	33	--	--	145,0	217,5	261,0	
11,80	87,00	50,29	3	0,98	1,83	179	--	--	--	--	--	52	38	29	26	24	33	33	--	--	145,0	217,5	261,0	
12,00	88,00	--	3	0,98	1,85	180	--	--	--	--	--	53	38	29	26	24	33	33	--	--	146,7	220,0	264,0	

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI	CPT	P4
	riferimento	Verolanuova
	certificato n°	
	n° verb.accett.	

Committente: Garda Uno SPA	U.M.: kg/cm²	Data esec.: 22/10/2015
Cantiere: Verolanuova - Via Vallatelle	Pagina: 1	Data certificato: 16/11/2015
Località:	Elaborato:	Falda: -6,46 m da quota inizio

H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf	H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf
m	-	-	-	kg/cm ²	kg/cm ²	-	%	m	-	-	-	kg/cm ²	kg/cm ²	-	%
0,20	8,0	0,0	-	8,00	-1,13	-7	-14,1	15,20	104,0	145,0	-	104,00	3,20	33	3,1
0,40	17,0	0,0	-	17,00	0,87	20	5,1	15,40	86,0	134,0	-	86,00	2,80	31	3,3
0,60	21,0	34,0	-	21,00	0,73	29	3,5	15,60	112,0	154,0	-	112,00	2,27	49	2,0
0,80	28,0	39,0	-	28,00	0,60	47	2,1	15,80	107,0	141,0	-	107,00	2,53	42	2,4
1,00	21,0	30,0	-	21,00	0,53	40	2,5	16,00	136,0	174,0	-	136,00	-	-	-
1,20	13,0	21,0	-	13,00	0,67	19	5,2								
1,40	15,0	25,0	-	15,00	0,60	25	4,0								
1,60	15,0	24,0	-	15,00	0,67	22	4,5								
1,80	18,0	28,0	-	18,00	1,47	12	8,2								
2,00	39,0	61,0	-	39,00	1,40	28	3,6								
2,20	65,0	86,0	-	65,00	2,60	25	4,0								
2,40	118,0	157,0	-	118,00	2,73	43	2,3								
2,60	157,0	198,0	-	157,00	2,67	59	1,7								
2,80	156,0	196,0	-	156,00	2,47	63	1,6								
3,00	141,0	178,0	-	141,00	2,07	68	1,5								
3,20	113,0	144,0	-	113,00	2,20	51	1,9								
3,40	120,0	153,0	-	120,00	2,20	55	1,8								
3,60	85,0	118,0	-	85,00	2,73	31	3,2								
3,80	156,0	197,0	-	156,00	2,40	65	1,5								
4,00	91,0	127,0	-	91,00	2,33	39	2,6								
4,20	168,0	203,0	-	168,00	2,93	57	1,7								
4,40	151,0	195,0	-	151,00	3,13	48	2,1								
4,60	135,0	182,0	-	135,00	1,20	113	0,9								
4,80	27,0	45,0	-	27,00	1,80	15	6,7								
5,00	51,0	78,0	-	51,00	1,87	27	3,7								
5,20	53,0	81,0	-	53,00	2,20	24	4,2								
5,40	61,0	94,0	-	61,00	2,13	29	3,5								
5,60	59,0	91,0	-	59,00	2,00	30	3,4								
5,80	57,0	87,0	-	57,00	2,13	27	3,7								
6,00	63,0	95,0	-	63,00	2,60	24	4,1								
6,20	92,0	131,0	-	92,00	2,47	37	2,7								
6,40	91,0	128,0	-	91,00	2,53	36	2,8								
6,60	60,0	98,0	-	60,00	1,87	32	3,1								
6,80	49,0	77,0	-	49,00	1,13	43	2,3								
7,00	31,0	48,0	-	31,00	1,40	22	4,5								
7,20	26,0	47,0	-	26,00	0,93	28	3,6								
7,40	15,0	29,0	-	15,00	0,87	17	5,8								
7,60	13,0	26,0	-	13,00	1,20	11	9,2								
7,80	31,0	49,0	-	31,00	1,20	26	3,9								
8,00	29,0	47,0	-	29,00	3,13	9	10,8								
8,20	123,0	170,0	-	123,00	3,20	38	2,6								
8,40	127,0	175,0	-	127,00	1,27	100	1,0								
8,60	21,0	40,0	-	21,00	0,40	53	1,9								
8,80	8,0	14,0	-	8,00	0,53	15	6,6								
9,00	11,0	19,0	-	11,00	0,47	23	4,3								
9,20	11,0	18,0	-	11,00	0,53	21	4,8								
9,40	11,0	19,0	-	11,00	1,13	10	10,3								
9,60	18,0	35,0	-	18,00	1,60	11	8,9								
9,80	46,0	70,0	-	46,00	1,47	31	3,2								
10,00	41,0	63,0	-	41,00	1,00	41	2,4								
10,20	18,0	33,0	-	18,00	0,80	23	4,4								
10,40	12,0	24,0	-	12,00	0,93	13	7,8								
10,60	27,0	41,0	-	27,00	1,87	14	6,9								
10,80	50,0	78,0	-	50,00	1,93	26	3,9								
11,00	67,0	96,0	-	67,00	1,07	63	1,6								
11,20	28,0	44,0	-	28,00	1,00	28	3,6								
11,40	26,0	41,0	-	26,00	1,00	26	3,8								
11,60	21,0	36,0	-	21,00	0,93	23	4,4								
11,80	19,0	33,0	-	19,00	0,93	20	4,9								
12,00	18,0	32,0	-	18,00	1,27	14	7,1								
12,20	21,0	40,0	-	21,00	2,13	10	10,1								
12,40	25,0	57,0	-	25,00	1,47	17	5,9								
12,60	46,0	68,0	-	46,00	1,33	35	2,9								
12,80	27,0	47,0	-	27,00	1,33	20	4,9								
13,00	26,0	46,0	-	26,00	0,60	43	2,3								
13,20	14,0	23,0	-	14,00	1,07	13	7,6								
13,40	27,0	43,0	-	27,00	1,60	17	5,9								
13,60	35,0	59,0	-	35,00	1,73	20	4,9								
13,80	37,0	63,0	-	37,00	1,87	20	5,1								
14,00	48,0	76,0	-	48,00	1,87	26	3,9								
14,20	70,0	98,0	-	70,00	1,93	36	2,8								
14,40	68,0	97,0	-	68,00	1,73	39	2,5								
14,60	77,0	103,0	-	77,00	2,07	37	2,7								
14,80	71,0	102,0	-	71,00	2,53	28	3,6								
15,00	86,0	124,0	-	86,00	2,73	32	3,2								

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

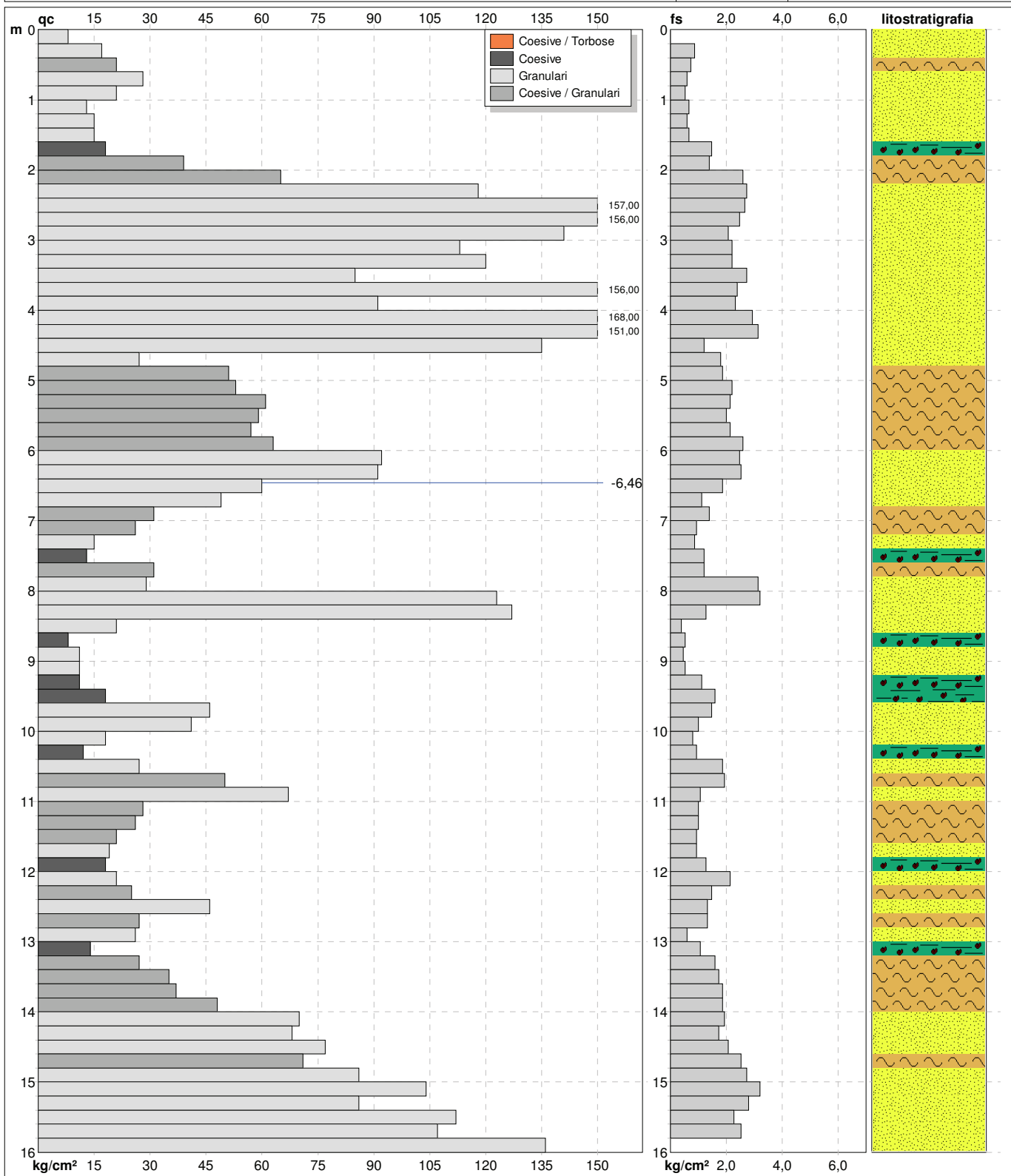
qc = resistenza di punta
fs = resistenza laterale calcolata alla stessa quota di qc
F = rapporto Begemann (qc / fs)
Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

CPT	P4
riferimento	Verolanuova
certificato n°	
n° verb.accett.	

Committente: Garda Uno SPA	U.M.: kg/cm²	Data eseg.: 22/10/2015
Cantiere: Verolanuova - Via Vallatelle	Scala: 1:80	Data certificato: 16/11/2015
Località:	Pagina: 1	Quota inizio: 60,55 m da Ril. Top.
	Elaborato:	Falda: -6,46 m da quota inizio



Litologia: Begemann [qc + qc/fs] 4 Zone	Preforo: m
Penetrometro: TG63-200S	Corr.astine: kg/ml
Responsabile:	Cod. punta:
Assistente:	

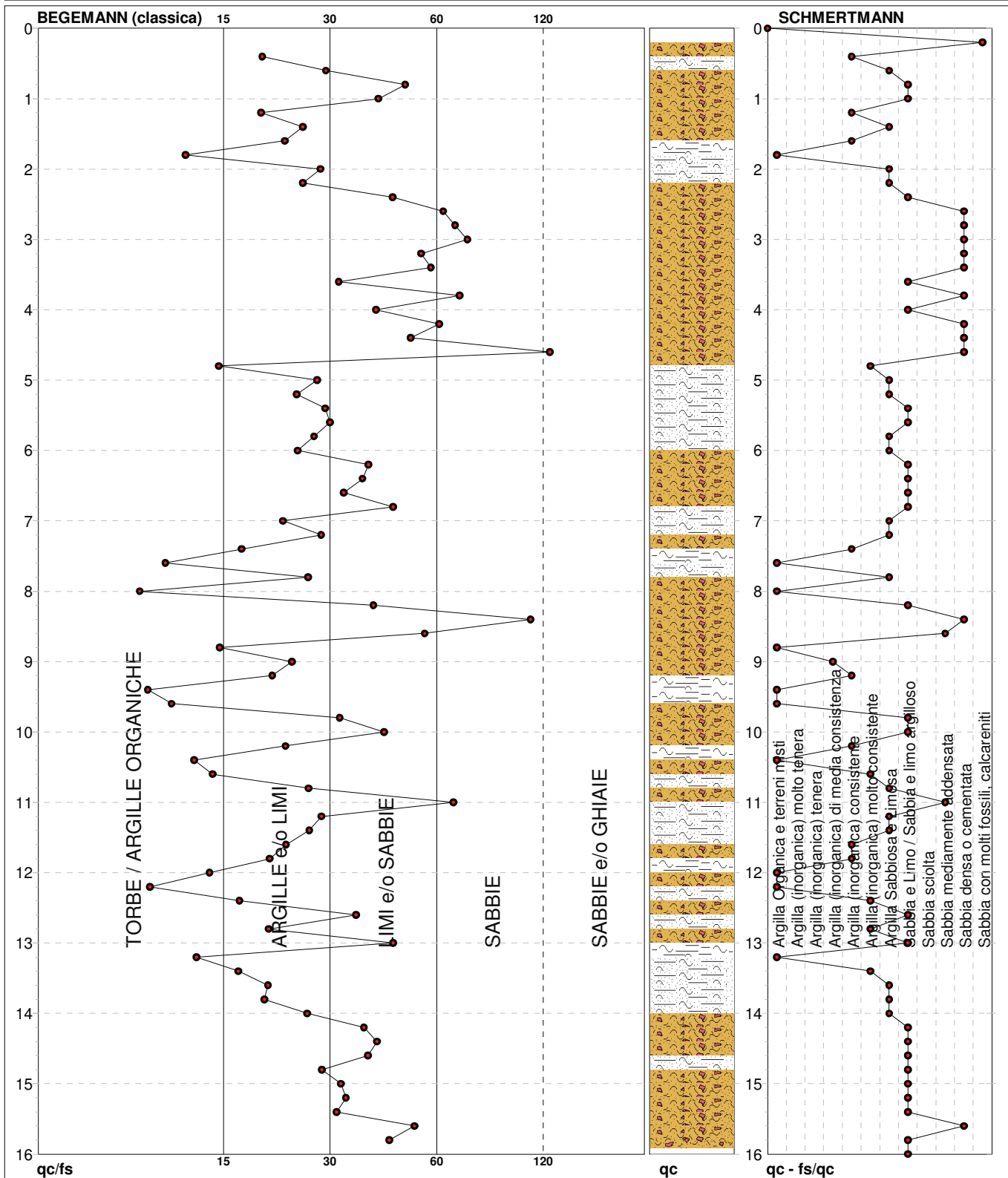
PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT	P4
riferimento	Verolanuova
certificato n°	
n° verb. accett.	

Committente: **Garda Uno SPA**
 Cantiere: **Verolanuova - Via Vallatelle**
 Località:

U.M.: **kg/cm²**
 Scala: **1:80**
 Pagina: **1**
 Elaborato:
 Data eseg.: **22/10/2015**
 Data certificato: **16/11/2015**
 Falda: **-6,46 m da quota inizio**



Torbe / Argille org. :	12 punti, 15,19%	Argilla Organica e terreni misti:	10 punti, 12,66%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	17 punti, 21,52%
Argille e/o Limi :	33 punti, 41,77%	Argilla (inorganica) media consist.:	1 punti, 1,27%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	24 punti, 30,38%
Limi e/o Sabbie :	28 punti, 35,44%	Argilla (inorganica) consistente:	8 punti, 10,13%	Sabbia mediamente addensata:	2 punti, 2,53%
Sabbie:	6 punti, 7,59%	Argilla (inorganica) molto consist.:	5 punti, 6,33%	Sabbia densa o cementata:	11 punti, 13,92%
				Sabbia con molti fossili, calcareniti:	1 punti, 1,27%

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI	CPT	P7
	riferimento	Verolanuova
	certificato n°	
	n° verb. accett.	

Committente: Garda Uno SPA	U.M.: kg/cm²	Data esec.: 22/10/2015
Cantiere: Verolanuova - Via Vallatelle	Pagina: 1	Data certificato: 16/11/2015
Località:	Elaborato:	Falda: -5,38 m da quota inizio

H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf	H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf
m	-	-	-	kg/cm ²	kg/cm ²	-	%	m	-	-	-	kg/cm ²	kg/cm ²	-	%
0,20	11,0	0,0	-	11,00	-1,27	-9	-11,5	15,20	20,0	36,0	-	20,00	1,27	16	6,4
0,40	19,0	0,0	-	19,00	0,93	20	4,9	15,40	28,0	47,0	-	28,00	1,07	26	3,8
0,60	27,0	41,0	-	27,00	1,27	21	4,7	15,60	17,0	33,0	-	17,00	1,00	17	5,9
0,80	39,0	58,0	-	39,00	1,67	23	4,3	15,80	16,0	31,0	-	16,00	1,07	15	6,7
1,00	54,0	79,0	-	54,00	2,13	25	3,9	16,00	16,0	32,0	-	16,00	1,33	12	8,3
1,20	73,0	105,0	-	73,00	2,13	34	2,9	16,20	31,0	51,0	-	31,00	1,67	19	5,4
1,40	71,0	103,0	-	71,00	2,13	33	3,0	16,40	62,0	87,0	-	62,00	2,40	26	3,9
1,60	84,0	116,0	-	84,00	1,60	53	1,9	16,60	107,0	143,0	-	107,00	2,47	43	2,3
1,80	57,0	81,0	-	57,00	1,67	34	2,9	16,80	116,0	153,0	-	116,00	2,93	40	2,5
2,00	58,0	83,0	-	58,00	1,47	39	2,5	17,00	143,0	187,0	-	143,00	4,40	33	3,1
2,20	47,0	69,0	-	47,00	1,73	27	3,7	17,20	206,0	272,0	-	206,00	3,87	53	1,9
2,40	69,0	95,0	-	69,00	1,60	43	2,3	17,40	278,0	336,0	-	278,00	2,33	119	0,8
2,60	65,0	89,0	-	65,00	1,93	34	3,0	17,60	241,0	276,0	-	241,00	2,27	106	0,9
2,80	74,0	103,0	-	74,00	2,00	37	2,7	17,80	213,0	247,0	-	213,00	4,20	51	2,0
3,00	70,0	100,0	-	70,00	1,67	42	2,4	18,00	264,0	327,0	-	264,00	3,60	73	1,4
3,20	64,0	89,0	-	64,00	2,33	27	3,6	18,20	178,0	232,0	-	178,00	4,47	40	2,5
3,40	88,0	123,0	-	88,00	2,27	39	2,6	18,40	264,0	331,0	-	264,00	2,53	104	1,0
3,60	95,0	129,0	-	95,00	2,33	41	2,5	18,60	236,0	274,0	-	236,00	4,00	59	1,7
3,80	105,0	140,0	-	105,00	2,47	43	2,4	18,80	272,0	332,0	-	272,00	4,27	64	1,6
4,00	127,0	164,0	-	127,00	1,47	86	1,2	19,00	283,0	347,0	-	283,00	2,47	115	0,9
4,20	65,0	87,0	-	65,00	1,27	51	2,0	19,20	206,0	243,0	-	206,00	3,27	63	1,6
4,40	27,0	46,0	-	27,00	1,07	25	4,0	19,40	177,0	226,0	-	177,00	3,80	47	2,1
4,60	18,0	34,0	-	18,00	1,07	17	5,9	19,60	154,0	211,0	-	154,00	4,80	32	3,1
4,80	18,0	34,0	-	18,00	0,67	27	3,7	19,80	106,0	178,0	-	106,00	2,60	41	2,5
5,00	13,0	23,0	-	13,00	1,07	12	8,2	20,00	196,0	235,0	-	196,00	-	-	-
5,20	17,0	33,0	-	17,00	0,87	20	5,1								
5,40	25,0	38,0	-	25,00	0,67	37	2,7								
5,60	11,0	21,0	-	11,00	0,67	16	6,1								
5,80	11,0	21,0	-	11,00	0,53	21	4,8								
6,00	10,0	18,0	-	10,00	0,33	30	3,3								
6,20	8,0	13,0	-	8,00	0,60	13	7,5								
6,40	10,0	19,0	-	10,00	0,60	17	6,0								
6,60	18,0	27,0	-	18,00	1,27	14	7,1								
6,80	54,0	73,0	-	54,00	1,07	50	2,0								
7,00	61,0	77,0	-	61,00	0,80	76	1,3								
7,20	35,0	47,0	-	35,00	0,73	48	2,1								
7,40	11,0	22,0	-	11,00	0,67	16	6,1								
7,60	18,0	28,0	-	18,00	0,67	27	3,7								
7,80	14,0	24,0	-	14,00	0,73	19	5,2								
8,00	11,0	22,0	-	11,00	1,33	8	12,1								
8,20	54,0	74,0	-	54,00	1,87	29	3,5								
8,40	67,0	95,0	-	67,00	1,93	35	2,9								
8,60	63,0	92,0	-	63,00	2,00	32	3,2								
8,80	47,0	77,0	-	47,00	1,00	47	2,1								
9,00	16,0	31,0	-	16,00	1,87	9	11,7								
9,20	51,0	79,0	-	51,00	1,00	51	2,0								
9,40	33,0	48,0	-	33,00	0,47	70	1,4								
9,60	11,0	18,0	-	11,00	0,67	16	6,1								
9,80	13,0	23,0	-	13,00	0,60	22	4,6								
10,00	12,0	21,0	-	12,00	1,73	7	14,4								
10,20	51,0	77,0	-	51,00	1,53	33	3,0								
10,40	64,0	87,0	-	64,00	1,67	38	2,6								
10,60	59,0	84,0	-	59,00	0,80	74	1,4								
10,80	20,0	32,0	-	20,00	1,13	18	5,7								
11,00	17,0	34,0	-	17,00	0,80	21	4,7								
11,20	11,0	23,0	-	11,00	0,87	13	7,9								
11,40	14,0	27,0	-	14,00	2,00	7	14,3								
11,60	67,0	97,0	-	67,00	2,33	29	3,5								
11,80	74,0	109,0	-	74,00	1,87	40	2,5								
12,00	56,0	84,0	-	56,00	1,40	40	2,5								
12,20	23,0	44,0	-	23,00	1,27	18	5,5								
12,40	19,0	38,0	-	19,00	1,40	14	7,4								
12,60	49,0	70,0	-	49,00	1,60	31	3,3								
12,80	29,0	53,0	-	29,00	1,67	17	5,8								
13,00	26,0	51,0	-	26,00	1,67	16	6,4								
13,20	32,0	57,0	-	32,00	1,47	22	4,6								
13,40	26,0	48,0	-	26,00	1,60	16	6,2								
13,60	33,0	57,0	-	33,00	1,20	28	3,6								
13,80	18,0	36,0	-	18,00	0,80	23	4,4								
14,00	14,0	26,0	-	14,00	1,07	13	7,6								
14,20	16,0	32,0	-	16,00	1,53	10	9,6								
14,40	28,0	51,0	-	28,00	1,67	17	6,0								
14,60	58,0	83,0	-	58,00	1,80	32	3,1								
14,80	47,0	74,0	-	47,00	1,67	28	3,6								
15,00	38,0	63,0	-	38,00	1,07	36	2,8								

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

qc = resistenza di punta
fs = resistenza laterale calcolata alla stessa quota di qc
F = rapporto Begemann (qc / fs)
Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

CPT	P7
riferimento	Verolanuova
certificato n°	
n° verb.accett.	

Committente: **Garda Uno SPA**
 Cantiere: **Verolanuova - Via Vallatelle**
 Località:

U.M.: **kg/cm²** Data eseg.: 22/10/2015
 Scala: 1:100 Data certificato: 16/11/2015
 Pagina: 1 Quota inizio: 60,80 m da Ril. Top.
 Elaborato: Falda: -5,38 m da quota inizio



Litologia: Begemann [qc + qc/fs] 4 Zone
 Penetrometro: TG63-200S
 Responsabile:
 Assistente:

Preforo: m
 Corr.astine: kg/ml
 Cod. punta:

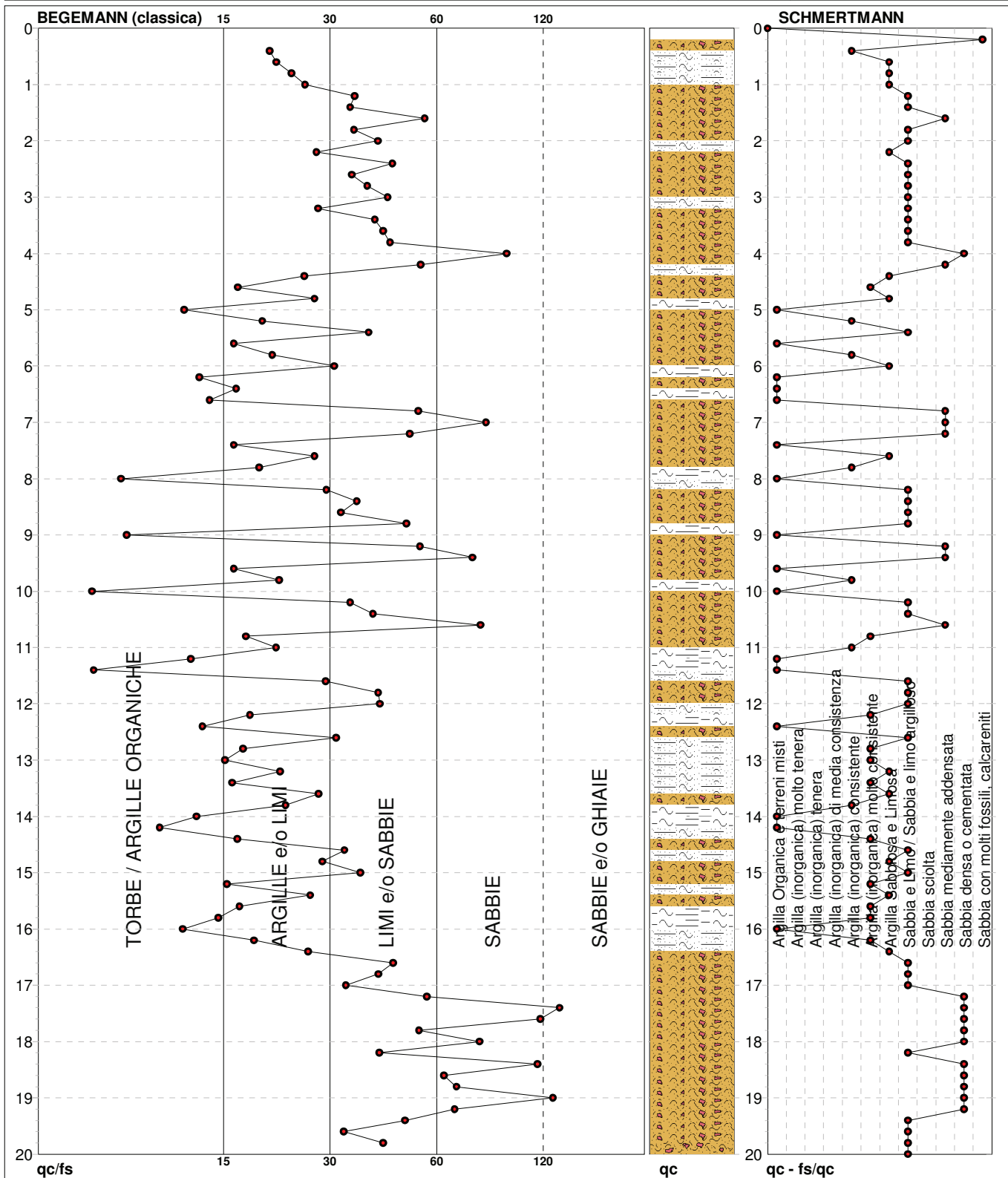
PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT	P7
riferimento	Verolanuova
certificato n°	
n° verb.accett.	

Committente: **Garda Uno SPA**
 Cantiere: **Verolanuova - Via Vallatelle**
 Località:

U.M.: **kg/cm²**
 Scala: 1:100
 Pagina: 1
 Elaborato:
 Data eseg.: 22/10/2015
 Data certificato: 16/11/2015
 Falda: -5,38 m da quota inizio



Torbe / Argille org. :	14 punti, 14,14%	Argilla Organica e terreni misti:	16 punti, 16,16%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	13 punti, 13,13%
Argille e/o Limi :	36 punti, 36,36%	Argilla (inorganica) consistente:	7 punti, 7,07%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	32 punti, 32,32%
Limi e/o Sabbie :	38 punti, 38,38%	Argilla (inorganica) molto consist.:	11 punti, 11,11%	Sabbia mediamente addensata:	8 punti, 8,08%
Sabbie:	11 punti, 11,11%			Sabbia densa o cementata:	11 punti, 11,11%
				Sabbia con molti fossili, calcareniti:	1 punto, 1,01%

LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE CORRELAZIONI GENERALI

Valutazioni in base al rapporto: $F = (q_c / f_s)$

Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977

Valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

F = q_c / f_s	NATURA LITOLOGICA	PROPRIETA'
$F \leq 15 \text{ kg/cm}^2$	TORBE ED ARGILLE ORGANICHE	COESIVE
$15 \text{ kg/cm}^2 < F \leq 30 \text{ kg/cm}^2$	LIMI ED ARGILLE	COESIVE
$30 \text{ kg/cm}^2 < F \leq 60 \text{ kg/cm}^2$	LIMI SABBIOSI E SABBIE LIMOSE	GRANULARI
$F > 60 \text{ kg/cm}^2$	SABBIE E SABBIE CON GHIAIA	GRANULARI

Vengono inoltre riportate le valutazioni stratigrafiche fornite da Schmertmann (1978), ricavabili in base ai valori di q_c e di $FR = (f_s / q_c) \%$:

- AO = argilla organica e terreni misti
- Att = argilla (inorganica) molto tenera
- At = argilla (inorganica) tenera
- Am = argilla (inorganica) di media consistenza
- Ac = argilla (inorganica) consistente
- Acc = argilla (inorganica) molto consistente
- ASL = argilla sabbiosa e limosa
- SAL = sabbia e limo / sabbia e limo argilloso
- Ss = sabbia sciolta
- Sm = sabbia mediamente addensata
- Sd = sabbia densa o cementata
- SC = sabbia con molti fossili, calcareniti

Secondo Schmertmann il valore della resistenza laterale da usarsi, dovrebbe essere pari a:

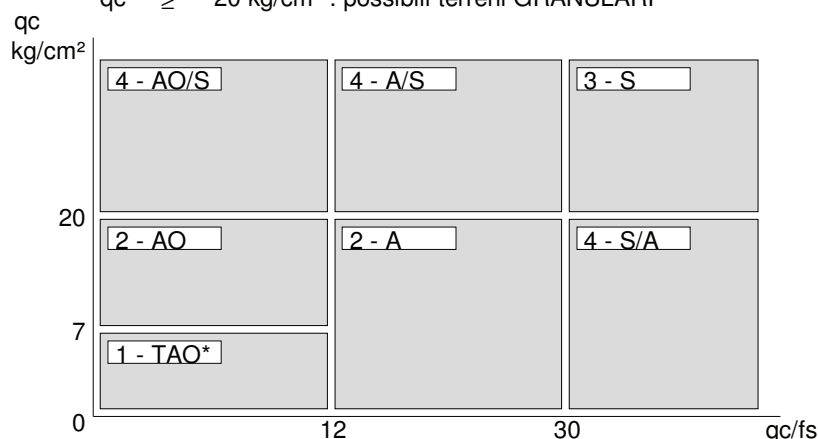
- $1/3 \pm 1/2$ di quello misurato , per depositi sabbiosi
- quello misurato (inalterato) , per depositi coesivi.

LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI SPECIFICHE TECNICHE

Le scelte litologiche vengono effettuate in base al rapporto qc / fs (Begemann 1965 - A.G.I. 1977) prevedendo altresì la possibilità di casi dubbi :

$qc \leq 20 \text{ kg/cm}^2$: possibili terreni COESIVI
 $qc \geq 20 \text{ kg/cm}^2$: possibili terreni GRANULARI

anche se (qc / fs) > 30
 anche se (qc / fs) < 30



NATURA LITOLOGICA
 1 - COESIVA (TORBOSA) ALTA COMPRIM.
 2 - COESIVA IN GENERE
 3 - GRANULARE
 4 - COESIVA / GRANULARE

PARAMETRI GEOTECNICI (validità orientativa) - simboli - correlazioni - bibliografia

- γ' = peso dell' unità di volume (efficace) del terreno [correlazioni : γ' - qc - natura]
 (Terzaghi & Peck 1967 - Bowles 1982)
- σ'_{vo} = tensione verticale geostatica (efficace) del terreno (valutata in base ai valori di γ')
- C_u = coesione non drenata (terreni coesivi) [correlazioni : C_u - qc]
- OCR = grado di sovra consolidazione (terreni coesivi) [correlazioni : OCR - C_u - σ'_{vo}]
 (Ladd et al. 1972 / 1974 / 1977 - Lancellotta 1983)
- E_u = modulo di deformazione non drenato (terreni coesivi) [correl. : E_u - C_u - OCR - I_p I_p = ind.plast.]
 E_{u50} - E_{u25} corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (Duncan & Buchigani 1976)
- E' = modulo di deformazione drenato (terreni granulari) [correlazioni : E' - qc]
 E'_{50} - E'_{25} corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (coeff. di sicurezza $F = 2 - 4$ rispettivamente)
 Schmertmann 1970 / 1978 - Jamiolkowski ed altri 1983)
- M_o = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [correl. : M_o - qc - natura]
 Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973)
- D_r = densità relativa (terreni granulari N. C. - normalmente consolidati)
 [correlazioni : D_r - R_p - σ'_{vo} (Schmertmann 1976)]
- ϕ' = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari N.C.) [correl. : ϕ' - D_r - qc - σ'_{vo}]
 ϕ'_{Ca} - Caquot (1948) ϕ'_{Ko} - Koppejan (1948)
 ϕ'_{DB} - De Beer (1965) ϕ'_{Sc} - Schmertmann (1978)
 ϕ'_{DM} - Durgunoglu & Mitchell (1975) (sabbie N.C.) ϕ'_{Me} - Meyerhof (1956 / 1976) (sabbie limose)
- F.L. = fattore di liquefazione (F.L.1 = Sabbie Pulite, F.L.2 = Sabbie Limose)
- V_s = velocità di propagazione delle onde sismiche (Sycora e Stokoe 1983)

PROVA PENETROMETRICA (SCPT) n° P5

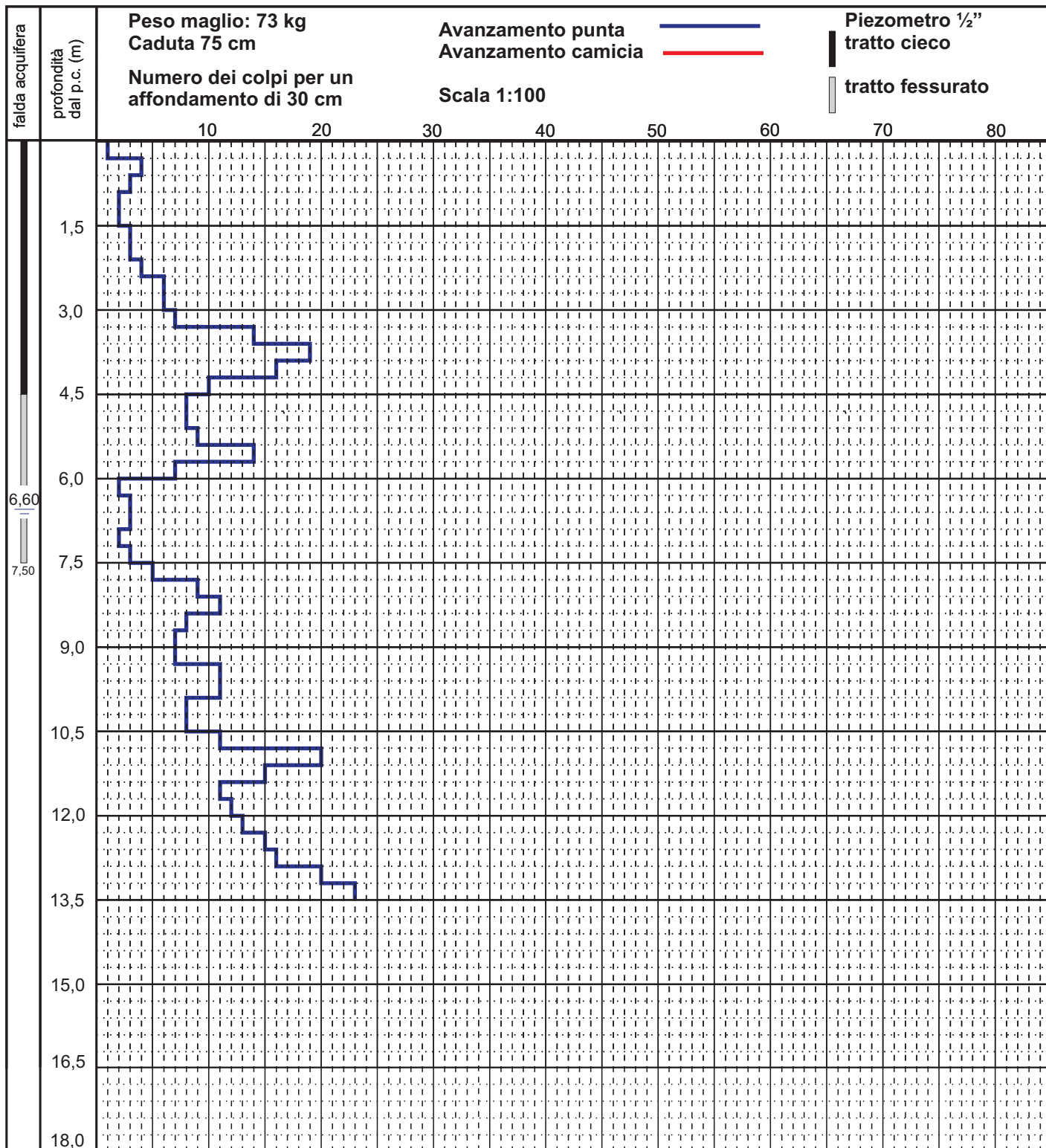
Data: 22/10/2015

Località: Via Vallatelle - Verolanuova (BS)

Quota inizio: 60,40 m da Ril. Top.

Committente: Garda Uno SPA

Commessa: 2015-132R RG



Nota: Installazione di piezometro da 1/2".

PROVA PENETROMETRICA (SCPT) n° P6

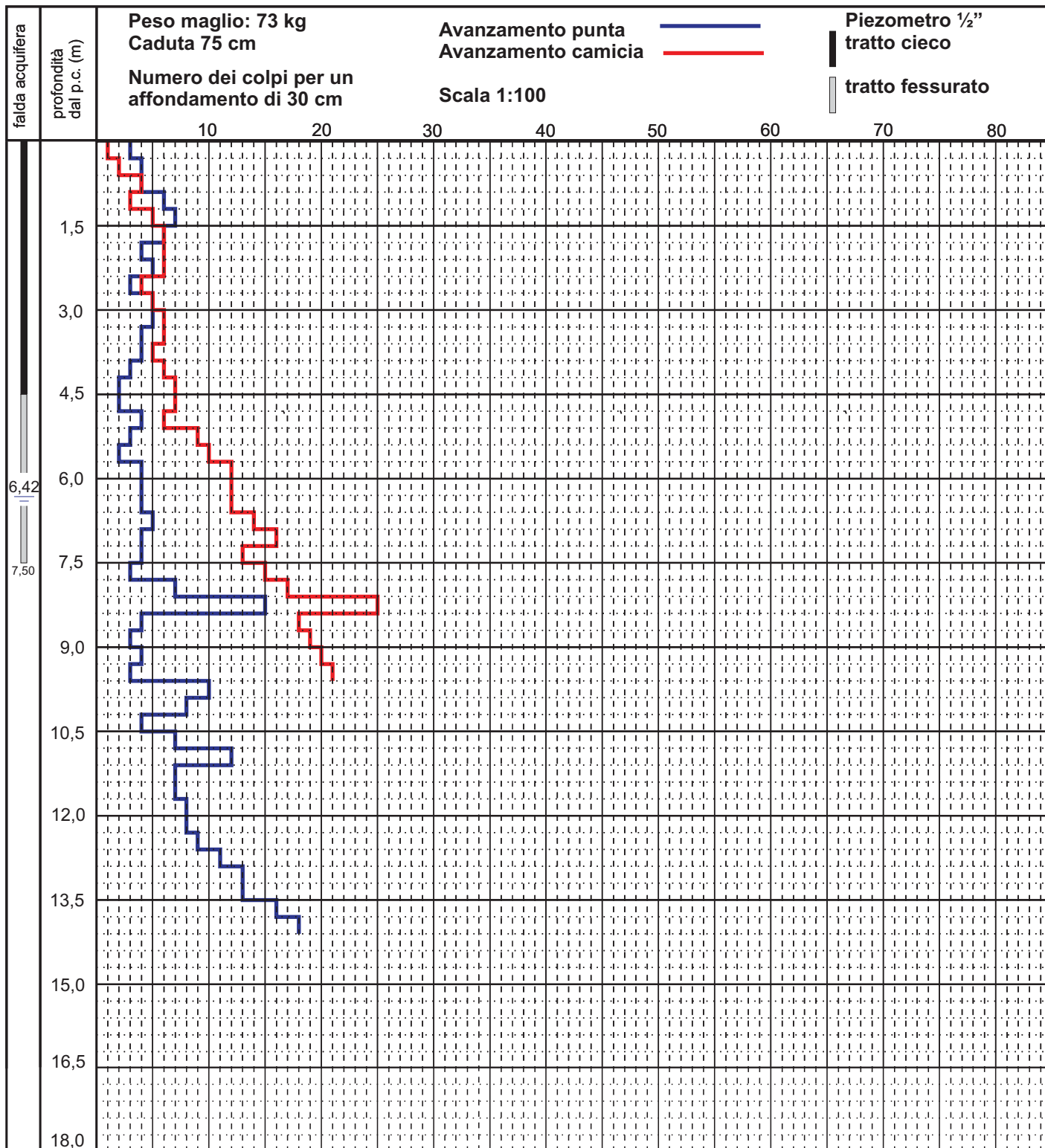
Data: 22/10/2015

Località: Via Vallatelle - Verolanuova (BS)

Quota inizio: 60,92 m da Ril. Top.

Committente: Garda Uno SPA

Commessa: 2015-132R RG



Nota: Installazione di piezometro da 1/2".

PROVA PENETROMETRICA (SCPT) n° P8

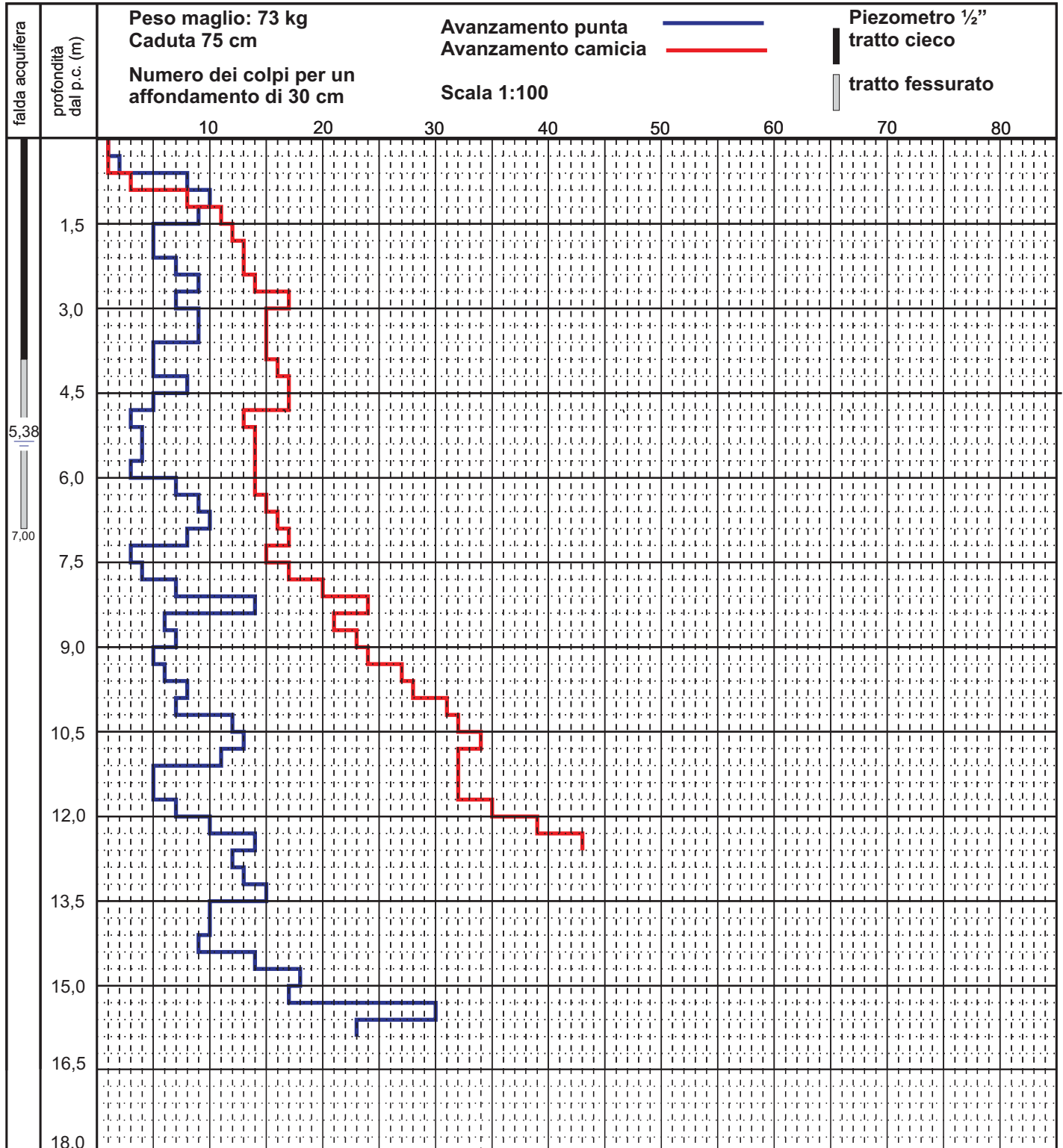
Data: 23/10/2015

Località: Via Vallatelle - Verolanuova (BS)

Quota inizio: 60,85 m da Ril. Top.

Committente: Garda Uno SPA

Commessa: 2015-132R RG



Nota: Installazione di piezometro da 1/2".

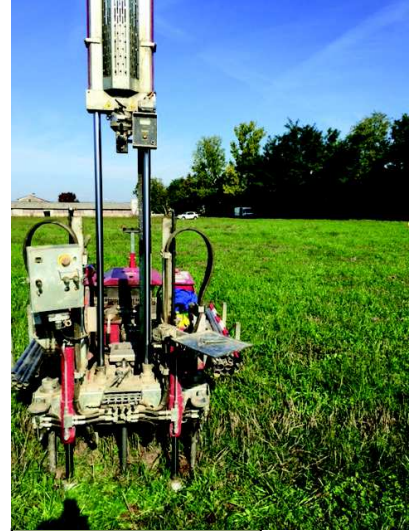
**ESECUZIONE PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE STANDARD (S.C.P.T.)
mediante PENETROMETRO DINAMICO-STATICO PAGANI mod. TG63/200**



Prova P1



Prova P2



Prova P3



Prova P4



Prova P5



Prova P7



Sede operativa: Via Verdi , 9 – 25080 Padenghe sul Garda (BS) - Tel/Fax 030 9914222 - cell. 3396012311

E-mail: info@lentinirosannageologia.it - Sito Web: www.lentinirosannageologia.it

E-mail dedicate: amministratore@lentinirosannageologia.it - ufficiotecnico@lentinirosannageologia.it

Sede Legale: Via Dugali, 34 - 25080 Padenghe sul Garda (BS) - C.F. LNTRNN69C43C351F - P. I.V.A. 01940640988

**ESECUZIONE PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE STANDARD (S.C.P.T.)
mediante PENETROMETRO DINAMICO-STATICO PAGANI mod. TG63/200**



Prova P8



Piezometro Prova P6

ESECUZIONE STENDIMENTO DI SISMICA MULTICANALE (MASW)



Sede operativa: Via Verdi , 9 – 25080 Padenghe sul Garda (BS) - Tel/Fax 030 9914222 - cell. 3396012311

E-mail: info@lentinirosannageologia.it - Sito Web: www.lentinirosannageologia.it

E-mail dedicate: amministratore@lentinirosannageologia.it - ufficiotecnico@lentinirosannageologia.it

Sede Legale: Via Dugali, 34 - 25080 Padenghe sul Garda (BS) - C.F. LNTRNN69C43C351F - P. I.V.A. 01940640988

COMMITTENTE: GARDA UNO SPA

SITO: VIA VALLATELLE – VEROLANUOVA (BS)

NOTE: VERIFICA SLV – INDAGINE DI RIFERIMENTO P6

STIMA DEL RISCHIO DI LIQUEFAZIONE

Metodo <i>Boulangier e Idriss (2004)</i> - STIMA CSR (sforzo di taglio indotto dal sisma)							
Profondità tetto falda: 6,40 m – Accelerazione sismica di progetto (g): 0,174 – Magnitudo di riferimento: 4,81							
N.	da (m)	a (m)	Gamma(kN/mc)	sigma (kPa)	sigma' (kPa)	rd	CSR
1	0	6,4	17	108,8	108,8	0,954	0,025
2	6,4	7,8	7	118,6	104,866	0,939	0,028
3	7,8	15	8	176,2	91,834	0,759	0,038
4	15	25	9	266,2	83,734	0,54	0,045

Metodo <i>Boulangier e Idriss (2004)</i> - STIMA CRR (resistenza al taglio mobilitata)								
Fs di riferimento: 1,3 - Fs= CRR/CSR								
N.	da (m)	a (m)	Nspt	%fine	Gamma (kN/mc)	CSR	CRR	Fs (coefficiente di sicurezza alla liquefazione)
1	0	6,4	3	8,3	17	0,025		
2	6,4	7,8	3	8,3	7	0,028	0,075	2,696
3	7,8	15	5	21,6	8	0,038	0,116	3,053
4	15	25	25	11,73	9	0,045	0,393	8,739



Metodo *Boulanger e Idriss (2004)*

