

**STUDIO DI
GEOLOGIA
TECNICA ED
AMBIENTALE**

**ROSANNA
LENTINI**

Comune di **DESENZANO DEL GARDA**

Provincia di **BRESCIA**

**REALIZZAZIONE DI UN CENTRO SPORTIVO
IN FRAZIONE S. MARTINO D/B, IN VIA ZENERONI
(Mapp.358 Fg. 54)**

**RELAZIONE GEOLOGICA AI SENSI AI SENSI DEL D.M. 17/01/2018 E D.G.R. IX/2616/2011
(Relazione R3 ai sensi della L.R. 33/2015 e della D.G.R. X/5001/2016)**

- RIFERIMENTI PROGETTUALI E NORMATIVI
- COMPATIBILITÀ DELL'INTERVENTO DI PROGETTO CON LE RISULTANZE DELLO STUDIO GEOLOGICO E CON LE NORMATIVE GEOLOGICHE DI FATTIBILITÀ, DI VINCOLO E PERICOLOSITÀ SISMICA

RELAZIONE GEOLOGICA AI SENSI DEL D.M. 17/01/2018

(Relazione R1 ai sensi della L.R. 33/2015 e della D.G.R. X/5001/2016)

- CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO
- SISMICITÀ
- INDAGINI GEOGNOSTICHE
- MODELLO IDROGEOLOGICO, GEOLOGICO-GEOTECNICO-GEOFISICO
- RISPOSTA SISMICA DEL SITO

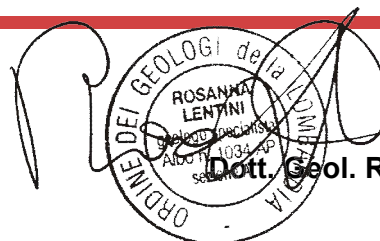
RELAZIONE GEOTECNICA AI SENSI DEL D.M. 17/01/2018

(Relazione R2 ai sensi della L.R. 33/2015 e della D.G.R. X/5001/2016)

- ELEMENTI PER LE VERIFICHE DELLA SICUREZZA E DELLE PRESTAZIONI

Committente: *Comune di Desenzano d/G*

Padenghe sul Garda, Ottobre 2018



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	11
2.1	Inquadramento Geologico.....	11
2.2	Inquadramento strutturale.....	14
2.3	Assetto geologico locale - Successione stratigrafica.....	15
2.4	Idrografia.....	16
2.5	Assetto Geomorfologico Locale - Stato dei luoghi.....	20
2.6	Inquadramento Idrogeologico – Approfondimento relativo agli aspetti idrogeologici.....	21
3	SISMICITA'	23
3.1	Sismicità storica	28
3.2	Sismicità recente.....	39
3.3	Normative Sismiche – Valori di a_g	42
4	CAMPAGNA DI INDAGINE GEOGNOSTICA E RACCOLTA DATI– Approfondimento sulle caratteristiche Geotecniche-Geofisiche e Idrogeologiche dei Terreni	45
4.1	Prove Penetrometriche CPT - Piezometri	45
4.2	Piezometri – Condizioni di Circolazione d'Acqua	47
4.3	ALTRI DATI	48
4.3.4	INTERPRETAZIONE STRATIGRAFICA DEI DATI PREGRESSI RACCOLTI	50
5	MODELLO GEOTECNICO – GEOFISICO	57
6	RISPOSTA SISMICA DEL SITO.....	59
6.1	Categoria di Sottosuolo e Categoria Topografica	60
6.2	Pericolosità Sismica del Sito – Parametri sismici di riferimento	63
6.3	Amplificazione Stratigrafica (S_s) e Topografica (S_t).....	64
6.4	Stabilità del sito nei confronti della liquefazione – Esclusione della verifica a liquefazione ai sensi del D.M. 17/01/18	65
7	INTERVENTO DI PROGETTO – PROBLEMATICHE REALIZZATIVE - PRESCRIZIONI	69
7.1	Vulnerabilità Idrogeologica degli acquiferi – Compatibilità con gli interventi di progetto	71
8	ELEMENTI PER LE VERIFICHE DELLA SICUREZZA E DELLE PRESTAZIONI	72
8.1	Parametri geotecnici di progetto – Fondazioni	72
8.2	Fondazioni superficiali.....	73
9	OPERAZIONI DI SCAVO	77
9.1	Modalità esecutive degli scavi in condizioni di sicurezza	77
9.2	Linee guida generali di utilizzo del materiale escavato.....	77
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.....	84



1 PREMESSA – Riferimenti progettuali e Normativi

A seguito dei colloqui intercorsi con il *Dott. Arch. Emanuele Greco* e su incarico del *Comune di Desenzano del Garda (Determina n° 724 del 27/06/2018)* è stato eseguito uno studio geologico-geotecnico nell'ambito del progetto di *“Riquilificazione Centro Sportivo San Martino d/B in Via Zeneroni (Mapp.358 Fg.54) entro il territorio comunale di Desenzano d/G (BS).*

Nel D.M. 14/01/2008, nel D.M 17/01/2018 e nell'**Ordinanza P.C.M. n. 3519 del 27/04/2006** il **Comune di Desenzano d/G** è stato classificato in **zona sismica 2** ed in particolare nella sottozona con valori di a_g compresi tra 0.150 e 0.175 (accelerazione massima al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni). L'Ordinanza P.C.M. 3274/2003 includeva il territorio comunale di Desenzano del Garda in zona sismica 3; la Regione Lombardia con **D.G.R. 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, ed anche dal punto di vista amministrativo, la classificazione dell'OPCM 3519/2006 e che, sulla base della successiva D.G.R. 8 ottobre 2015 - n. X/4144, è entrato in vigore a partire dal 10 Aprile 2016.

E' stata pertanto confermata per il Comune di Desenzano d/G (BS) la zona sismica 2 con valore di a_{gmax} 0,161477 anche a livello regionale e pertanto ai fini pianificatori/amministrativi. Ciò ha di fatto sanato una difformità di classificazione nazionale/regionale che creava non pochi problemi tecnico-progettuali.

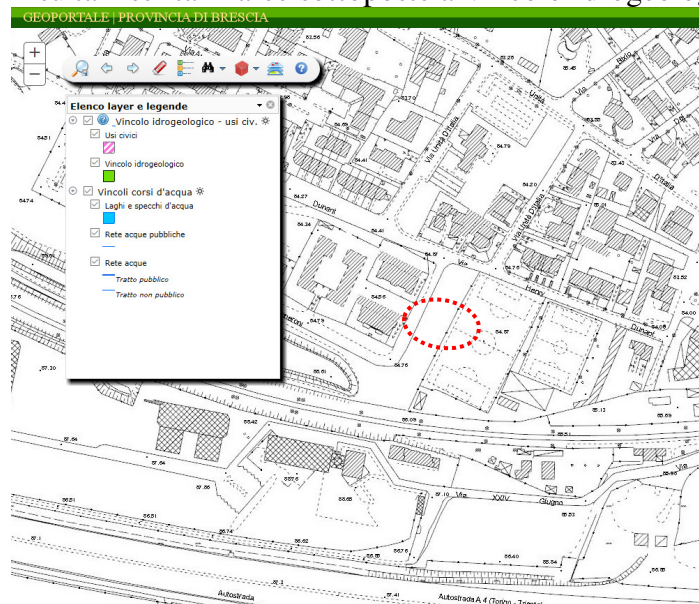
La recente **L.R. 33 del 12/10/2015** definisce le **“Disposizioni in materia di opere o di costruzioni e relativa vigilanza in zone sismiche”** e di fatto trasferisce ai comuni, singoli o associati, numerose funzioni prima assegnate alla Regione (di cui agli art. 61, 90 comma 2, 93 comma 1, 94 comma 1, 96, 97, 99, 100 e 104 del D.P.R. 380/2001) ed in particolare inerenti le **“Norme per le costruzioni in zone sismiche”** e **“Vigilanza sulle costruzioni in zone sismiche”**; essa è definitivamente entrata in vigore con la pubblicazione della **D.G.R. 10/5001 del 30/03/2016** **“Approvazione delle Linee di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai Comuni in materia sismica (artt.3, comma 1 e 13, comma 1, della l.r. 33/2015)”**, sul B.U. di Regione Lombardia del 07 Aprile 2016.

Ciò comporta, tra l'altro, specifiche prescrizioni nella redazione degli elaborati tecnici a corredo dei progetti e, in zona sismica 2, l'obbligo di acquisire l'**Autorizzazione Sismica di cui all'Art.8 comma 1 della L.R. 33/2015**, da rilasciare a carico dei Comuni o della Regione entro 60 gg dalla data di protocollo (fatto salvo il ricorso da parte del comune al parere regionale).

Si segnala infine l'entrata in vigore della **D.G.R. X/6738 del 19 Giugno 2017** **“Disposizioni regionali concernenti l'attuazione del piano gestione dei rischi di alluvione (PGRA) nel settore urbanistico e di pianificazione dell'emergenza ai sensi dell'art.58 delle norme di attuazione del piano stralcio per l'assetto idrogeologico (PAI) del bacino del fiume Po così come integrate dalla variante adottata in data 7 Dicembre 2016 con deliberazione n.5 del comitato istituzionale di bacino del Fiume Po”**, che integra la D.G.R. 9/2616/2011 con particolare riferimento all'introduzione del nuovo Titolo V delle Norme di Attuazione (N.D.A.) del PAI ed alle disposizioni relative all'attuazione della variante normativa PAI nel settore urbanistico alla scala comunale. Tali disposizioni e le norme correlate sono vigenti a partire dalla data di pubblicazione della D.G.R. e pertanto dal 19 Giugno 2017.

Con l'entrata in vigore della L.R. 19 del 08/07/2014, che apporta sostanziali modifiche alla L.R. 31 del 05/12/2008 è divenuto a carico dei Comuni (commi 2 e 3 dell'Art. 44 della L.R. 31/2008 come modificato dalla L.R.19/2014), autorizzare la trasformazione d'uso del suolo dei terreni soggetti a vincolo idrogeologico di cui all'Art. 1 del R.D. 3267 del 30/12/1923, in conformità alle indicazioni ed alle informazioni idrogeologiche contenute negli studi geologici comunali, nei piani territoriali e nei piani forestali di cui all'art.47 della L.R.31/2008. In particolare, ai sensi del comma 2 Art. 44 della L.R. 31/2008 come modificato dalla L.R.19/2014, per i comuni dotati di piano di governo del territorio (PGT) i titoli abitativi edilizi devono essere provvisti di tale autorizzazione che va rilasciata previa verifica di conformità delle trasformazioni d'uso del suolo rispetto alla componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT prevista dall'art. 57 comma 1 lettera b) della L.R. 12/2005.

L'area in esame non risulta inserita in aree sottoposte a Vincolo Idrogeologico.



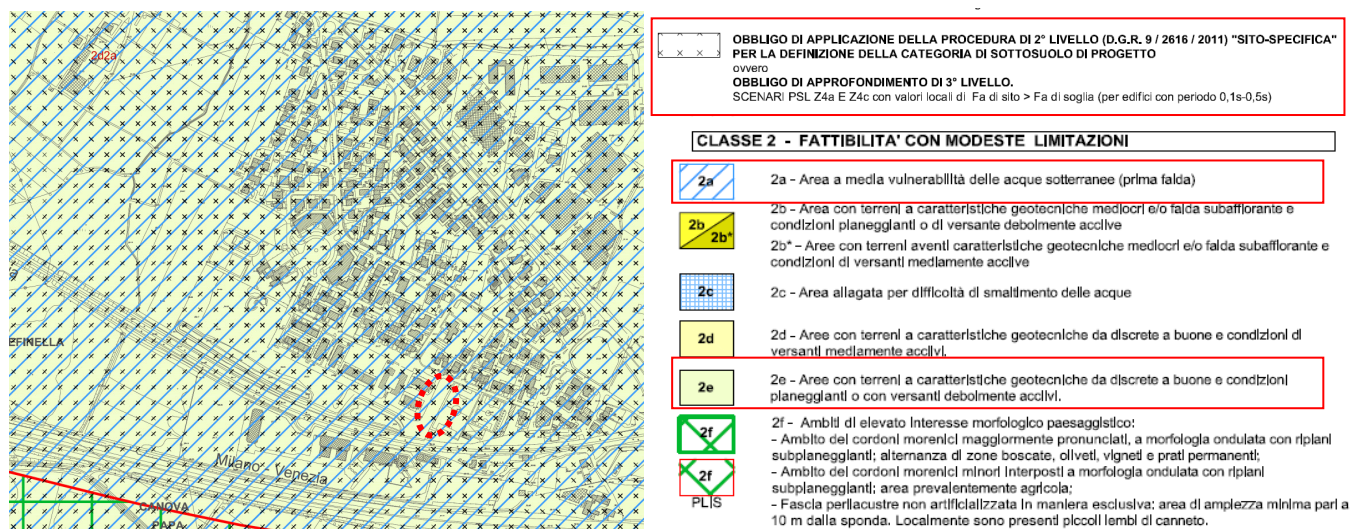
Estratte da: <http://sit.provincia.bs.it> - Geoportale – Provincia di Brescia

Dovrà pertanto essere predisposta, per la realizzazione del nuovo intervento di progetto e per lo svolgimento delle procedure e l'acquisizione dei necessari permessi normativi, una **relazione geologica-sismica**, in ottemperanza alle vigenti normative nazionali, alle norme comunali di fattibilità/vincolo/pericolosità sismica ed alle normative regionali e sovracomunali individuate per il sito di progetto (§6.1.2 e §6.2.1 NTC 2018; PGT vigente; D.G.R. 9/2616/2011 e D.G.R. 10/6739/2017) ed una **relazione geotecnica** in ottemperanza alle vigenti normative nazionali (§6.1.2 e §6.2.2 NTC 2018).

In relazione ad una **maggiore organicità nella trattazione delle tematiche geologiche-geotecniche e di pericolosità sismica** è stata predisposta un'**unica relazione** che sviluppa tutti i temi richiesti dalle normative vigenti come esemplificato nella copertina riepilogativa predisposta per il presente studio.

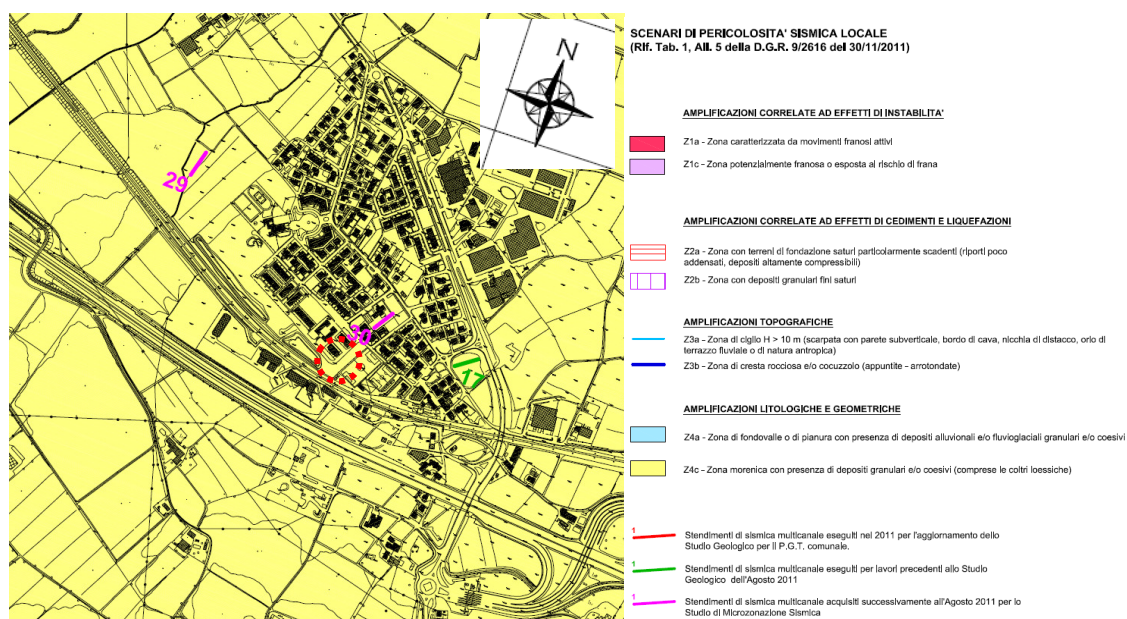
Pertanto, in ottemperanza alla D.G.R. 9/2616/2011, alla D.G.R. 10/6738/2017 ed alla D.G.R. 10/5001/2016 è stata presa preliminare visione della Classe di Fattibilità, di Vincolo e di Pericolosità Sismica vigenti per l'area di progetto in relazione alle Norme di PGT del territorio Comunale di Desenzano d/G, nonché delle aree di pericolosità e rischio individuate dal PGRA.

Il sito di progetto ricade nella **Classe di Fattibilità 2a 2e con modeste limitazioni** definite rispettivamente come “Aree a media vulnerabilità delle acque sotterranee (prima falda)” e “Aree con terreni a caratteristiche geotecniche da discrete a buone e condizioni pianeggianti o con versanti debolmente acclivi” (Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del Piano di Governo del Territorio – Agosto 2011- Rev. 01 Gennaio 2016 – Dott. Geol. Rosanna Lentini).



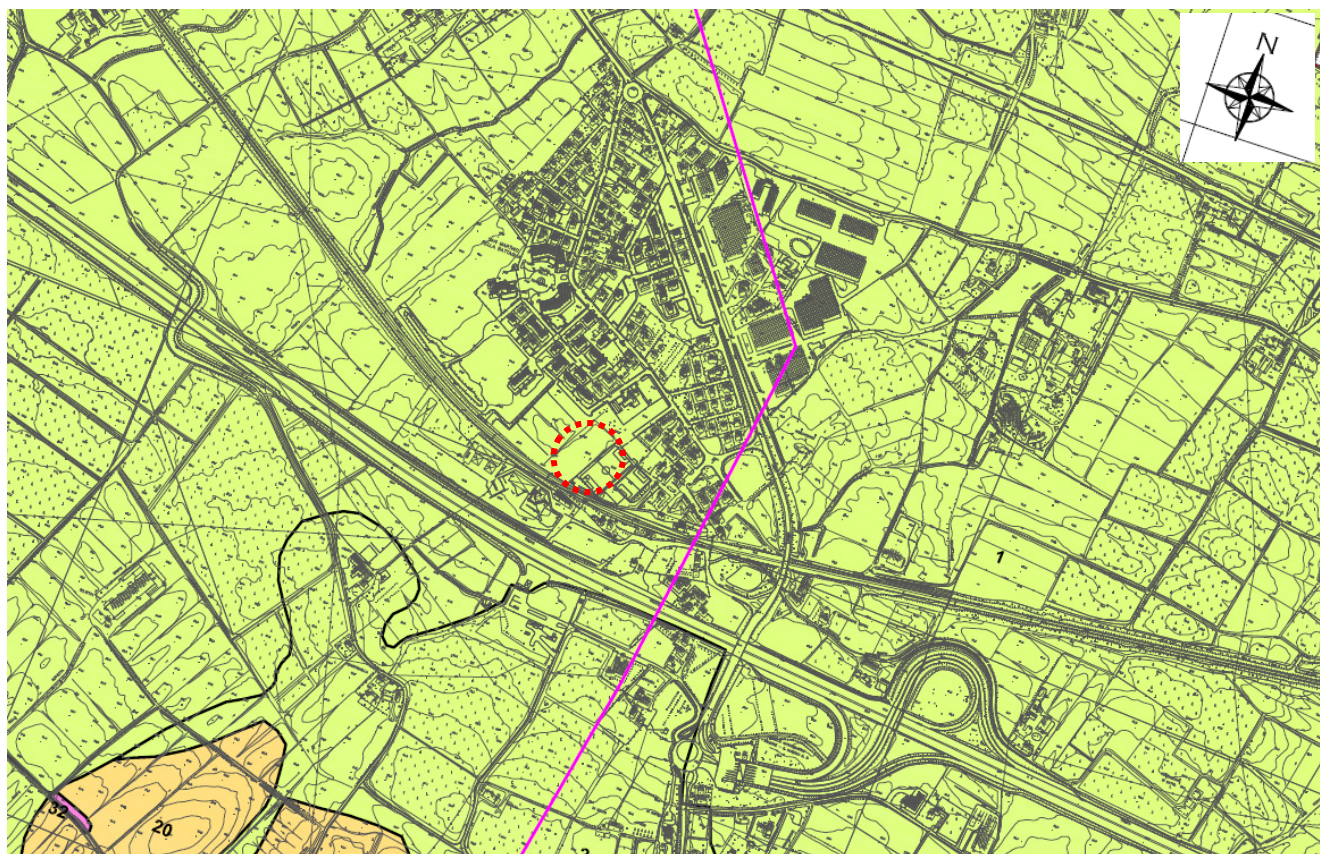
Estratto da: Tav. SG T12b “Carta della Fattibilità geologica per le azioni di piano” – Dott. Geol. R. Lentini – Agosto 2011, Rev. Gennaio 2016

Dal punto di vista della **Pericolosità Sismica Locale** l'area è stata classificata nello studio della *Componente Geologica Idrogeologica e Sismica del PGT (Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del Piano di Governo del Territorio "Carta della pericolosità sismica locale" Tav. SG T07 - Agosto 2011, Rev. 02 Gennaio 2016 - Dott. Geol. Rosanna Lentini)*, entro lo **scenario di pericolosità sismica Z4c** "Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (comprese le coltri loessiche)" per il quale vengono segnalati locali **valori di Fa di sito superiori a quelli di "soglia" normativa** (vedi Carta di Fattibilità, soprariportata) e quindi potenziali fenomeni di amplificazione sismica tali da rendere non sufficiente l'utilizzo dei parametri sismici definiti in base alla normativa vigente per edifici con periodo T compreso tra 0,1 s e 0,5 s (D.M. 17/01/2018). **Sono pertanto richiesti specifici approfondimenti sismici.**



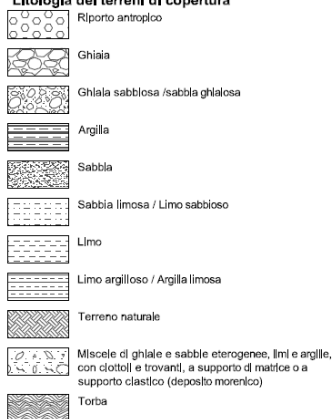
Estratto da: Tav. SG T07 "Carta della Pericolosità Sismica Locale" – Dott. Geol. R. Lentini – Agosto 2011, Rev.01 Gennaio 2016

Il precedente Studio di Microzonazione Sismica del territorio comunale di Desenzano del Garda (Dott. Geol. R. Lentini – Giugno 2012) prevedeva per l'area in esame i medesimi scenari di PSL individuati nel PGT vigente:

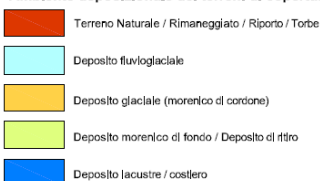


ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI

Litologia dei terreni di copertura



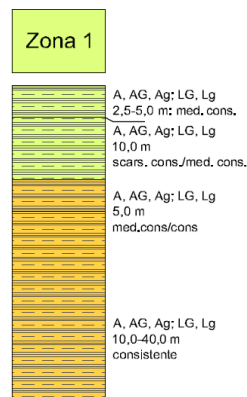
Ambiente deposizionale dei terreni di copertura



A: Argilla a: argilloso (a): deb. argilloso/con poca argilla
 L: Limo l: limoso (l): deb. limoso/con poco limo
 S: Sabbia s: sabbioso (s): deb. sabbioso/con poca sabbia
 G: Ghiala g: ghialoso (g): deb. ghialoso/con poca ghiala
 R: Riparto/Rimaneggiato
 N: Colture vegetale
 T: Torba

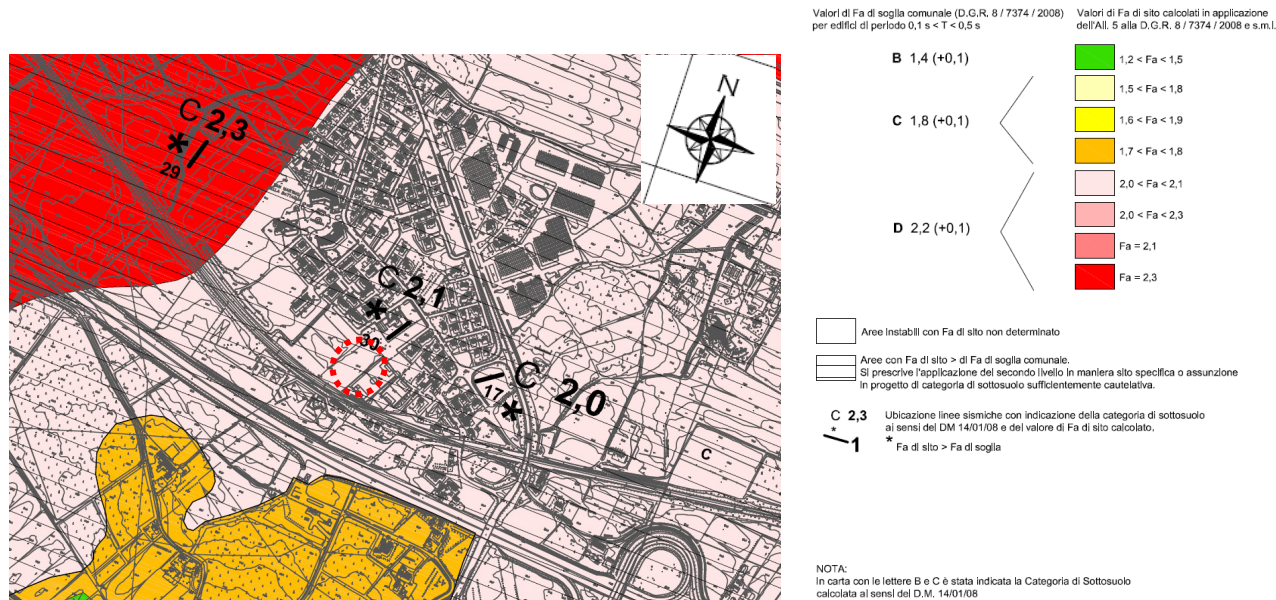
 es:
 A= argilla
 AG= Argilla e Ghiala / Argilla con Ghiala
 Ag= Argilla ghialosa
 A(g)= Argilla con poca ghiala

Zona 1



Estratto da Tav. T02A MOPS: “Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS)” - Dott. Geol. R. Lentini – Giugno 2012

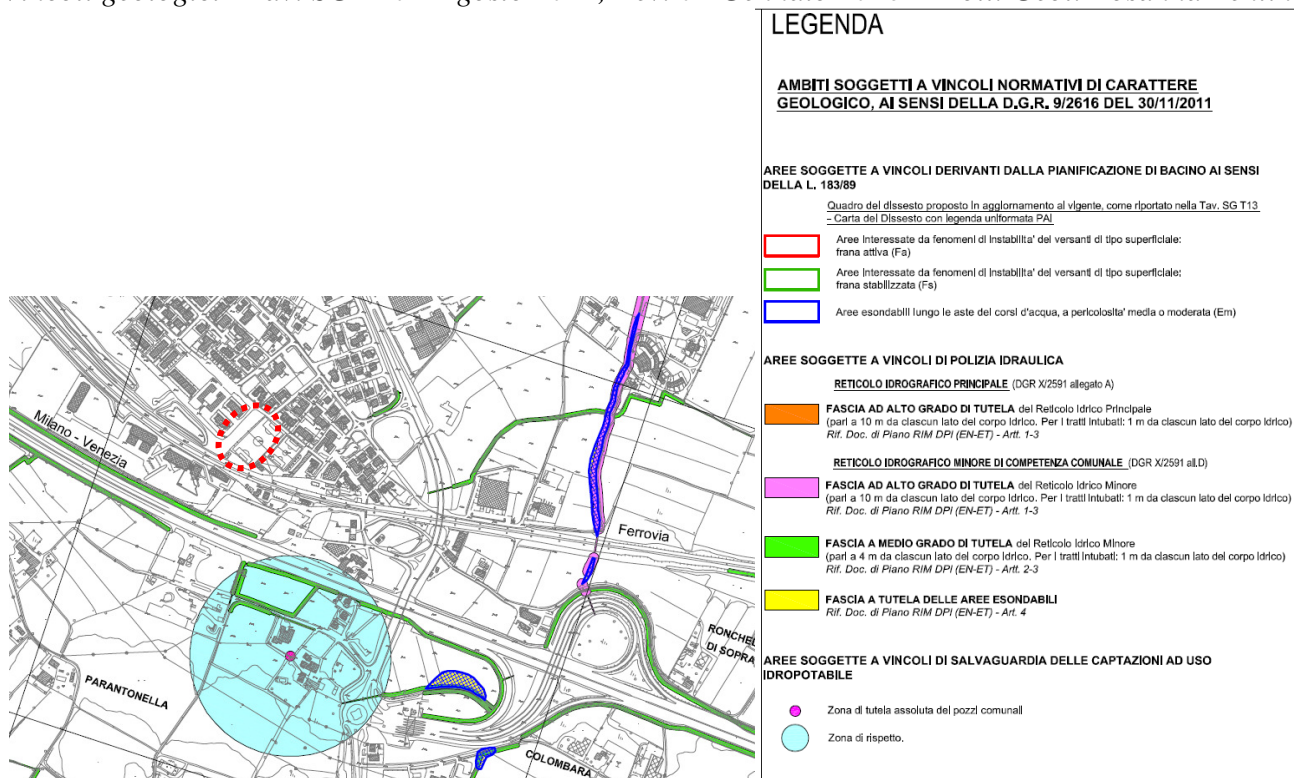
Inoltre, sulla base delle indagini geofisiche esperite presso aree limitrofe (linee sismiche 317-30-29 della MOPS), è stato localmente definito un areale di colore rosa caratterizzato da un valore di F_a di sito pari a 2,0-2,1 per il quale la Categoria di Sottosuolo “C”, calcolata ai sensi del D.M. 17/01/18 non risulta sempre sufficientemente cautelativa (F_a di sito $>$ F_a di soglia per edifici con T compreso tra 0,1s e 0,5 s).



Estratto da Tav. T03 MOPS: “Carta dei fattori di amplificazione derivante dall’applicazione del 2° Livello” ai sensi dei criteri regionali - Dott. Geol. R. Lentini – Giugno 2012

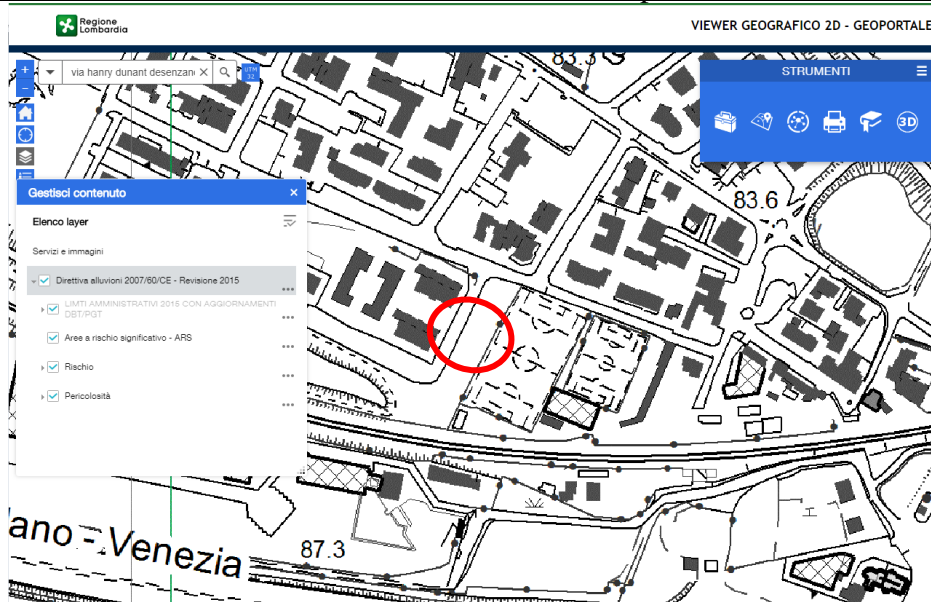
Tale dato risulta coerente con quanto riportato nel PGT; si prevedono pertanto specifici approfondimenti sismici.

Nello studio della *Componente Geologica Idrogeologica e Sismica del PGT (Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del Piano di Governo del Territorio)* 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 (*Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del Piano di Governo del Territorio "Carta dei Vincoli geologici"* Tav. SG T10 - Agosto 2011, Rev. 01 Gennaio 2016 - Dott. Geol. Rosanna Lentini).



Estratto da: Tav. SG T10 "Carta dei vincoli geologici" – Dott. Geol. R. Lentini – Agosto 2011, Rev.01 Gennaio 2016

Nell'ambito del P.G.R.A. (Direttiva alluvioni - D.G.R. X/6738 del 19 Giugno 2017) è stato verificato che l'area di interesse **non risulta inclusa** entro aree a pericolosità e rischio alluvione.



Estratte da: <http://www.cartografia.regione.lombardia.it/viewer25> - Viewer Geografico - Geoportale - Regione Lombardia

Tenuto conto di quanto sopra verificato relativamente alle Norme di PGT e sovracomunali vigenti, la **relazione geologica** sarà redatta sulla base di tutti i dati geognostici raccolti e con particolare riguardo alla valutazione del **Modello Geologico** (D.M. 17/01/18) e **Geofisico** (D.M. 16/01/96, Ord. 3274/2003, Ord. 3519/2006, D.M. 17/01/18, D.G.R. 9/2616/2011 e D.G.R. 10/5001/2016) del sito di progetto ed alla verifica della **compatibilità dell'intervento con le normative vigenti** ed all'individuazione **di eventuali prescrizioni/interventi necessari per la sua realizzazione**.

Essa prevedrà l'inquadramento geologico, geomorfologico ed idrogeologico dell'area nonché l'inquadramento della sismicità regionale e la determinazione dei parametri relativi alla Pericolosità Sismica di Sito (Categoria di sottosuolo-Categoria Topografica, Amplificazione Stratigrafica e Topografica, Parametri Sismici Normativi - a_g , F_0 e T_c^* - stimati per varie frequenze annuali di superamento, ecc.) con applicazione dei livelli di approfondimento richiesti dalla normativa regionale (D.G.R. 9/2616/2011 e D.G.R. 10/5001/2016), tenuto conto delle Norme di PGT vigenti.

Si prevede il rilascio del “Modulo 9 – Dichiarazione/Asseverazione della congruità della Relazione Geologica ai requisiti richiesti dal punto 6.2.1 delle NTC DM 17/01/18 e/o dalla D.G.R. 9/2616/2011”.

La **relazione geotecnica** sarà redatta sulla base di tutti i dati raccolti e con particolare riguardo alla valutazione del **Modello Geotecnico** (D.M. 17/01/18).

Si prevede rilascio del “Modulo 10 – Dichiarazione/Asseverazione dell'Estensore della Relazione Geotecnica di congruità dei contenuti della Relazione Geotecnica ai requisiti richiesti dal punto 6.2.2 delle NTC DM 17/01/18”.

Dal punto di vista metodologico è stato dapprima eseguito il **rilievo geolitologico e geomorfologico** dell'area in oggetto e di quelle ad essa limitrofe.

Per la caratterizzazione geologica-geotecnica dei terreni, in adempimento alle norme di fattibilità geologica previste per la classe di fattibilità 2a-2e e per gli scenari di PSL individuati è stata condotta una specifica indagine geognostica mediante **n° 2 prove penetrometriche statiche (C.P.T.)**; l'indagine si è svolta in ottemperanza alle normative di legge vigenti in materia secondo le *prescrizioni e gli oneri contenuti nelle raccomandazioni A.G.I. (1977)*.

Inoltre sono stati consultati i numerosi dati derivanti da campagne di indagine eseguite nel 2010 e 2011 in aree prossime (*Via Unità d'Italia*) a quelle di studio ed in contesto geologico omologo e correlabile.

Per la caratterizzazione geofisica e per la valutazione delle velocità $V_{s_{eq}}$ di sito si fa riferimento ad uno **stendimento di sismica multicanale con acquisizione delle onde superficiali**, anche a bassa frequenza, ed elaborazione dati con metodologia tipo MASW eseguito presso un'area limitrofa ed in contesto omologo (Luglio 2011).

Si specifica che in adempimento alla normativa vigente (D.M. 17/01/18, D.G.R. 10/5001/2016) la presente relazione geologica può essere utilizzata solo per i siti indicati ed in riferimento ai progetti come definiti nelle tavole cartografiche e nei paragrafi illustrativi. Si diffida qualsiasi differente utilizzo, che sarà perseguibile a norma di legge.

Si allegano:

- Corografia con ubicazione di precedenti indagini e pozzi (scala 1:10.000)
- Carta Geologica con elementi geomorfologici e del reticolo idrografico (scala 1:5.000)
- Planimetria con ubicazione dei punti di indagine (scala 1:400)
- Diagrammi prove penetrometriche statiche
- Allegato fotografico
- Estratti da precedenti indagini
 - Indagine geognostica Aprile/Luglio 2011 (*Via Unità d'Italia*)
 - Indagine geognostica Settembre 2010 (*Via Unità d'Italia*)
- Stratigrafie dei pozzi



2 CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO

L'area oggetto d'intervento è identificata dal *Mapp.le 358 del Fg. 54* ed ubicata in *Via Zeneroni*, ai margini sud-occidentali del centro abitato di San Martino del Battaglia, in una fascia di territorio posta poco a Nord del tracciato ferroviario della linea MI-VE e dell'autostrada A4 Torino-Milano-Trieste.

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 oggetto di intervento ed in un intorno significativo.

Lo studio delle caratteristiche geomorfologiche ed idrografiche del territorio d'interesse e delle caratteristiche geologiche dei terreni, si è articolato mediante una prima fase di acquisizione dei dati reperibili in letteratura, tra cui lo studio della *Componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio di Desenzano d/G* (Dott. Geol. R. Lentini – Agosto 2011 – Rev. Gennaio 2016) e lo *Studio di Microzonazione Sismica* (Giugno 2012, Dott. Geol. R. Lentini, Dott. Geol. D. Scalvini), e in aggiunta, di quelli relativi a studi geologici ed indagini geognostiche eseguite in siti prossimi a quello d'interesse ed in contesti geologici omologhi e correlabili (vedi per ubicazione *Corografia con ubicazione dei pozzi e precedenti indagini*, in allegato).

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

Il territorio di Desenzano d/G e San Martino della Battaglia si colloca entro il **Basso Garda Bresciano**, che si estende tra le cerchie moreniche originate nel Quaternario, a seguito del ritiro dei ghiacciai alpini transfluenti dalla Valle dell'Adige e del Chiese e canalizzati nel solco strutturale gardesano preesistente e con andamento giudicariense.

Le cerchie moreniche, con andamento circa concentrico rispetto alla linea di costa del lago, segnano le diverse fasi di espansione dei ghiacciai. Da un punto di vista cronostratigrafico le cerchie collinari possiedono in linea generale età crescente allontanandosi dalla linea di riva.

Durante lo scioglimento delle masse glaciali si originavano torrenti fluvio-glaciali che smantellavano i cordoni morenici già formati e deponevano il materiale nelle depressioni rimaste entro le diverse cerchie (**depositi fluvio-glaciali**).

Tra i rilievi morenici sono talora presenti ampi ripiani, delimitati da scarpate, che corrispondono a terrazzi di *kame* e/o piane di ritiro e di fondo formati durante le fasi di ritiro del ghiacciaio. Il dilavamento del fronte dei ghiacciai ad opera delle acque di fusione, ha determinato altresì l'accumulo di materiali a contatto con le stesse masse glaciali (**depositi di contatto glaciale/morene di ritiro e di fondo**).

Talora le cerchie moreniche appaiono discontinue a seguito dell'azione di sfondamento praticata dagli stessi corsi d'acqua fluvio-glaciali.

Alcune depressioni o conche presenti sul territorio corrispondono a strutture relitte, formate nei pressi del fronte glaciale (**depositi di piana intramorenica e/o glaciolacustri**).

In letteratura le cerchie più interne sono riferite per lo più alla fase glaciale Würmiana mentre quelle più esterne sono attribuite al Riss, anche se non esiste uniformità di classificazione delle cerchie moreniche alle singole glaciazioni da parte dei diversi Autori.

Va in ogni caso sottolineato come possono essere distinte oscillazioni del ghiacciaio di ordine minore nell'ambito delle singole fasi Würm e Riss sia per i periodi glaciali che per quelli interglaciali.



Un punto di riferimento e/o di partenza per la cartografia geologica relativa a questo settore è la “Carta Geologica dell’anfiteatro morenico del Garda – Tratto occidentale”, redatta da Venzo nel 1957. Le unità litostratigrafiche riconosciute a suo tempo da Venzo per il territorio di interesse comprendono limitati lembi di depositi glaciali e fluvioglaciali attribuiti al Wurm e quindi diffusamente nel territorio depositi glaciali e fluvioglaciali del Riss.

Studi stratigrafici recenti (“*Paleosols and vetusols in the central Po plain -Northern Italy- a study in quaternary Geology and Soil Development*”; Cremaschi M., Ed. Unicopli, Milano, 1987) attribuiscono i depositi morenici e fluvioglaciali affioranti nell’area di Lonato all’Unità di Sedena del Pleistocene Medio e Medio-Superiore e all’Unità di Solferino del Pleistocene Superiore.

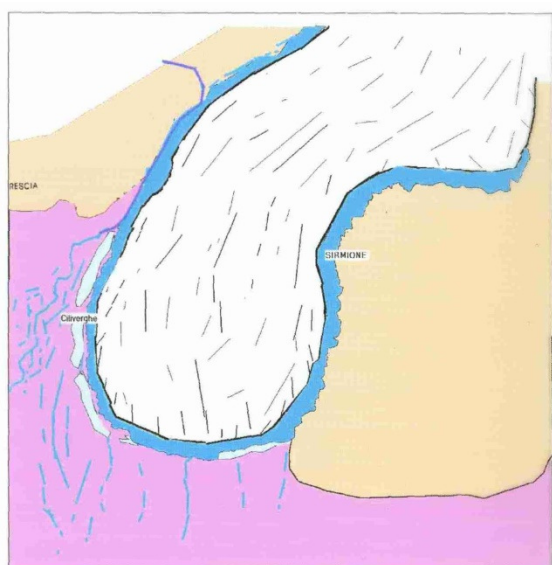


Fig. 17 - Fase morenica di Faltà

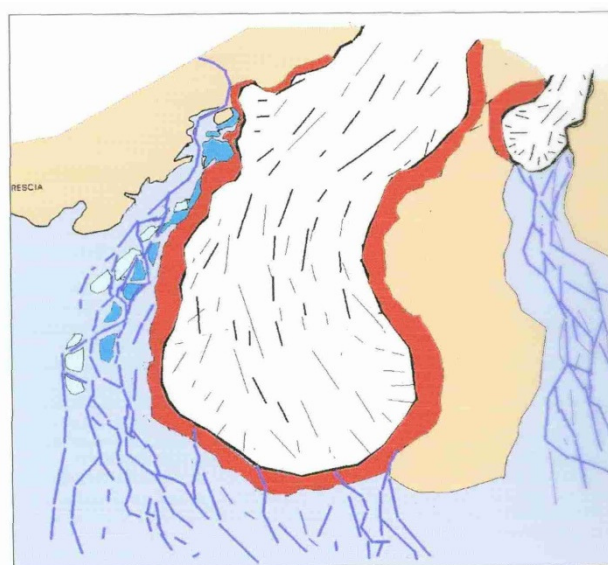


Fig 19 - Fase morenica di Carpenedolo

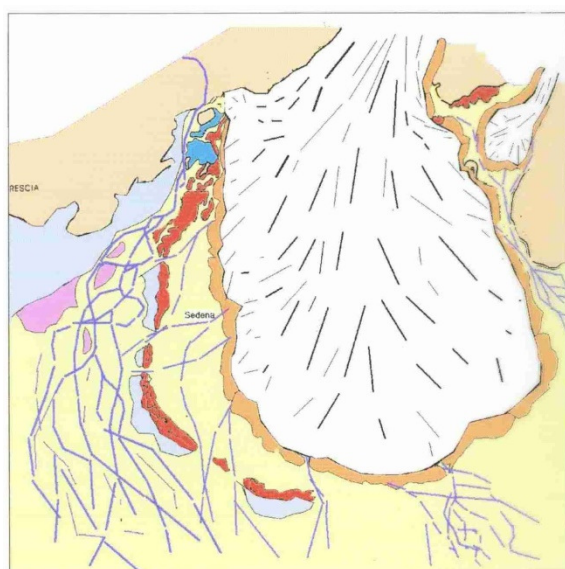


Fig. 20 - Fase morenica di Sedena.

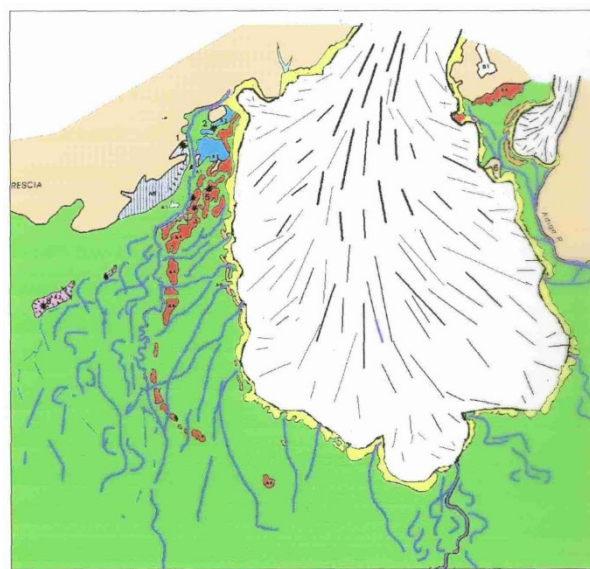


Fig. 21 - Fase morenica di Solferino

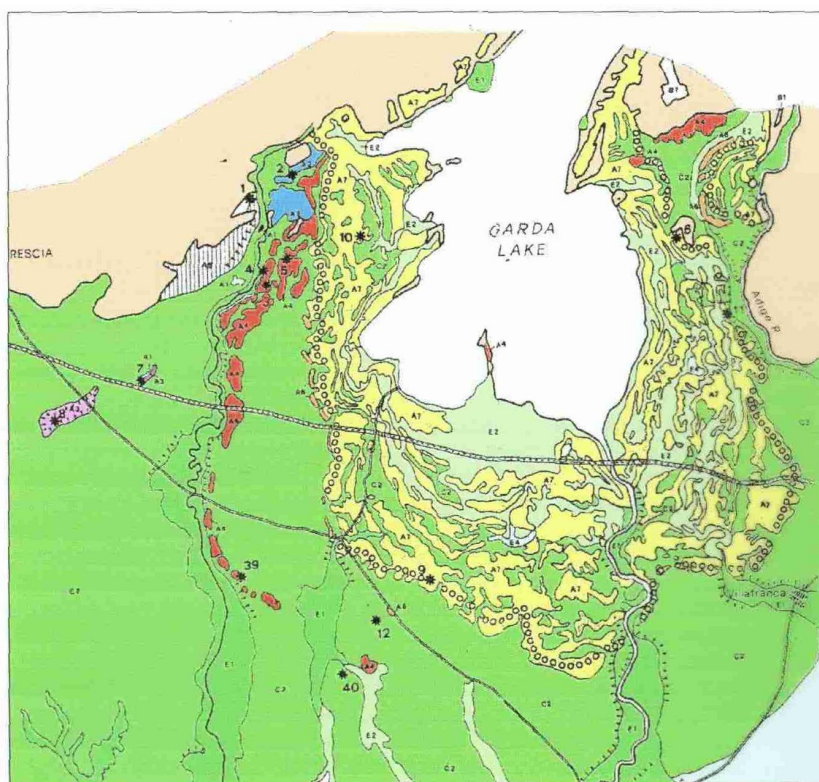


Fig. 23 - Disposizione attuale delle morene

Figure tratte da “Paleosols and vetusols in the central Po plain -Northern Italy- a study in quaternary Geology and Soil Development” (Cremaschi M., Ed. Unicopli, Milano, 1987) e modificate dal Dott. Geol. Damiano Scalvini.

Anche nella “**Carta Geologica delle Prealpi Bresciane tra Val Vrenda e il M.te Pizzoccolo 1/25.000**” (Baroni, Bissolati e Vercesi, 1995), vengono applicati i moderni sistemi stratigrafici. I rilievi cartografici di questi Autori non comprendono il territorio di Desenzano del Garda, interessando aree poste in territorio di Salò e Roè Volciano. Tuttavia si ritiene che l’apparato glaciale riferito all’Unità di Solferino (Unità di Solferino di Cremaschi M., 1987) possa essere correlata all’Unità di Roè Volciano di Baroni et Al. (1995) ed all’Unità di San Felice d/B (Studio Geologico del Territorio Comunale di San Felice del Benaco - Maggio 2008).

L’attuale revisione stratigrafica del quaternario mediante nuove interpretazioni e metodologie potrà introdurre, anche a breve termine, nuove e più precise interpretazioni.

Con il passaggio verso le attuali condizioni climatiche i fenomeni geomorfici legati all'idrografia superficiale ed alla gravità si sostituirono a quelli glaciali apportando modifiche al paesaggio.

Si impostò gradualmente anche la rete idrografica diretta verso il lago. In corrispondenza delle depressioni intermoreniche meglio sviluppate si formarono aree palustri.

2.2 Inquadramento strutturale

Dal punto di vista strutturale la grande depressione del Lago di Garda rappresenta un'area "chiave" per l'interpretazione dell'assetto strutturale e dell'evoluzione tettonica di gran parte della regione alpina. Il territorio montano dell'Alto Garda, compreso nel settore prealpino bresciano orientale, è caratterizzato da una successione stratigrafica con formazioni di età compresa tra il Trias ed il Miocene, sovrapposte stratigraficamente e tettonicamente, costituendo sistemi di *thrust* embricati riconducibili strutturalmente alle direttrici regionali, identificabili con il Sistema Orobico o della Val Trompia, il Sistema Giudicariense e il Sistema Dinarico.

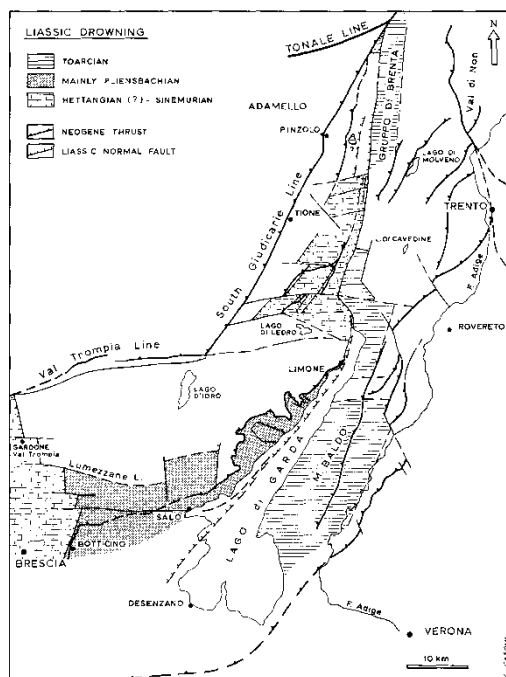


Fig. 5 - Sintesi dei principali elementi paleogeografici e paleotettonici del Lias nella Cintura Giudicariense (da Castellarin & Picotti, 1990).

La fascia strutturale arcuata definita da questi sistemi rappresenta una cintura tettonica molto pronunciata determinatasi a seguito di meccanismi di inversione strutturale degli elementi tettonici distensivi del *rifting* mesozoico ad opera delle intense compressioni neogeniche. Tale cintura si sviluppa sui margini Est e Sud del massiccio dell'Adamello e si propaga ampiamente sia verso Sud che verso Est, incorporando al suo interno la regione del Lago di Garda.

L'orientazione delle strutture risulta in primo luogo secondo la direzione NNE-SSW e NE-SW (Sistema Giudicariense) ed in subordine E-W (Linea della Val Trompia).

Il sistema giudicariense è dominato da accavallamenti a vergenza orientale e sud-orientale, con presenza diffusa di faglie trasversali di trasferimento. Ciò determina un assetto irregolare di *tipo en echelon*.

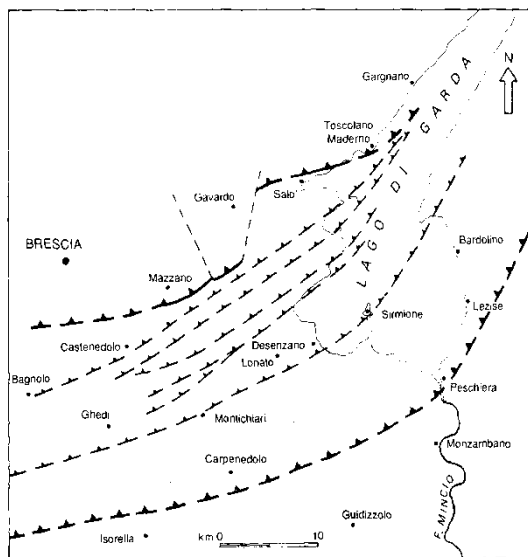


Fig. 7 - Sistema di embricazione nell'area del sottosuolo attorno alla sponda meridionale del Garda.

In particolare gli affioramenti del substrato roccioso nel Medio e Basso Garda sono da mettere in relazione ad un pronunciato sistema di *thrust*.

Tutti gli affioramenti delle formazioni paleogeniche presenti lungo la sponda occidentale del lago (Rocca di Manerba, Isola del Garda, Scogli dell'Altare, Isola dei Conigli e Punta San Sivino, Penisola di Sirmione) presentano un rigido controllo strutturale collegato a questo sistema frontale.

Sebbene il sistema tettonico individuato per l'area a Sud di Salò sia correlabile a fasi compressive essenzialmente neogeniche va sottolineato che il carattere di attività persiste anche durante il Plio-Pleistocene e l'Olocene. L'attività tettonica lungo tali strutture è documentata dalla sismicità storica e recente dell'area (vedi paragrafi successivi). La presenza di lineamenti tettonici profondi che raggiungono

localmente la superficie o che sono posti a breve profondità può favorire, localmente, l'insorgere di fenomeni termali correlati a risalita naturale, attraverso fratture e faglie, di acque "riscaldiate" in relazione al gradiente geotermico (termalismo di Sirmione e Lazise).

2.3 Assetto geologico locale - Successione stratigrafica

Per la classificazione e datazione delle unità delle coperture quaternarie e neogeniche, si è fatto riferimento allo studio "*Paleosols and vetusols in the central Po plain -Northern Italy- a study in quaternary Geology and Soil Development*" (Cremaschi M., Ed. Unicopli, Milano, 1987). Tali studi attribuiscono i depositi glaciali, fluvioglaciali e di contatto glaciale/morena di fondo affioranti nell'area di studio all'**Unità di Solferino** del Pleistocene Superiore.

Viene di seguito elencata la successione delle unità stratigrafiche presenti, dalle più recenti alle più antiche, con una descrizione delle principali caratteristiche litologiche:

COPERTURE QUATERNARIE

Unità di Solferino – Usf (Pleistocene Superiore)

A questa unità sono riconducibili depositi glaciali e fluvioglaciali. L'Unità di Solferino risulta piuttosto estesa ed articolata e presenta diverse Unità Morena intervallate da piane fluvioglaciali o di contatto glaciale.

All'Unità di Solferino può essere riferita la cerchia principale dell'anfiteatro morenico gardesano, riferibile alla fase di massima espansione del ghiacciaio solferinese; ad essa afferiscono infatti i rilievi posti alle quote più elevate più o meno discontinui. Le fasi di ritiro delle masse glaciali sono testimoniate invece dai cordoni morenici minori talora piuttosto discontinui, con rilievo topografico progressivamente più blando spostandosi verso il Lago. Il ritiro del ghiacciaio doveva quindi avvenire lentamente e secondo pulsazioni ripetute e fasi di stazionamento successive. A questa unità sono riconducibili infatti numerose cerchie moreniche, cui si interpongono piane fluvioglaciali, ad andamento per lo più meandriforme, piane di contatto glaciale e piane di ritiro, allungate a tergo dei cordoni morenici, e/o depressioni intramoreniche, interposte con andamento irregolare tra i cordoni morenici.

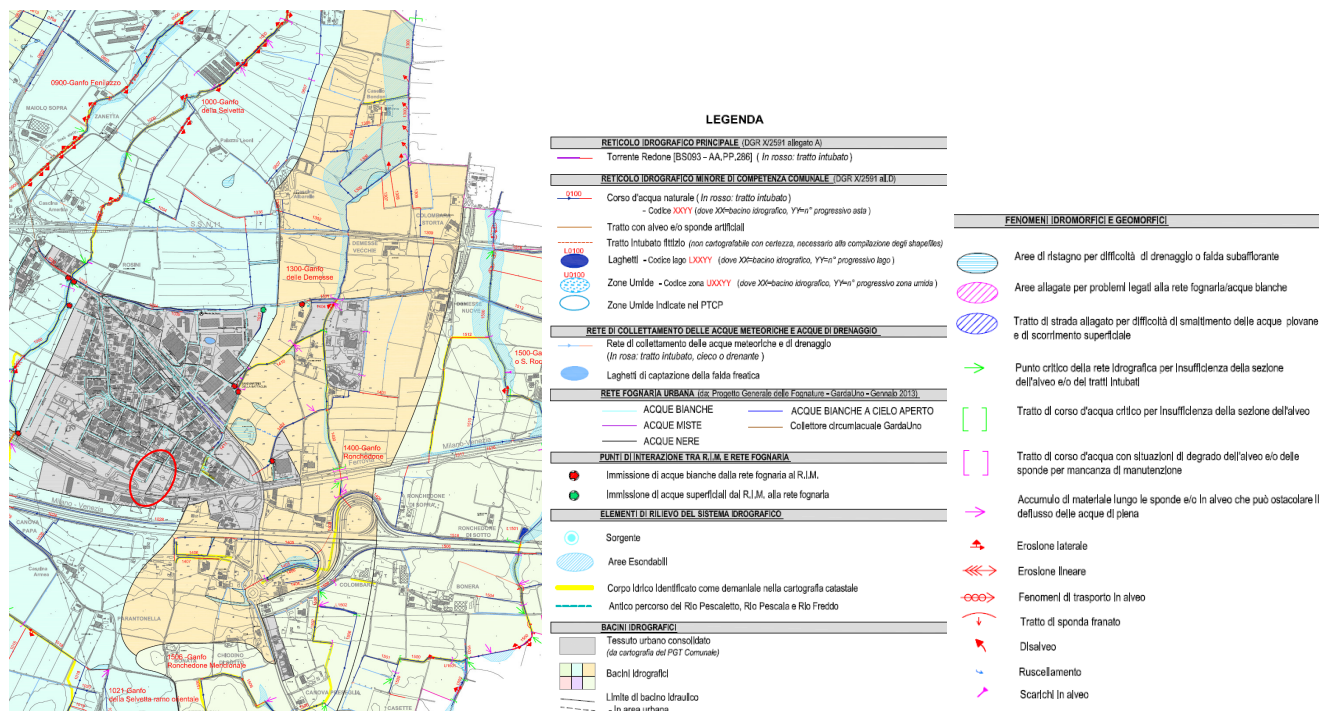
Depositi di Contatto Glaciale – Morena di Fondo (Uslf3b)

I depositi di contatto glaciale, quando presenti, sono posti di norma immediatamente a tergo dei cordoni morenici. Possono assumere una forma complessiva a dosso o terrazzo (posizione marginale, subglaciale, interna o epiglaciale rispetto al ghiacciaio; genesi di tipo kame) o di piana con depressioni (posizione marginale rispetto al ghiacciaio; genesi tipo sandur – alluvionamento proglaciale) e risultano costituiti prevalentemente da ghiaie massive e sabbie per lo più a supporto di matrice gradate (Gms) o grossolanamente stratificate (Gm). Si possono avere forti eterogeneità litologiche con variazioni in percentuale della frazione fine talora molto marcate, con *litofacies* riferibili a sabbie da medie a grossolane (Sh) o fini (Sl). In generale la presenza di matrice argillosa può conferire a questi depositi una tipica colorazione grigia, mentre un colore ocra-nocciola contraddistingue di norma materiali con maggior presenza di limo.

Nella porzione di territorio d'interesse per il presente studio si riconoscono depositi di contatto glaciali più francamente correlati al ritiro del ghiacciaio (Morena di Fondo) che avveniva in direzione dell'attuale fascia costiera, caratterizzati in superfici da litologie più francamente limoso-sabbiose e limoso-argillose.

2.4 Idrografia

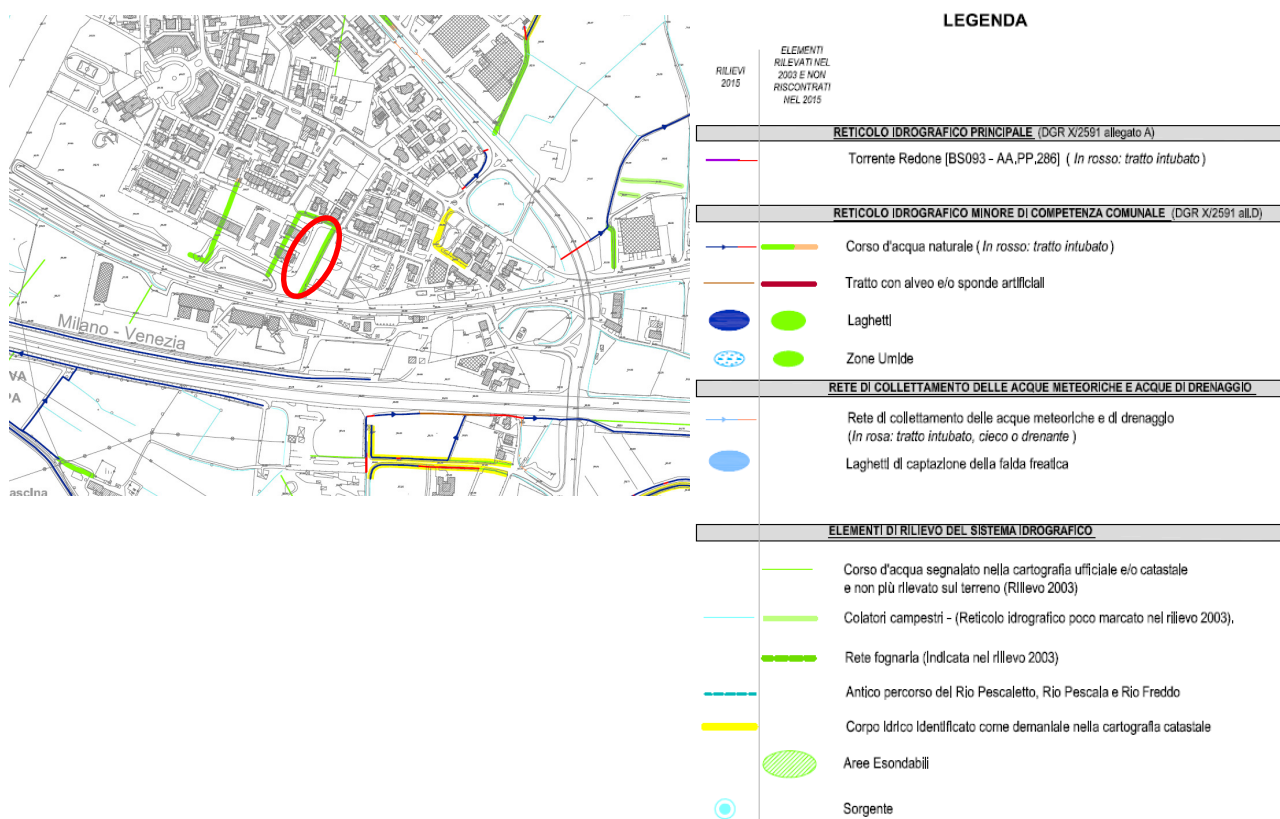
L'area di studio afferisce ad un bacino idraulico riferibile alle aree urbane e collegato, ad Est, al bacino idraulico del *Ganfo Ronchedone* (Codice RIM 1400) e, ad Ovest, al bacino idraulico del *Ganfo della Selvetta* (Codice RIM 1000); entrambi sono corsi d'acqua appartenente al reticolo idrografico minore di competenza comunale. Sono identificati nella zona vecchi fossi e colatori campestri, talora obliterati dalla crescente espansione urbana o sostituiti dalla rete fognaria, a cui è affidato il deflusso generale delle acque meteoriche verso i ganfi principale ed i principali affluenti.



Estratto da Tav. 2/B "Carta del sistema idrografico – Rilievi 2015" (Dott. Geol. R. Lentini, Luglio 2015)

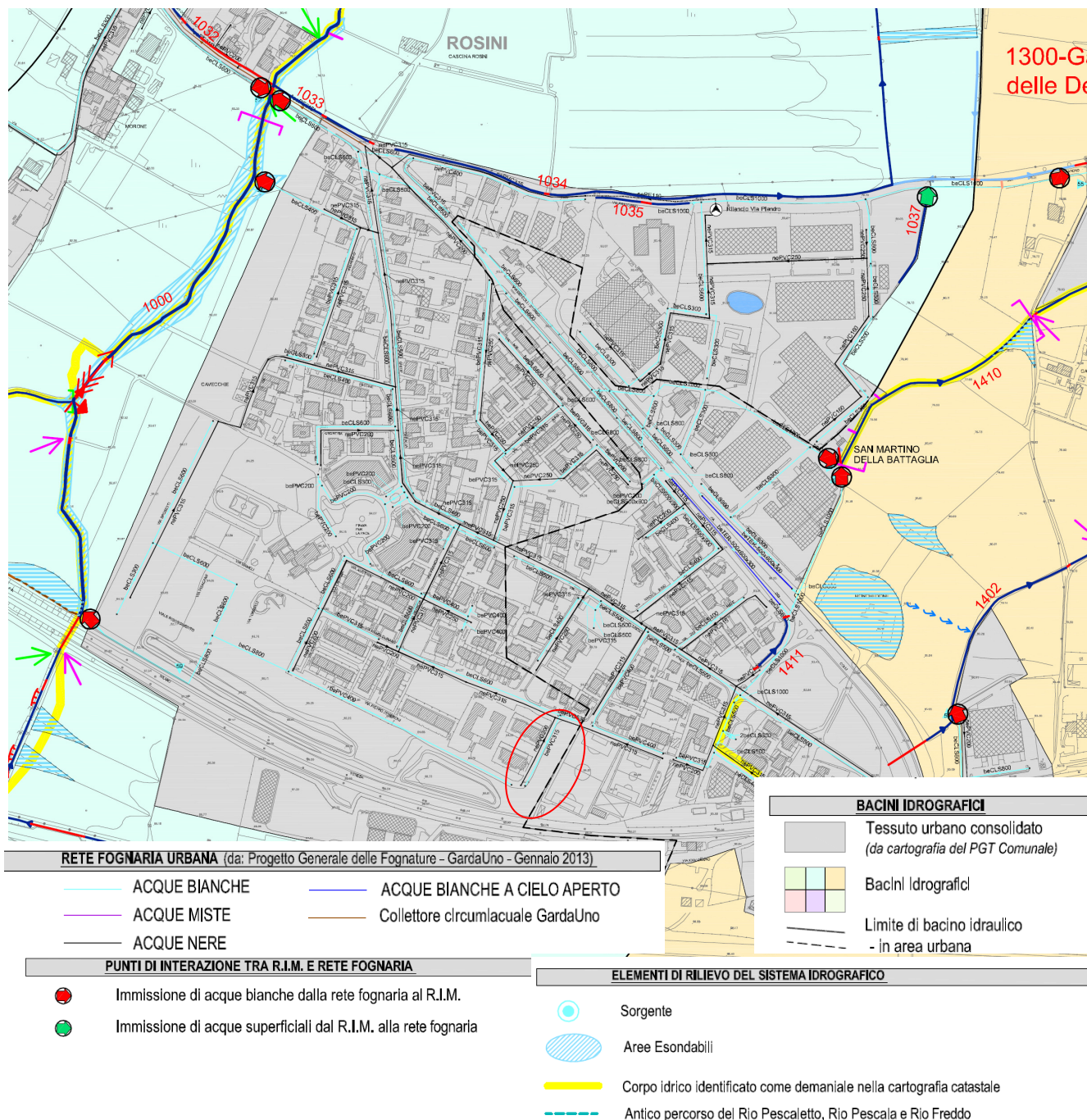
L'area di progetto non interferisce con alcun elemento del sistema idrografico; il deflusso idrico superficiale nell'area di indagine e in quelle limitrofe avviene essenzialmente per spaglio superficiale.

Si segnala che nella Tav. 1/B “Carta del rilievo del sistema idrografico – Confronto rilievi 2003-2015” (Dott. Geol. R. Lentini, Luglio 2015) sono indicati alcuni elementi del reticolo idrico non più rilevati nel 2015.

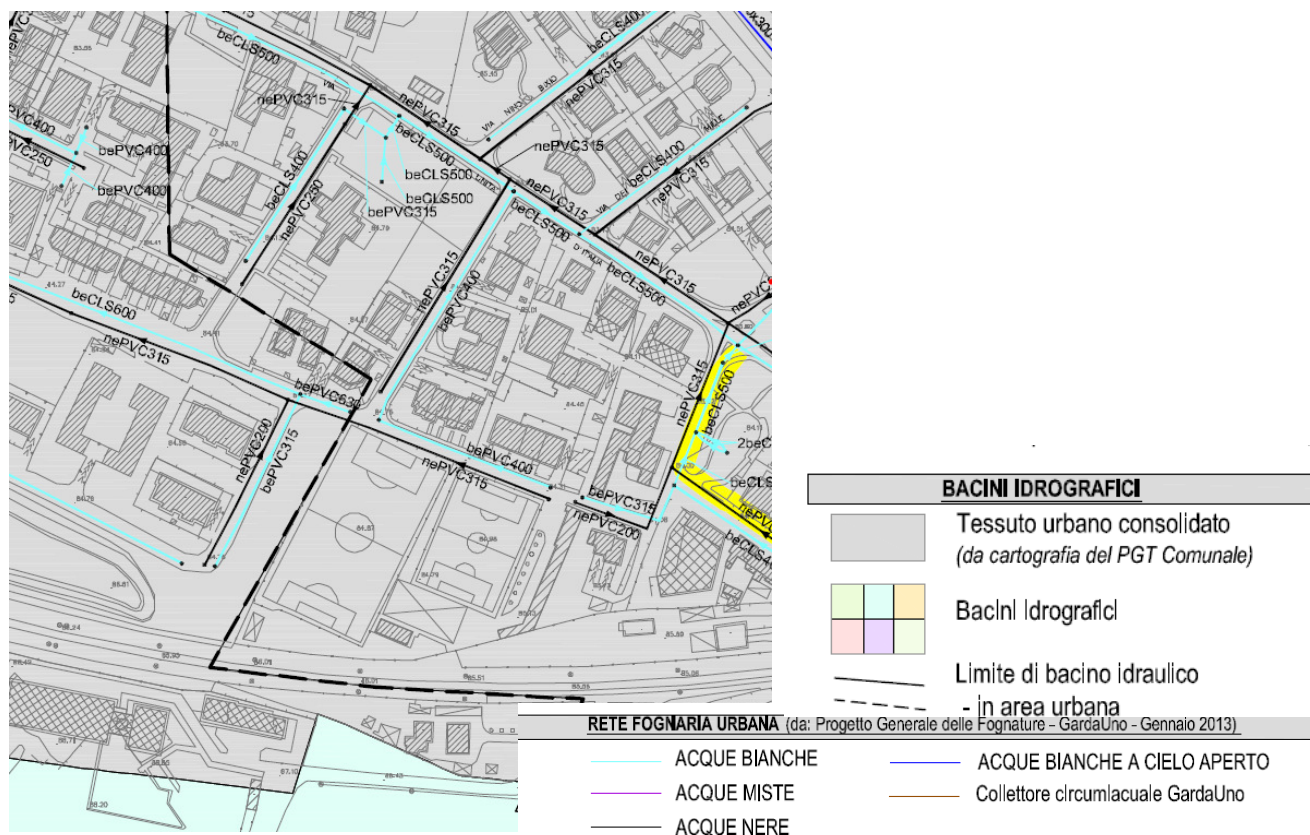


Estratto da Tav. 1/B “Carta del rilievo del sistema idrografico – Confronto rilievi 2003-2015” (Dott. Geol. R. Lentini, Luglio 2015)

Lungo la rete stradale o entro le proprietà sono infatti localmente presenti elementi oramai afferenti alla rete fognaria delle acque bianche, che probabilmente ripercorrono l'andamento di alcuni tratti dell'antica rete idrografica. La rete fognaria ha in ogni caso quale recapito finale i corsi d'acqua di competenza comunale (RIM)



Estratto da: Tav. 2/B "Carta del rilievo del Sistema Idrografico - Rilievi 2015" - Documento di Polizia Idraulica di competenza comunale - Elaborato Tecnico - Dott. Geol. R. Lentini - Luglio 2015



Per l'area di progetto non sono segnalate interferenze con gli elementi idrografici e/o problematiche idrauliche; lungo *Via Zeneroni* è presente la rete delle acque bianche con recapito verso il *Ganfo della Selvetta*.



2.5 Assetto Geomorfológico Locale - Stato dei luoghi

L'area in esame è posta entro un ambito a **morfologia** pressoché pianeggiante con quote rispetto al livello del mare che si attestano intorno agli 84/85 m s.l.m..

Le alture collinari più prossime sono quelle su cui sorge la torre storica e si collocano circa 1 km più a S, ad orientazione prevalente E-W e NNE-SSW, cui si interpongono settori pianeggianti intermorenici ad andamento talora tortuoso e di estensione variabile.

L'arretramento delle lingue glaciali secondo più fasi di stazionamento, può aver comportato la formazione di depressioni o di piane di contatto tra archi morenici adiacenti, cui si correlano rispettivamente condizioni di ristagno d'acqua ed individuazione di depressioni intermoreniche e laghi di fronte glaciale o erosione di vasti terrazzi pianeggianti delimitati da orli di scarpata di contatto glaciale o con formazione di estese piane di ritiro.

Con il passaggio verso le attuali condizioni climatiche i fenomeni geomorfici legati all'idrografia superficiale ed alla gravità si sostituirono a quelli glaciali, apportando modifiche al paesaggio. Si è così imposta gradualmente la rete idrografica diretta, limitatamente, verso il lago e più in generale verso il fronte esterno delle cerchie moreniche. In corrispondenza delle originarie piane intermoreniche fenomeni di impaludamento e di ristagno d'acqua possono determinare localmente la formazione di aree palustri e stagni.

Le numerose modifiche antropiche, legate alla realizzazione delle vie di comunicazione ed alla progressiva urbanizzazione dei luoghi, hanno infine portato il paesaggio all'attuale configurazione.

Il sito di progetto si inserisce in un contesto antropizzato in fregio ad infrastrutture stradali importanti; anche presso l'area di progetto l'azione antropica di modellamento della superficie topografica può avere portato ad una modifica dell'andamento topografico originario con accumulo di materiali di riporto.

L'area d'intervento non è in ogni caso interessata da fenomeni geomorfici in atto e risulta pertanto stabile.



2.6 Inquadramento Idrogeologico – Approfondimento relativo agli aspetti idrogeologici

La complessa **struttura idrogeologica** del territorio di Desenzano del Garda è rappresentata da acquiferi superficiali, cui corrispondono **falde freatiche** circolanti nei depositi di contatto glaciale e fluvioglaciali o glacio-lacustri di depressione intermorenica superficiali. La falda freatica è per lo più delimitata verso il basso dai depositi morenici che fungono da livello impermeabile o semipermeabile. Entro i depositi glaciali e di contatto glaciale si possono altresì rinvenire, a scarsa profondità dal p.c., **falde sospese** discontinue e di scarsa produttività e, più in profondità, **acquiferi multistrato semiartesiani**.

Falde freatiche o confinate/semiconfinite

Presso alcuni dei settori pianeggianti e/o depressi morfologicamente ovvero presso le piane costiere si hanno di norma falde freatiche o confinate/semiconfinite circolanti entro i depositi fluvioglaciali e di contatto glaciale o glaciolacustri di depressione intermorenica ovvero entro i depositi lacustri, di spessore variabile. Questo acquiferi possiedono per lo più scarsa produttività. L'alimentazione è legata agli apporti delle acque di diretta infiltrazione, di corsi d'acqua, delle acque raccolte dai versanti delle cerchie moreniche e/o provenienti dalle falde sospese circolanti nei depositi glaciali dei settori collinari.

Gli acquiferi presentano un andamento talora discontinuo, con bassa soggiacenza dal piano campagna. Il livello piezometrico subisce naturali oscillazioni stagionali in funzione della piovosità.

Nelle piane maggiormente estese e nella piana costiera l'acquifero freatico può presentare maggiore potenzialità, seppure localmente limitata dalla presenza di sequenze prevalentemente argilloso-limose. La soggiacenza risulta variabile, in relazione soprattutto allo spessore dei depositi.

Il deflusso sotterraneo di queste falde superficiali segue in generale un debole gradiente topografico in direzione degli elementi idrografici drenanti e nel caso specifico verso il Lago.

Falde sospese

Nei depositi glaciali e di contatto glaciale o glaciolacustri di depressione intermorenica sono presenti, in relazione alle condizioni morfologiche ed idrogeologiche locali, acquiferi discontinui e poco produttivi circolanti al tetto di livelli limoso-argillosi impermeabili, generalmente di bassa potenzialità, alimentati prevalentemente dalle precipitazioni. Tali falde possono dare origine, al piede delle colline moreniche, a manifestazioni sorgentizie di portata per lo più trascurabile.

Falde profonde: acquiferi multistrato semiartesiani

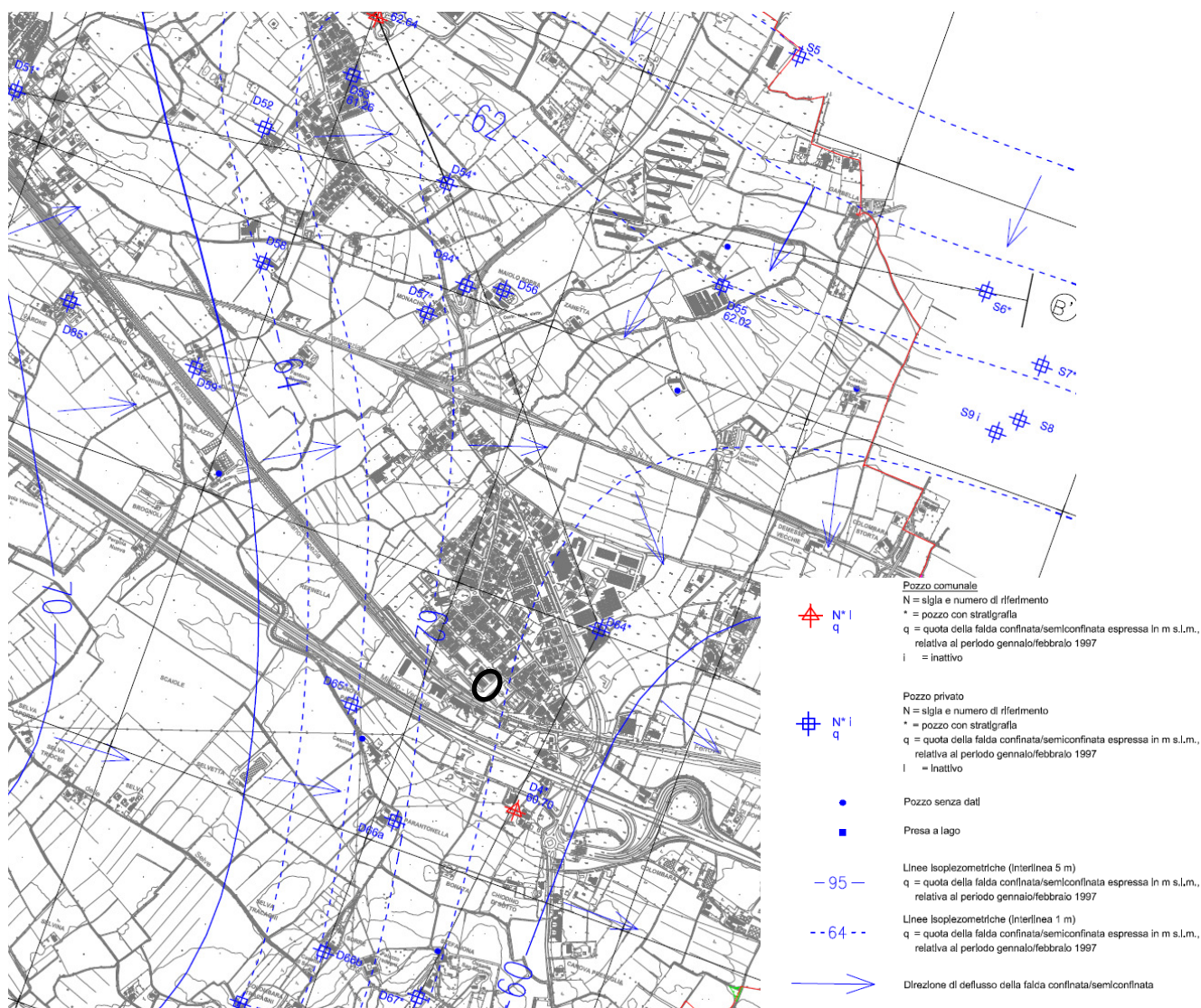
Entro i depositi morenici, a profondità differenti e di norma di alcune decine di m dal p.c., sono presenti **falde profonde confinate o semiconfinite** che rappresentano gli acquiferi più sviluppati e di maggiore produttività nell'area del Basso Garda. I sistemi acquiferi multistrato risultano separati tra loro da intervalli argilloso-limosi ripartitori (*aquitard*). Si tratta di falde, sfruttate dai pozzi profondi, normalmente dotate di un certo grado di artesianesimo, non direttamente influenzate dall'andamento delle precipitazioni e collegate ad alimentazioni distali e poste a profondità elevate e risultano avere un'alimentazione di tipo distale, non direttamente collegata alle precipitazioni meteoriche.

2.6.1 Idrogeologia locale

Nella piana in cui è inserito il sito in esame è stata rilevata in numerose indagini (vedi Cap. 4, a seguire) la presenza di falde sospese superficiali, per lo più discontinue lateralmente, alimentate dalle precipitazioni meteoriche che si raccolgono nei bacini idrografici presenti in aree di monte rispetto a quella in esame. Si tratta di acquiferi di norma di scarsa produttività con regime variabile in relazione all'andamento delle precipitazioni meteoriche circolante alla profondità di pochi m dal p.c. entro i depositi fluvioglaciali, di contatto glaciale e di morena di ritiro.

In periodi caratterizzati da piovosità eccezionalmente prolungata ed intensa (quali le stagioni autunno/inverno 2008-2009, 2009/2010 e 2010-2011) la produttività, e talora la continuità, di questi acquiferi si incrementa essendo fortemente correlata all'apporto delle acque meteoriche.

Il primo acquifero afferente alle **falde profonde** possiede un livello piezometrico che si stabilizza a circa -20 m dal p.c. (61-62 m s.l.m.) circolando a quote raffrontabili con il livello del Lago (vedi stralcio *Carta idrogeologica* allegata al PGT vigente, a seguire).



Estratto da Tav. SG T04 "Carta Idrogeologica" (Dott. Geol. R. Lentini, Rev. 01 Gennaio 2016)

3 SISMICITA'

In questo settore, che ricade nell'area gardesana 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 al., 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.**

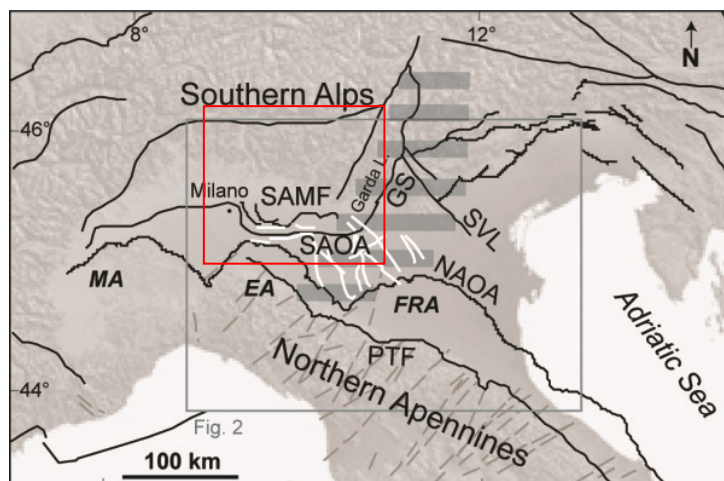


Figura 1 bis (tratta da *The Seismotectonics of the Po Plain (Northern Italy): Tectonic Diversity in a Blind Faulting Domain*- Paola Vannoli, Pierfrancesco Burrato, Gianluca Valensise): Mappa strutturale semplificata della Pianura Padana. Linee nere: principali elementi tettonici; linee bianche: faglie 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 pedeappenninico; 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.

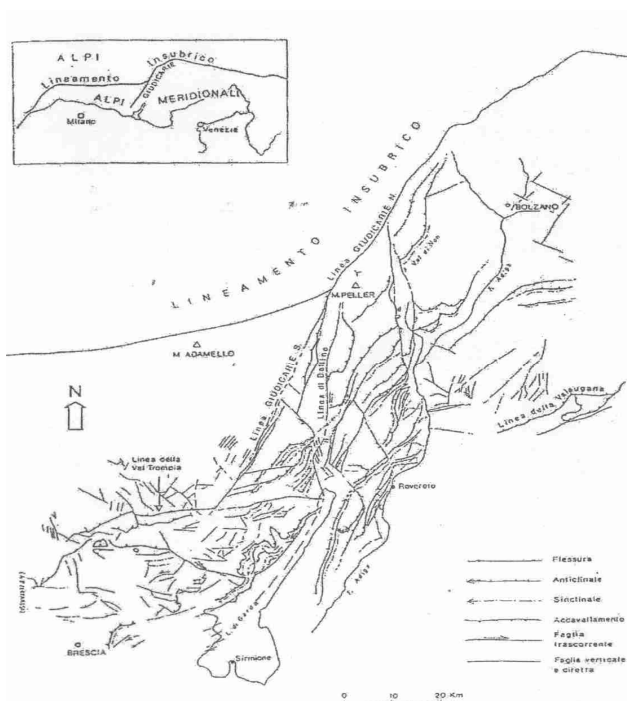


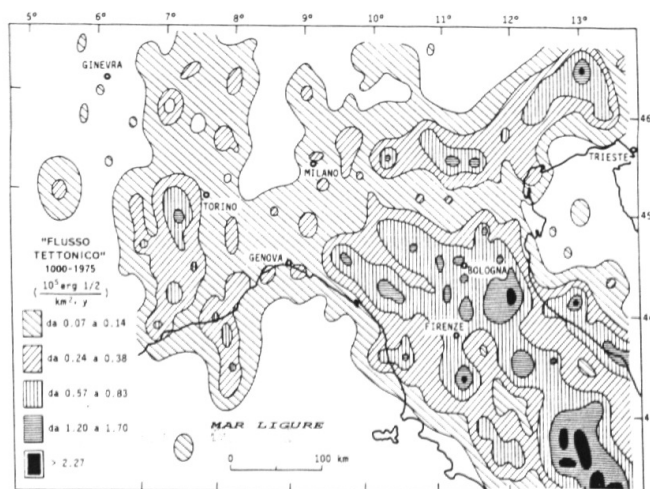
Figura 1 – “Strutture del Sistema delle Giudicarie e Val Trompia a S del Lineamento Insubrico” Schema semplificato da numerosi Autori in Castellarin (1981).

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 individuarne 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.



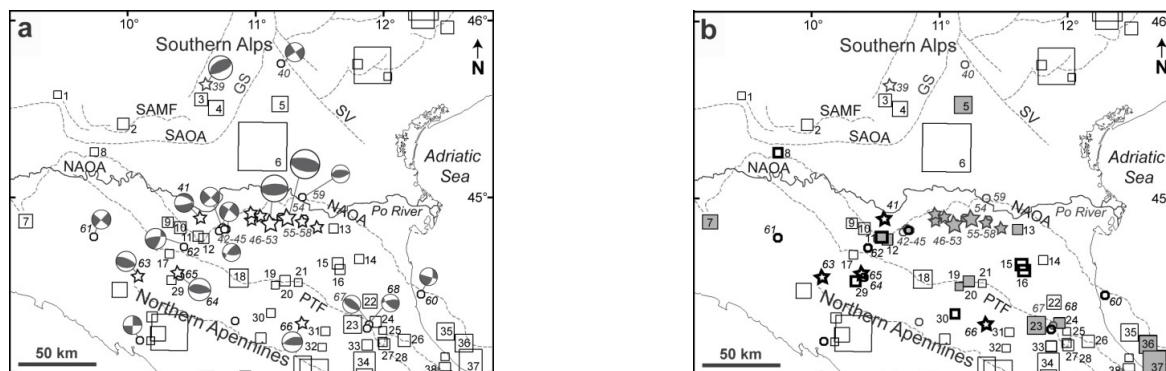


Figura 4 bis (tratta da *The Seismotectonics of the Po Plain (Northern Italy): Tectonic Diversity in a Blind Faulting Domain*- Paola Vannoli, Pierfrancesco Burrato, Gianluca Valensise): Terremoti storici e strumentali (CPTI11, Bollettino Sismico Italiano e ISIDE). I terremoti storici con $M \geq 5.3$ 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.

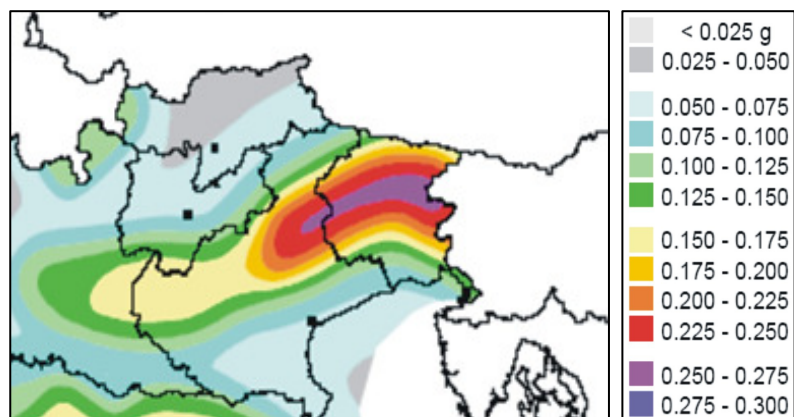


Figura 3 – Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (Ordinanza P.C.M. n° 3519 del 27/04/06).

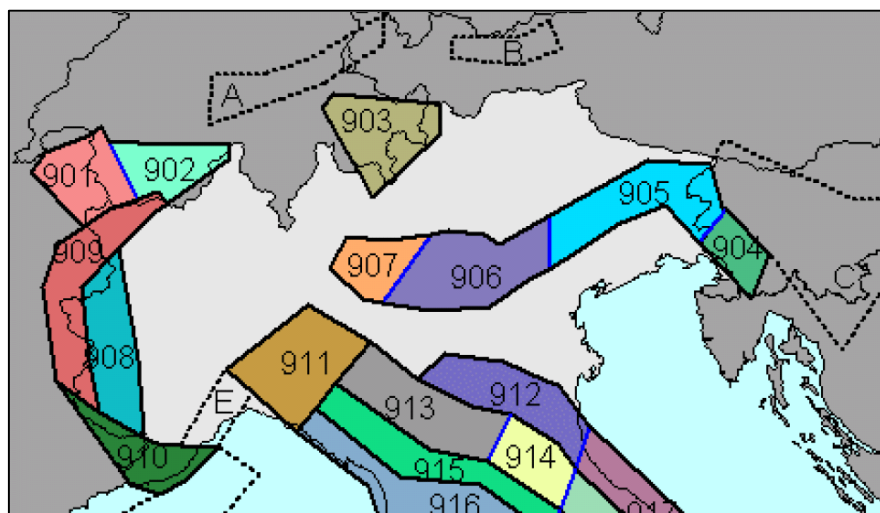


Figura 4 – Schema Zonazione Sismogentica ZS9 tratta da “App. 2 al Rapporto Conclusivo – Marzo 2004” a cura di C. Meletti e G. Valensise (Gruppo di lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica (OPCM 3274/2003 - INGV).

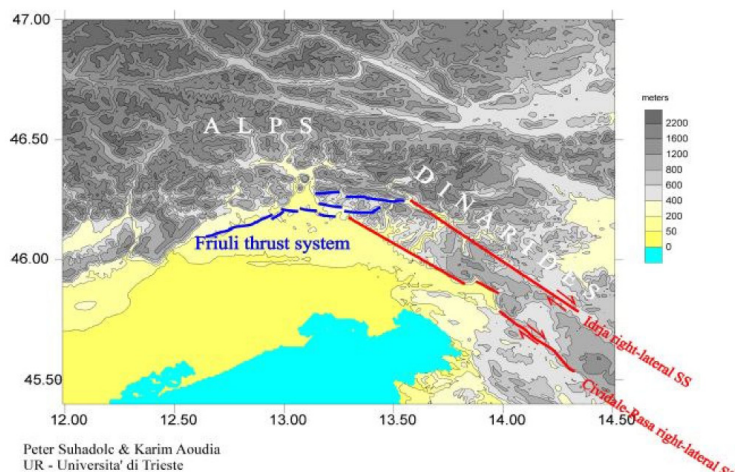
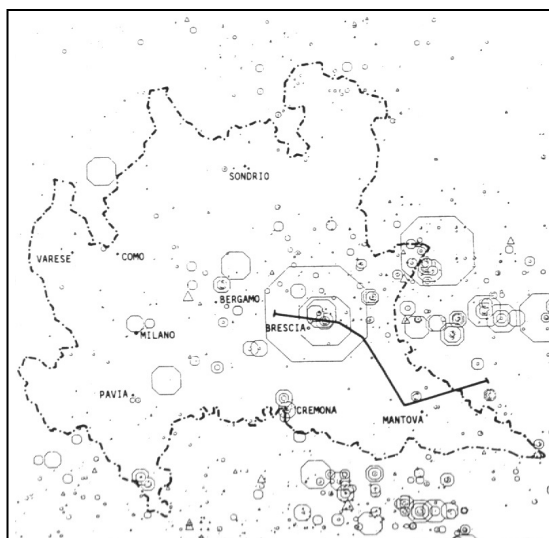


Figura 5 – Schema strutturale della giunzione Alpi-Dinaridi.

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 Desenzano del Garda**.

Msp: Magnitudo; ZS9: zona sorgente

N	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	AE	Lat	Lon	Msp	ZS9
5	-91						MODENA-REGGIO EMILIA	44.65	10.78	5.53	913
27	1065	3	27	6			BRESCIA	45.55	10.22	4.99	907
30	1117	1	3	13			VERONESE	45.33	11.2	6.49	906
43	1197						BRESCIA	45.55	10.22	4.8	907
47	1222	12	25	11			BASSO BRESCIANO	45.48	10.68	6.05	906
53	1249	9		16	30		MODENA	44.65	10.93	4.8	912
59	1276	7	28	18	30		ITALIA SETTENT.	45.08	9.55	4.91	911
74	1303	3	22	23			PIACENZA	45.052	9.693	4.25	911
89	1334	12	4				VERONA	45.43	11	4.25	906
90	1345	1	31				CASTELNUOVO	44.81	10.564	4.25	912
93	1346	2	22	11			FERRARA	44.92	11.02	5.75	912

N	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	AE	Lat	Lon	Msp	ZS9
107	1365	9	21	5	45		VERONA	45.43	11	4.25	906
113	1383	7	24	20			PARMA	45.058	9.915	4.25	911
121	1396	11	26				MONZA	45.58	9.27	5.27	907
125	1402						VERONA	45.438	10.994	4.53	906
126	1403	1	17				VERONA	45.8	11.6	4.53	906
130	1409	11	15	11	15		PARMA	44.8	10.33	4.53	913
132	1410	6	10	21			VERONA	45.47	11.8	4.37	
144	1438	6	11	20			PARMENSE	44.85	10.23	5.61	913
146	1445	3	21	13	30		VERONA	45.438	10.994	4.25	906
159	1465	4	6	21	30		VERONA	45.12	10.661	4.25	
160	1465	4	15	14	40		REGGIO EMILIA	44.7	10.63	4.8	913
165	1471						BRESCIA	45.544	10.214	4.25	907
171	1474	3	11	20	30		MODENA	44.647	10.925	4.61	912
181	1485	9	1				PADOVA	45.355	11.722	4.32	
185	1491	1	24	23	30		VERONA	45.42	11.43	5.27	906
219	1521	1	26	10	30		BRESCIANO	45.55	10.217	4.53	907
221	1522	10	5	8			CREMONA	45.136	10.024	4.25	
235	1540	9	1				BRESCIA	45.533	10.217	4.53	907
242	1547	2	10	13	20		REGGIO EMILIA	44.7	10.63	5.05	913
264	1572	6	4	22			PARMA	44.851	10.422	4.93	913
266	1574	3	17	3	40		FINALE EMILIA	44.833	11.294	4.92	912
271	1576	9	26	6			BERGAMO	45.667	9.667	4.53	907
281	1591	5	24				REGGIO EMILIA	44.697	10.631	4.53	913
284	1593	3	8				BERGAMO	45.694	9.67	4.8	907
302	1606	8	22				BERGAMO	45.694	9.67	4.8	907
304	1608	1	6				REGGIO EMILIA	44.697	10.631	4.53	913
333	1628	11	4	15	15		PARMA	44.801	10.329	4.99	913
346	1642	6	13	22			BERGAMO	45.694	9.67	4.8	907
362	1660						MODENA	44.647	10.925	4.25	912
365	1661	3	12				MONTECCHIO	45.73	10.07	4.99	907
374	1671	6	20				RUBIERA	44.709	10.814	5.23	912
383	1683	5	25				V. GIUDICARIE	46.024	10.864	4.76	
411	1693	7	6	9	15		GOITO	45.28	10.644	5.13	906
501	1732	2	27				PARMA	44.801	10.329	4.53	913
511	1738	11	5		30		PARMA	44.906	10.028	5.31	913
550	1756	2	25	21			ROSE'	45.75	11.75	4.25	906
583	1771	8	15				SARNICO	45.667	10	4.53	907
589	1774	3	4				PARMA	44.801	10.329	4.53	913
620	1781	9	10				CARAVAGGIO	45.497	9.644	4.8	907
631	1783	7	28				VAL DI LEDRO	45.878	10.808	4.8	906

N	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	AE	Lat	Lon	Msp	ZS9
647	1786	4	7				PIACENZA	45.298	9.595	5.18	911
686	1799	5	29	19			CASTENEDOLO	45.403	10.271	4.84	906
694	1802	5	12	9	30		VALLE DELL'OGGIO	45.42	9.85	5.54	907
703	1806	2	12				NOVELLARA	44.862	10.671	5.11	912
714	1810	5	1				MALCESINE	45.764	10.809	4.53	906
717	1810	12	25		45		NOVELLARA	44.898	10.712	5.15	912
730	1815	2	26	6			SCHIO	45.7	11.383	4.25	906
740	1818	12	9	18	52		LANGHIRANO	44.668	10.286	5.55	913
761	1826	6	24	12	15		SALO'	45.6	10.517	4.4	906
780	1829	9	6	19	30		CREMONA	45.136	10.024	4.8	
791	1831	9	11	18	15		REGGIANO	44.75	10.55	5.43	912
798	1832	3	13	3	30		REGGIANO	44.77	10.47	5.57	913
827	1839	8	9	8	45		BAGNOLO MELLA	45.5	10.167	4.53	907
840	1841	10	15	22			SANGUINETTO	45.167	11.11	4.53	
877	1851	8	3				GIUDICARIE	45.938	10.561	4.7	
906	1857	2	1				PARMENSE	44.749	10.48	5.12	913
950	1866	8	11	23			MONTE BALDO	45.727	10.783	4.99	906
956	1868	2	20	20			GARDA OR.	45.709	10.774	4.53	906
957	1868	5	22	21			ROVERETO	45.888	10.869	4.25	
984	1873	5	16	19	35		REGGIANO	44.612	10.701	4.93	913
1005	1876	4	29	10	49		MONTE BALDO	45.75	10.78	4.74	906
1021	1877	10	1	7	27		MALCESINE	45.764	10.809	4.8	906
1040	1879	2	14				GARGNANO	45.607	10.536	4.25	906
1076	1882	2	27	6	30		ROVETTA	45.878	9.926	4.7	907
1082	1882	9	18	19	25		MONTE BALDO	45.72	10.77	4.99	906
1099	1884	9	12				PONTOGLIO	45.57	9.856	4.53	907
1103	1885	2	26	20	48		SCANDIANO	45.208	10.169	5.06	
1124	1886	10	15	2	20		COLLECCHIO	44.75	10.306	4.53	913
1131	1887	5	20	4	12		OGGIONO	45.833	9.4	4.25	
1170	1891	6	7	1	6	14	VALLE D'ILLASI	45.57	11.17	5.61	906
1171	1891	6	15				PESCHIERA	45.43	10.767	4.53	906
1180	1891	12	22				SONDRIO	46.139	9.829	4.25	903
1181	1892	1	5				GARDA OCC.	45.591	10.482	4.7	906
1196	1892	8	9	7	58		TREGNAGO	45.567	11.167	4.99	906
1209	1894	2	9	12	48	5	TREGNAGO	45.567	11.15	4.99	906
1217	1894	11	27				FRANCIACORTA	45.568	10.192	4.69	907
1241	1895	10	12	1	45		M. ALTISSIMO NAGO	45.767	10.833	4.53	906
1262	1897	1	27	1	35		RECOARO	45.748	11.202	4.25	906
1305	1898	11	16				SALO'	45.636	10.458	4.25	906
1337	1901	1	20	6	30		POGGIO RUSCO	45	11.1	4.53	

N	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	AE	Lat	Lon	Msp	ZS9
1353	1901	10	30	14	49	58	SALO'	45.58	10.5	5.55	906
1455	1907	4	25	4	52		BOVOLONE	45.318	11.073	4.67	906
1474	1908	3	15	7	50		CRESPADORO	45.623	11.207	4.77	906
1482	1908	6	28	3	19	58	FINALE EMILIA SUD	44.8	11.3	4.53	912
1523	1910	1	23	1	50		PONTE DELL'OLIO	44.9	9.633	4.25	911
1590	1913	11	25	20	55		VAL DI TARO	44.597	10.279	4.55	913
1622	1915	10	10	23	10		REGGIO EMILIA	44.732	10.469	4.78	913
1664	1918	1	13	12			LODI	45.333	9.5	4.56	911
1672	1918	4	24	14	21		LECCHESI	45.778	9.631	4.86	907
1674	1918	7	19	19	3		SALO'	45.326	10.438	4.17	906
1696	1919	11	23	1	50		BRESCIANO	45.656	10.245	4.46	907
1739	1923	6	28	15	12		FORMIGINE	44.595	10.799	5.05	913
1808	1928	6	13	8			CARPI	44.797	10.872	4.54	912
1843	1930	9	24	19	10	55	SCANDIANO	44.6	10.6	4.53	913
1854	1931	4	14	22	13		GIUDICARIE	45.973	10.665	4.6	
1872	1932	2	19	12	57	11	MONTE BALDO	45.63	10.73	4.77	906
1889	1934	3	23	1	46	50	PISOGNE	45.8	10.1	4.25	907
1916	1936	6	22	3	44	55	CASTELNUOVO	45.5	10.767	4.53	906
1928	1937	6	7	22	2		PEJO	46.343	10.551	4.36	
1931	1937	9	17	12	19	5	PARMA OVEST	44.8	10.3	4.15	913
1960	1940	5	1	9	36	5	NOCETO	44.8	10.183	4.61	913
1981	1942	6	20	14	42		ARCO	45.916	10.882	4.09	906
2013	1947	12	25	20	42	34	GARDONE TROMPIA	45.7	10.2	4.46	907
2017	1948	7	17	19	34	3	BAZENA	45.9	10.4	4.69	907
2047	1950	5	6	3	43		REGGIANO	44.731	10.67	4.01	912
2054	1951	5	15	22	54		LODIGIANO	45.254	9.55	5.09	911
2144	1960	2	19	2	30		GIUDICARIE	45.806	10.625	4.53	906
2169	1961	11	23	1	12	5	CAPRINO BERGAMASCO	45.717	9.567	4.53	907
2230	1967	4	3	16	36	18	CORREGGIO	44.8	10.75	4.36	912
2231	1967	5	15	10	3	34	S. POLO	44.6	10.4	4.53	913
2255	1968	6	22	12	21	37	POSINA	45.8	11.3	4.53	906
2277	1970	4	19	18	16	32	GAVARDO	45.65	10.45	4.16	906
2278	1970	5	3	4	17	41	S. POLO	44.633	10.383	4.49	913
2303	1971	7	15	1	33	23	PARMENSE	44.82	10.35	5.59	913
2313	1972	6	25	17	10	49	CALESTANO	44.6	10.2	4.29	913
2351	1975	1	11	15	54		GARDA OR.	45.621	10.733	4.18	906
2357	1975	6	1	13	25	56	CIMA BRENTA	46.2	10.9	4.25	
2372	1976	12	13	5	24		RIVA DEL GARDA	45.894	10.799	4.6	906
2437	1983	11	9	16	29	52	PARMENSE	44.765	10.27	5.16	913
2455	1986	12	6	17	7	19	BONDENO	44.879	11.334	4.53	912

N	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	AE	Lat	Lon	Msp	ZS9
2456	1987	5	2	20	43	53	REGGIANO	44.797	10.697	4.98	912
2458	1987	5	24	10	23	25	GARDA	45.722	10.661	4.47	906
2470	1989	9	13	21	53	60	PASUBIO	45.87	11.172	4.88	906
2503	1995	10	29	13		28	BRESCIA-BERGAMO	45.709	9.927	4.39	907
2509	1996	10	15	9	55	60	CORREGGIO	44.782	10.683	5.26	912

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 ($M > 5$), 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 1491 ($M=5.27$) con epicentro a Verona, nel 1693 ($M=5.13$) con epicentro a Goito e nel 1891 ($M=5.61$) con epicentro in Valle d’Illasi.

Nel secolo scorso per l’area gardesana sono i terremoti con epicentro a Salò e Monte Baldo che hanno fatto segnare i valori di magnitudo più elevati (1901 $M=5.55$ e 1932 $M=4.77$) e più recentemente si segnalano i sismi del 1976 ($M=4.60$) e del 1987 ($M=4.47$) rispettivamente con epicentro a Riva del Garda e nell’area del Garda. Nel veronese si segnalano nel 1907 e nel 1908 i sismi di Bovolone e Crespadoro ($M=4.67$ e $M=4.77$) e nel 1989 di Pasubio ($M=4.88$).

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.

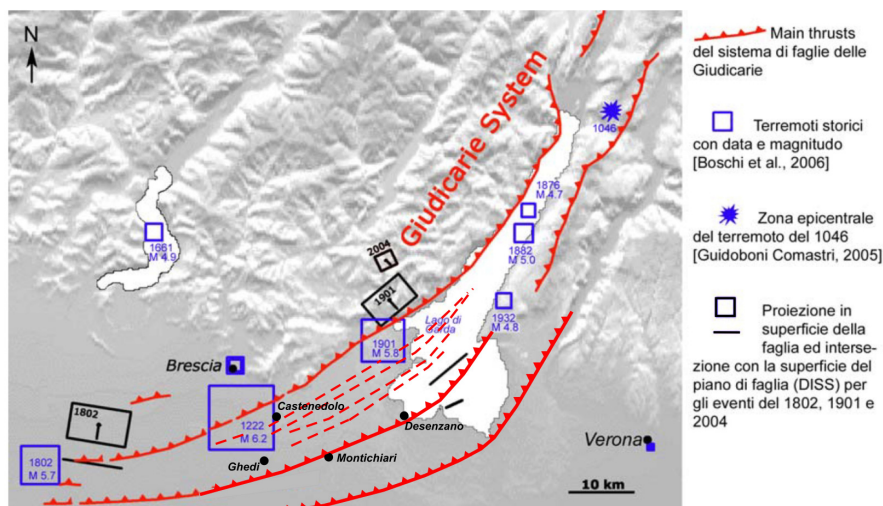


Figura 8: Schema sismotettonico dell'area Gardesana con proiezione dei principali sismi storici dell'area (modificato da "Progetto S3 - Scenari di scuotimento in aree di interesse prioritario e/o strategico - F. Pacor e M. Mucciarelli - Luglio 2007)

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)

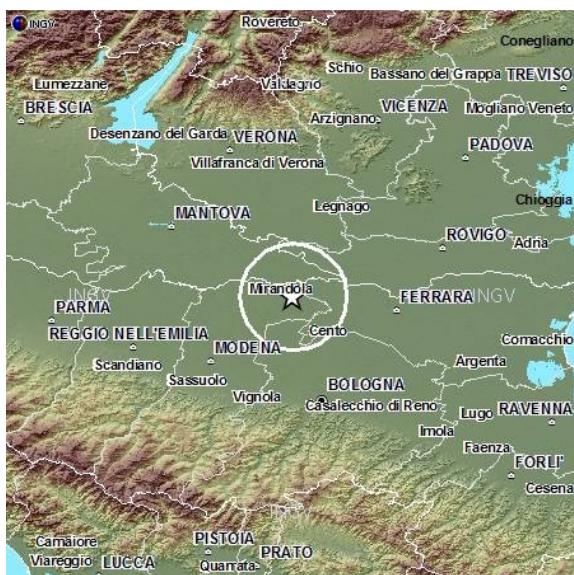


Figura 13: Area epicentrale del sisma del 20/05/2012 ore 15:18 (M= 5.1)

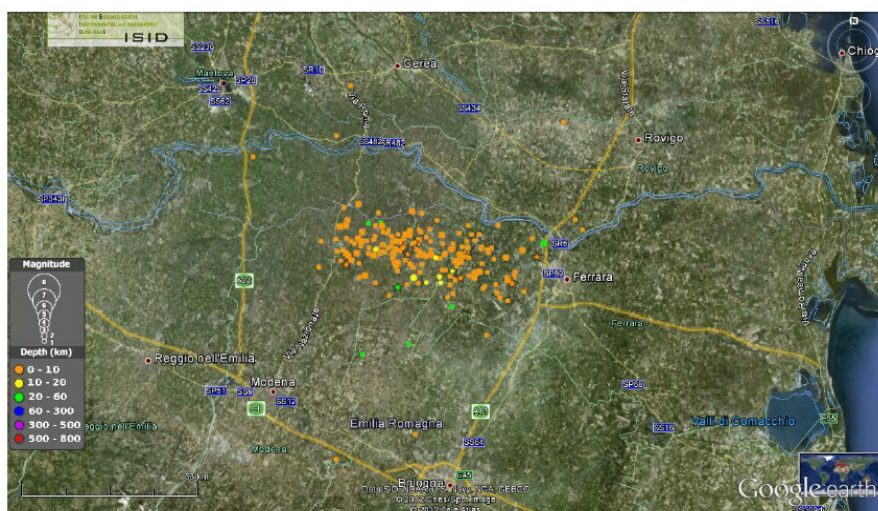


Figura 14: Mappa epicentrale aggiornata alle 19 del 21 Maggio 2012. Le stelle indicano i terremoti di magnitudo maggiore di 4. L'intera struttura delineata dalle repliche si estende per quasi 40 km in senso Est-Ovest tra la bassa modenese e la periferia Ovest di Ferrara (fonte: *Istituto Nazionale di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

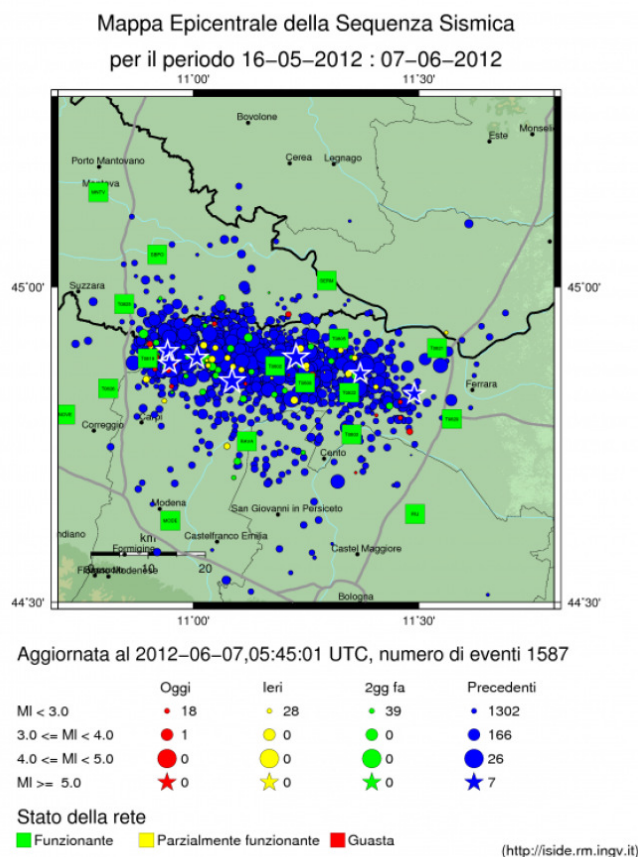
La distribuzione degli epicentri mostra chiaramente che tutte le scosse siano riferibili ad un'articolata e complessa struttura tettonica compressiva a direzione circa E-W appartenente alla porzione frontale, sepolta, dell'Appennino settentrionale (arco sepolto ferrarese).

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 $M > 5$.

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.

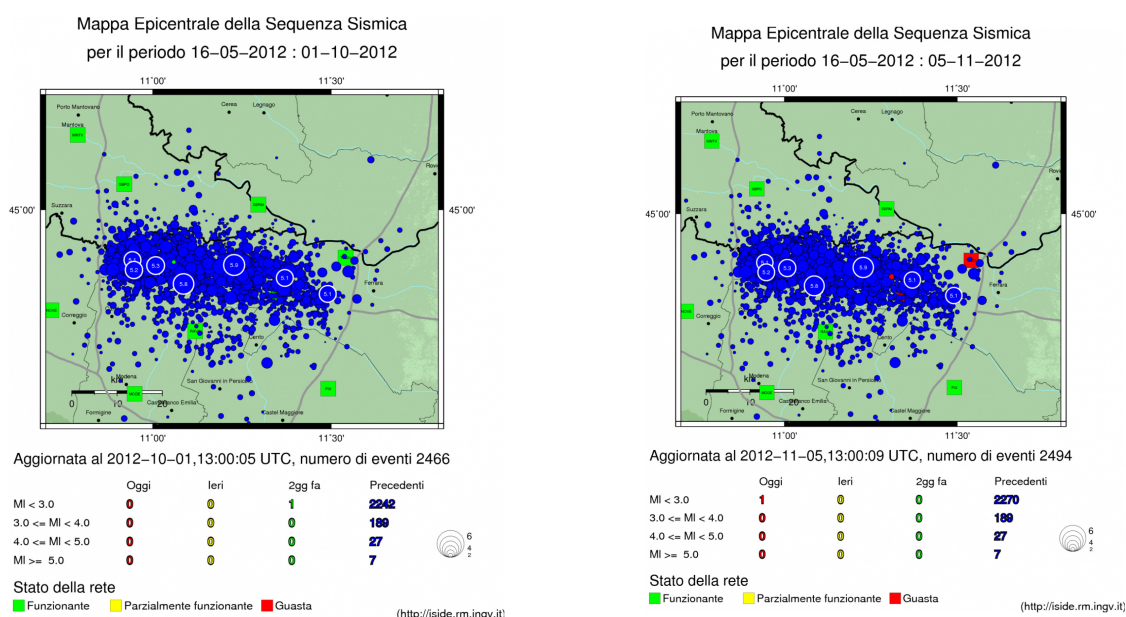


Figura 16 – (fonte: Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia – Comunicato del 01/10/2012 e Comunicato del 05/11/2012).

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).

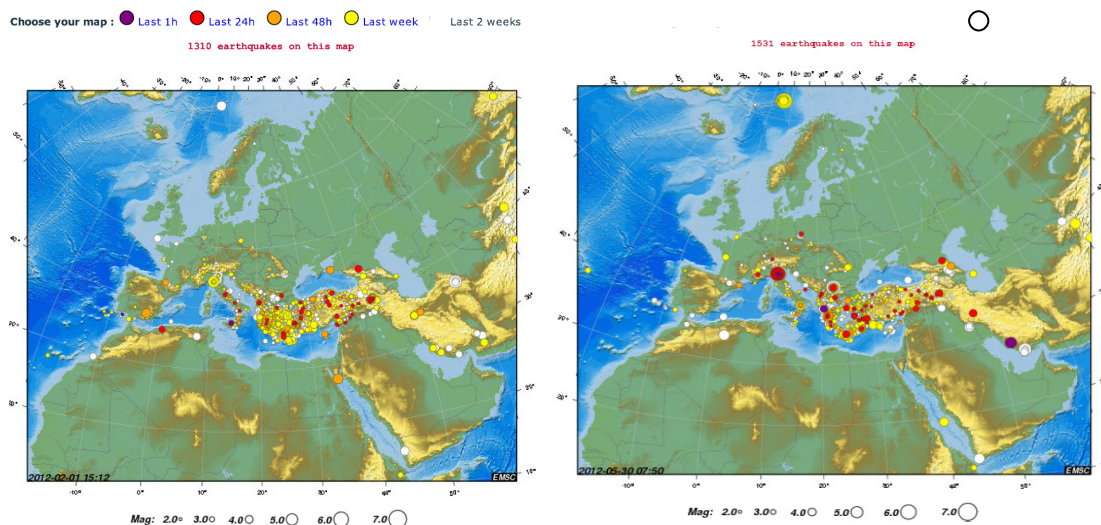


Figura 17 – Mappe dei sismi del 1 Febbraio e del 30 Maggio 2012 (European Mediterranean Seismological Centre).

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.

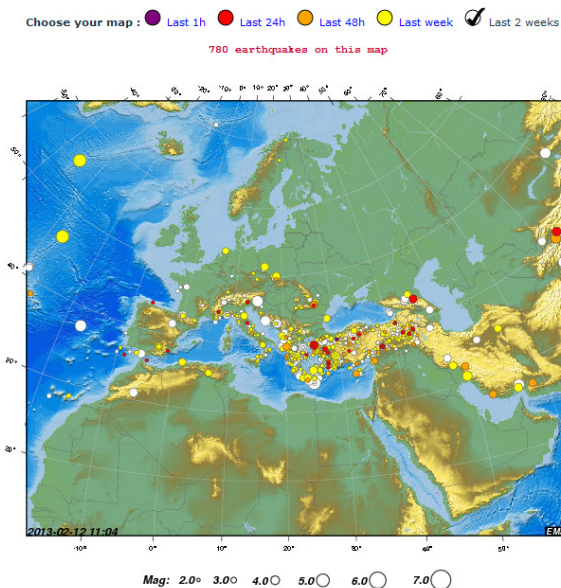


Figura 18 – Mappe dei sismi del 12 Febbraio 2013 (European Mediterranean Seismological Centre).

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 Valensise, Luglio 2014).

3.2 Sismicità recente

L'area bresciana/gardesana è stata interessata negli **ultimi anni** da numerosi eventi sismici di **Magnitudo $M > 2$** , con aree epicentrali tra le provincie di Brescia, Trento e Verona.

Una recente serie di sismi sono avvenuti tra i comuni di Tignale e Gargnano nella mattinata del 03 Settembre 2017, di Magnitudo compresa tra 2.2 e 3.4, nel medesimo distretto sismico della *Zona Lago di Garda*, e localizzati a circa 3-5 km di profondità (Fig. 19a-b).

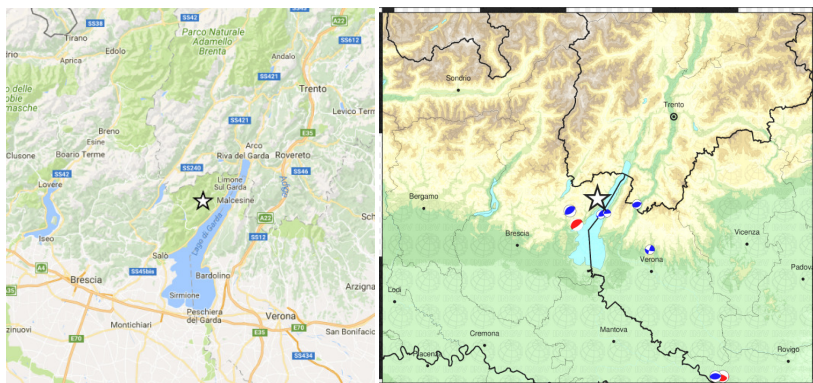


Figura 19a: Area epicentrale del sisma del 03/09/2017 ore 11:15 ($M=3.4$) e ore 11:18 ($M=2.3$) - Meccanismo Focale

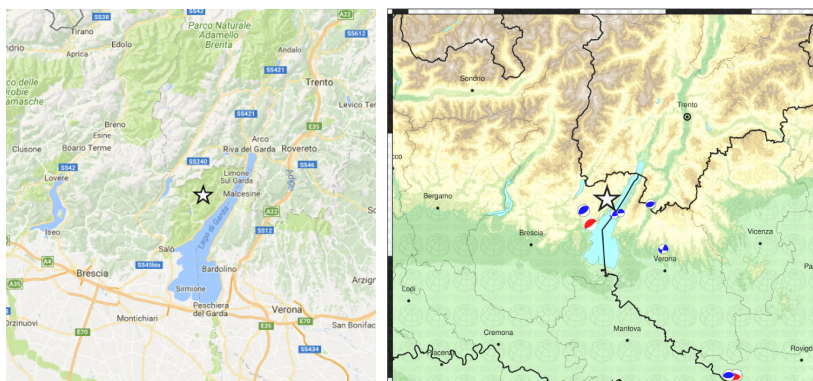


Figura 19b: Area epicentrale del sisma del 03/09/2017 ore 11:22 ($M=2.2$) - Meccanismo Focale

Un terremoto di **Magnitudo 2.5** è avvenuto, nel medesimo distretto sismico della *Zona Lago di Garda* il giorno **23 Luglio 2017**, localizzato a circa 2 km SW di Vallio Terme (BS) a circa 4 km di profondità (Fig. 19c).

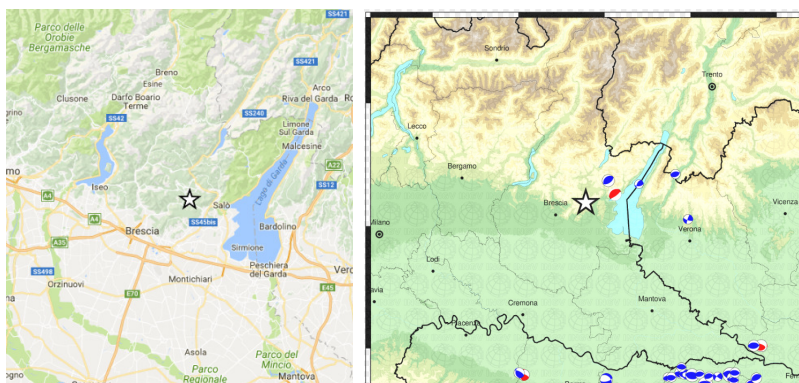


Figura 19c: Area epicentrale del sisma del 23/07/2017 ore 20:07 ($M=2.5$) - Meccanismo Focale

Si segnalano inoltre nel distretto sismico *Zona Lago di Garda* due **sismi entrambi di Magnitudo 3.6** avvenuti il giorno **21 Luglio 2017** e il giorno **04 Giugno 2017** e localizzati rispettivamente a circa 4 km e 10 km di profondità entro il bacino lacustre a circa 4-7 Km dai comuni di Gargnano (BS), San Zeno di Montagna (VR), Torri del Benaco (VR) e Toscolano-Maderno (BS).

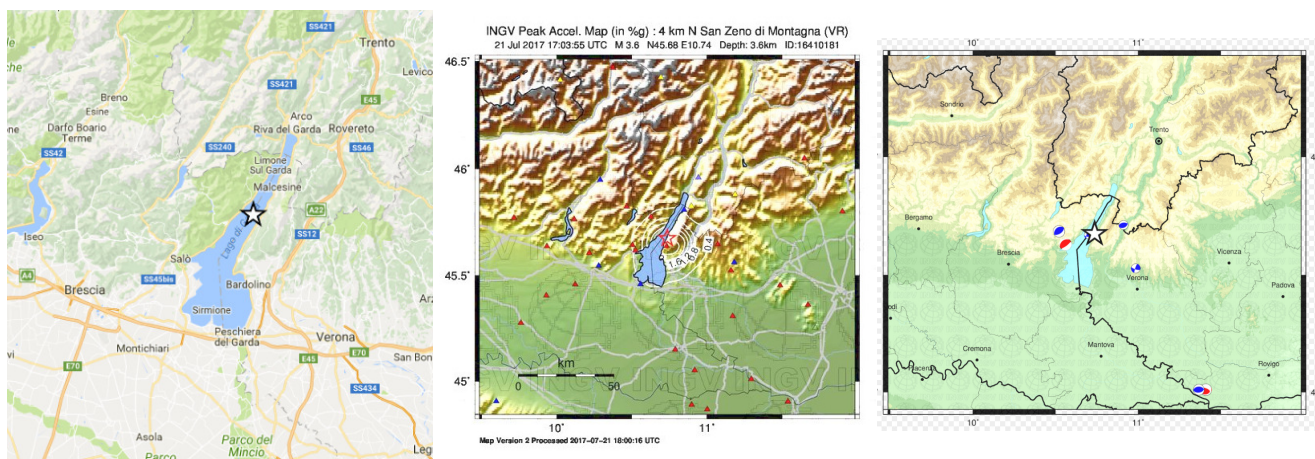


Figura 19d: Area epicentrale del sisma del 21/07/2017 ore 19:03 ($M = 3.6$) - Mappa di scuotimento – Meccanismo Focale

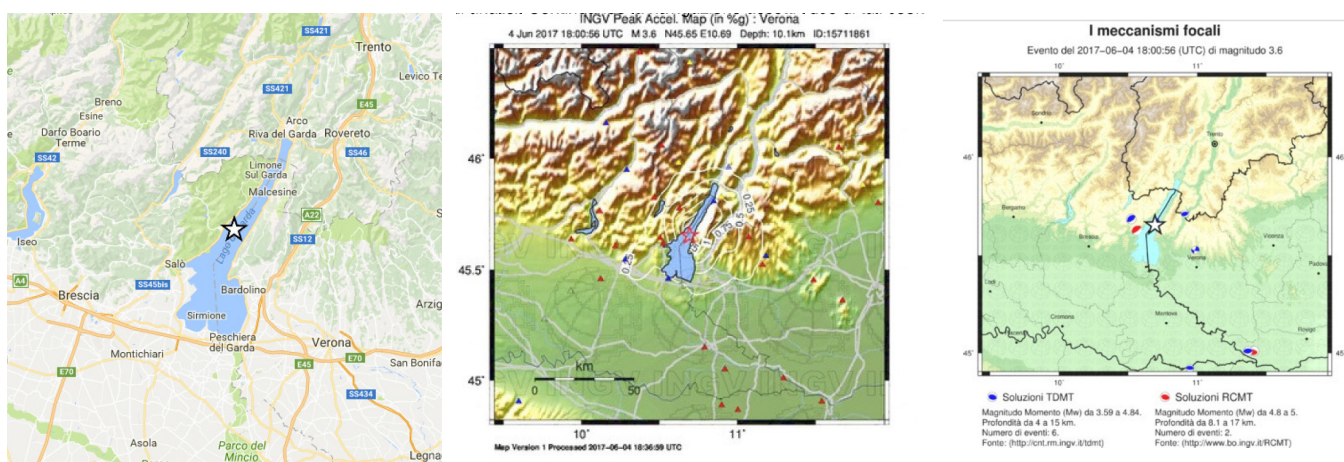


Figura 19e: Area epicentrale del sisma del 04/06/2017 ore 20:00 ($M = 3.6$) - Mappa di scuotimento – Meccanismo Focale

Sismi di Magnitudo 2.5 (Fig. 19f) e **3.00** (Fig. 19g) sono avvenuti, nel medesimo distretto sismico della *Zona Lago di Garda* il giorno **15 Aprile 2016**, localizzato in Rovereto/Brentonico (TN) a circa 4-6 km di profondità e pochi chilometri di distanza dalle coste di **Riva del Garda** (circa 15 km), ed il giorno **03 Febbraio 2016**, a circa 13 km di profondità e pochi chilometri di distanza dalle coste di **Tremosine/Limone** (Fig. 19g); è seguito nella stessa area e nella medesima giornata del 03 Febbraio 2016 (h. 23.59) un ulteriore evento sismico di magnitudo 2.0 registrato a circa 14 km di profondità.

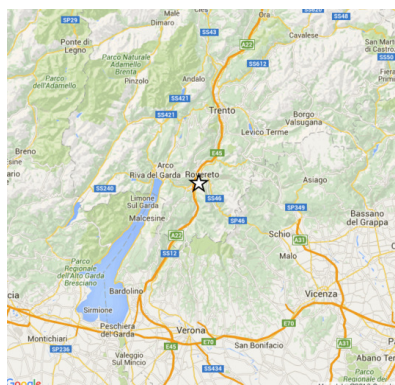


Figura 19f: Area epicentrale del sisma del 15/04/2016 ore 05:18 (M= 2.5)

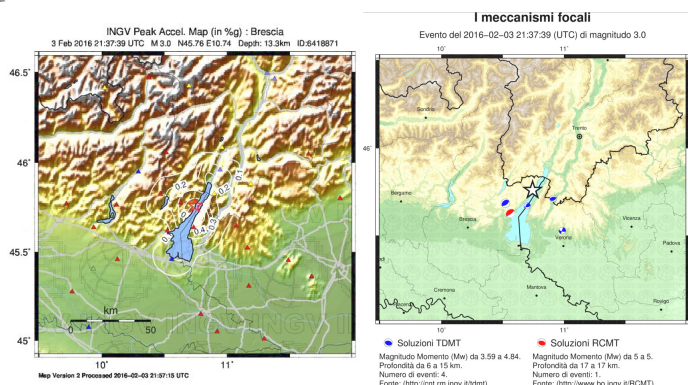
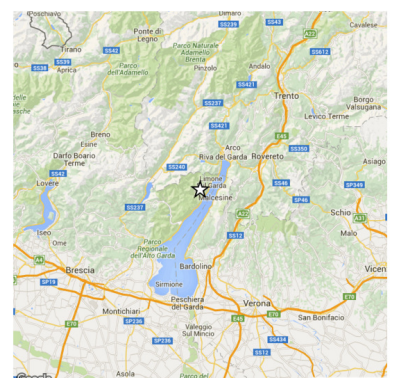


Figura 19g: Area epicentrale del sisma del 03/02/2016 ore 22:37 (M= 3.0) - Mappa di scuotimento – Meccanismo Focale

In provincia di Brescia è stato registrato in Dicembre 2015 un sisma di **Magnitudo 2.9** con area epicentrale in **Sarezzo/Villa Carcina (Val Trompia)** ed a circa 3 km di profondità (Fig. 20).



Figura 20: Area epicentrale del sisma del 15/12/2015 ore 01:15 (M= 2.9) (fonte INGV)

Per l'interpretazione strutturale e sismotettonica dei sismi sopradescritti si rimanda al paragrafo precedente (§3.1) ed in particolare allo schema sismotettonico dell'area Gardesana e Bresciana (Fig. 8).

3.3 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 e che di regola è unitario, salvo che per “terreni particolarmente compressibili” per i quali si consiglia di incrementare ϵ fino a 1.3.

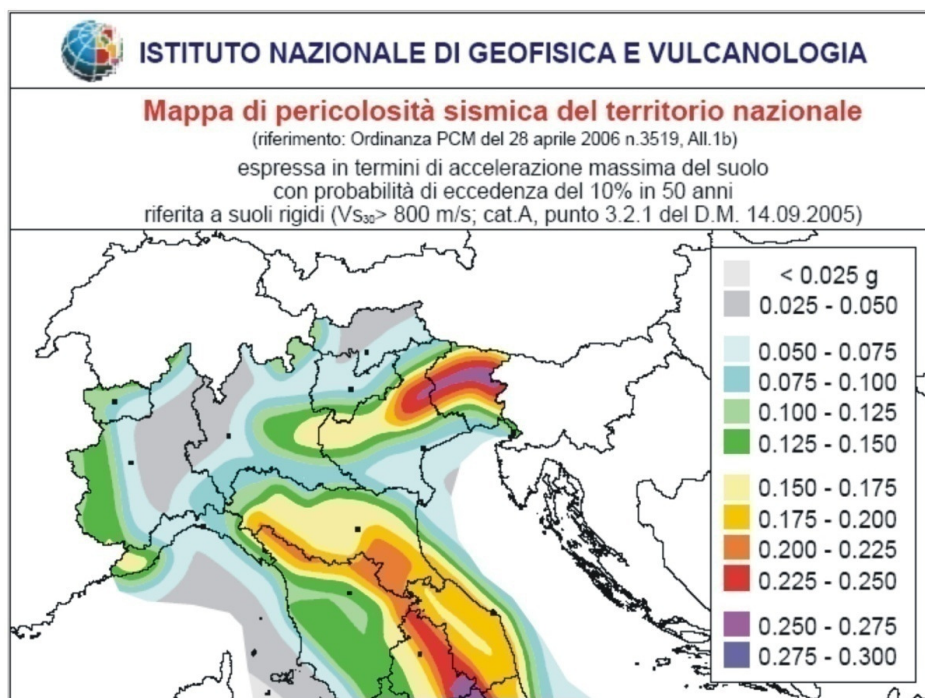
L’Ordinanza PCM n° 3274 del 20/03/03 e Norme Tecniche allegate, che inserisce il territorio di **Desenzano del Garda in zona sismica 3**, fa riferimento a metodologie più recenti in cui il moto sismico è caratterizzato anche in relazione alle condizioni locali. In tale direzione si è già mosso l’Eurocodice 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 P.C.M. 3519 del 28/04/06** fornisce una revisione dei valori di a_g sul territorio nazionale ed inserisce il territorio di **Desenzano Garda in zona sismica 2**, ed in particolare nella sottozona caratterizzata da valori di a_g compresi tra 0.150 e 0.175 (accelerazione massima al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni)



Nell'ambito della revisione 2008 delle 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.

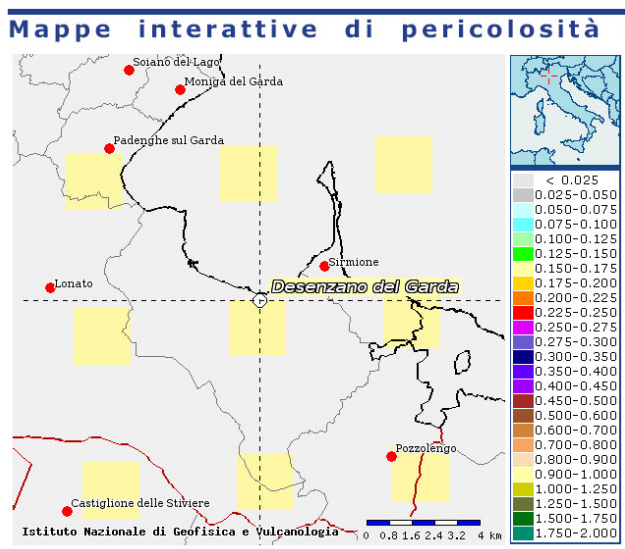
La Regione Lombardia ha stabilito nella D.G.R. n° 9/2616 del 30/11/2011 (punto 1.4.3) che ***“la suddivisione del territorio in zone sismiche (ai sensi dell’OPCM 3274/03) individua unicamente l’ambito di applicazione dei vari livelli di approfondimento in fase pianificatoria”*** e specifica altresì che ***“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, la cui applicazione è confermata al §3.2 delle NTC 2018, 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).

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. 10 ottobre 2014 - n. X/2489, è entrato in vigore il 10 Aprile 2016.

La nuova D.G.R. ha pertanto confermato per il **Comune di Desenzano d/G (BS)** la **zona sismica 2** con valore di a_{gmax} **0,161477** 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:



Già con l'entrata in vigore del Testo Unico 2008, 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; tale obbligo risulta reiterato dal nuovo Testo Unico 2018 (D.M. 17/01/2018).

Le NTC 2018 non ammettono in nessun caso metodi di calcolo previsti dalle normative precedenti alle NTC 2008 (Verifiche alle Tensioni Ammissibili secondo il D.M. 14/02/92, il D.M. 20/11/87 ed il D.M. 11/03/88).

La recente L.R. 33 del 12/10/2015 definisce le “*Disposizioni in materia di opere o di costruzioni e relativa vigilanza in zone sismiche*” e di fatto trasferisce ai comuni, singoli o associati, numerose funzioni prima assegnate alla Regione (di cui agli art. 61, 90 comma 2, 93 comma 1, 94 comma 1, 96, 97, 99, 100 e 104 del D.P.R. 380/2001) ed in particolare inerenti “*Norme per le costruzioni in zone sismiche*” e “*Vigilanza sulle costruzioni in zone sismiche*”; essa è definitivamente entrata in vigore con la pubblicazione della D.G.R. 10/5001 del 30/03/2016 “*Approvazione delle Linee di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai Comuni in materia sismica (artt.3, comma 1 e 13, comma 1, della l.r. 33/2015)*”, sul B.U. di Regione Lombardia del 07 Aprile 2016.

Ciò comporta, tra l'altro, specifiche prescrizioni nella redazione degli elaborati tecnici a corredo dei progetti e, in zona sismica 2, l'obbligo di acquisire l'Autorizzazione Sismica di cui all'Art.8 comma 1 della L.R. 33/2015, da rilasciare a carico dei Comuni entro 60 gg dalla data di protocollo (fatto salvo il ricorso da parte del Comune al parere regionale).

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

4 CAMPAGNA DI INDAGINE GEOGNOSTICA E RACCOLTA DATI– Approfondimento sulle caratteristiche Geotecniche-Geofisiche e Idrogeologiche dei Terreni

Vengono di seguito esposte le metodologie ed i risultati della campagna d'indagine eseguita il giorno 11 Luglio 2018 e finalizzata alla definizione dei seguenti punti:

- ricostruzione stratigrafica e sismostratigrafica dei terreni presenti;
- caratterizzazione geotecnica e geofisica dei terreni di fondazione;
- verifica della presenza di eventuali falde acquifere superficiali ed eventuale misura della soggiacenza.

Per le finalità sopraindicate sono stati inoltre raccolti numerosi dati geognostici e geofisici, derivanti da indagini eseguite dalla scrivente in siti prossimi a quello d'interesse e/o ubicati in contesti omologhi (per ubicazione vd. “*Corografia con ubicazione pozzi e precedenti indagini*” in allegato).

Tutte le indagini raccolte sono state eseguite secondo le *Prescrizioni e gli oneri contenuti nelle Raccomandazioni A.G.I. (1977)* ed alla presenza costante del geologo.

La campagna d'indagine può essere considerata idonea ad ottemperare a quanto richiesto dal contesto geologico come descritto nei precedenti capitoli di inquadramento (Cap. 2) con riferimento alla caratterizzazione geotecnica dei terreni ed all'assetto idrogeologico ed in ogni caso per la Classe di Fattibilità 2a e 2e, cui si correlano modeste limitazioni d'uso ascrivibili alla vulnerabilità della prima falda ed alla presenza di terreni a caratteristiche geotecniche da discrete a buone in condizioni di media acclività.

E' stato previsto l'utilizzo di dati geofisici acquisiti nel 2011 presso un'area limitrofa al sito in esame ed entro un contesto omologo e correlabile (vedi “*Carta Geologica con elementi geomorfologici e del Reticolo Idrografico*”, in allegato) in funzione degli scenari di possibile amplificazione litologica (PSL Z4) e dell'applicazione delle normative vigenti (D.M. 17/01/2018) peraltro in presenza di obbligo di approfondimento sismico (Fa di sito > Fa di soglia comunale).

4.1 Prove Penetrometriche CPT - Piezometri

Presso il sito di progetto sono state eseguite **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. Entro i fori di prova sono stati posti in opera piezometri da 1/2”.

4.1.1 Metodologia ed Acquisizione dati

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 ($v = 2 \text{ cm/s}$) 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).

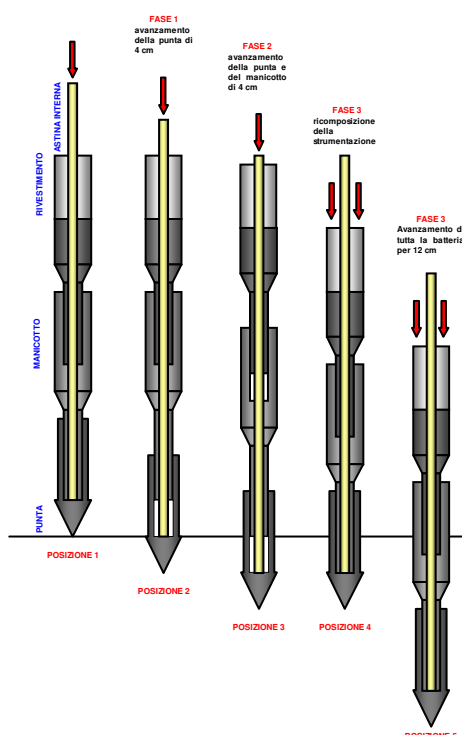
$$(Resistenza \text{ alla Punta } q_c \text{ (kg/cm}^2\text{)} = L \text{ punta}/10)$$

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.

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

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**.

$$(Resistenza \text{ Totale } = R_t \text{ (kg)} = L \text{ totale})$$



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.

4.1.2 Interpretazione dati

Le prove P1 e P2 sono eseguite presso l'area di progetto e sono state spinte fino ad una profondità massima di -6,40/-12,00 m dal p.c.; l'andamento delle prove è riferito al p.c. attuale ed è riassunto nei diagrammi e nelle tabelle allegati.

Schematicamente, in relazione ai risultati delle indagini possono essere distinte le seguenti unità:

UNITA' VEG/RIM – Coltre vegetale/rimaneggiata da 0,00 m a -0,40 m dal p.c.

Lungo le verticali d'indagine viene evidenziata la presenza di una limitata coltre vegetale/rimaneggiata presumibilmente argilloso-limosa con possibile frazione sabbioso-ghiaiosa.

UNITA' CG – Depositi di Contatto Glaciale (Depositi di piana di ritiro) da -0,40 m ad almeno -12,00 m dal p.c.

Questa unità nel complesso appare correlabile a **depositi di contatto glaciale fini** (presenza di livelli riferibili a morena di fondo/ritiro o ad episodi glaciolacustri) e può essere così suddivisa:

Al di sotto del terreno rimaneggiato sono state riscontrate le seguenti unità geotecniche:

- **CG/A da -0,40 m fino a -7,00 m dal p.c.:** limi argillosi/con argilla debolmente sabbiosi talora con rara ghiaia, di colore beige con screziature di colore marrone chiaro con screziature ocre, da mediamente consistenti a consistenti ($Cu \rightarrow 0,9-1,6 \text{ kg/cm}^2$) per lo più da asciutti a debolmente umidi. Sono altresì presenti intercalazioni sabbioso-limose, limose e ghiaioso-sabbiose, sature.
- **CG/B da -7,00 m ad almeno -12,00 m dal p.c.:** argilla limosa e limi argillosi con rari clasti di ghiaia da scarsamente a mediamente consistenti, di colore grigio ($Cu \rightarrow 0,6-0,8 \text{ kg/cm}^2$), umidi ed a tratti molto umidi in corrispondenza di livelli più francamente ghiaioso-sabbiosi o limoso-sabbioso-argillosi.

4.2 Piezometri – Condizioni di Circolazione d'Acqua

Durante l'esecuzione delle prove penetrometriche è stata evidenziata la presenza di **umidità lungo le aste di prova a partire da circa -3,00 (P1)/-3,50 (P2) m dal p.c.**; entro tutte le prove sono stati posti in opera dei **piezometri in PVC del diametro di 1/2"**, seppure superficiali (3 m).

E' stata misurata una **soggiacenza pari a circa -2,76 m (P1)/-3,20 m (P2)**. Le misure eseguite a livelli idrici stabilizzati testimoniano, in accordo con il quadro idrogeologico ricostruito per l'area d'interesse (vedi §2.6), la **presenza di possibili falde superficiale di tipo semiconfinato circolante entro l'unità di contatto glaciale in corrispondenza di livelli limoso-sabbiosi maggiormente permeabili sostenuti alla base da livelli argilloso-limosi scarsamente permeabili**.

4.3 ALTRI DATI

4.3.1 Indagine geognostica Aprile/Luglio 2011

Poche decine di metri a N dell'area di progetto è stato eseguita nell'Aprile 2011 un'indagine che mediante **n. 2 prove penetrometriche dinamiche standard**, mediante penetrometro DPHS "Pagani" TG 63/200, con avanzamento alterno delle aste e dei rivestimenti. L'andamento delle prove, riferito al p.c. attuale, è riassunto nei diagrammi allegati.

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:

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

Nel caso specifico è stato adottato un coefficiente **C=0,5**.

Le prove sono state spinte ad una profondità massima di -9,90 m rispetto al p.c. attuale; esse risultano in ogni caso correlabili tra loro e con il sondaggio, nonché con altre prove eseguite in aree prossime a quella in oggetto e/o in contesti omologhi e sufficientemente rappresentative dei materiali di riporto e dei terreni naturali presenti entro i primi 5/6 m dal p.c. attuale.

Oltre tale profondità l'andamento della prova risulta poco significativo in quanto la presenza di terreni con frazione argillosa, lungo tutta la verticale di prove, comporta fenomeni di coesione-adesione sulle aste, non protette dai rivestimenti (per i quali è stato riscontrato il rifiuto alla penetrazione a circa -3,00/-4,00 m dal p.c.).

4.3.2 Indagine geognostica Settembre 2010

Poco a E-NE dell'area di progetto è stato eseguita nel Settembre 2010 un'indagine che ha previsto sondaggi a carotaggio continuo e prove penetrometriche dinamiche standard.

E' stato eseguito **n. 1 sondaggio a carotaggio continuo** mediante perforatrice idraulica montata su cingolato (mod. Beretta T51), e tecnica di avanzamento con carotiere semplice (diametro 101 mm) e di tubi di rivestimento (diametro 127 mm). Il sondaggio è stato eseguito a partire dal p.c. esistente ed è stato approfondito fino a -20 m, con recupero del 100% dei materiali attraversati. In avanzamento con la perforazione, a differenti quote, sono state eseguite complessivamente **n. 7 prove S.P.T.** con maglio a sganciamento automatico. Sulle carote di terreno, laddove possibile sono state eseguite misure speditive mediante *Pocket Penetrometer* e *Vane test*.

Sono state eseguite **n. 5 prove penetrometriche dinamiche standard**, mediante penetrometro DPHS "Pagani" TG 63/200, con avanzamento alterno delle aste e dei rivestimenti. L'andamento delle prove, riferito al p.c. attuale, è riassunto nei diagrammi allegati.

Le prove sono state spinte ad una profondità massima di -11,60 m rispetto al p.c. attuale; esse risultano in ogni caso correlabili tra loro e con il sondaggio, nonché con altre prove eseguite in aree prossime a quella in oggetto e/o in contesti omologhi e sufficientemente rappresentative dei materiali di riporto e dei terreni naturali presenti entro i primi 6/7 m dal p.c. attuale. Oltre tale profondità l'andamento della prova risulta poco significativo in quanto la presenza di terreni con frazione argillosa, lungo tutta la verticale di prove, comporta fenomeni di coesione-adesione sulle aste, non protette dai rivestimenti (per i quali è stato riscontrato il rifiuto alla penetrazione a circa -3,00/-4,00 m dal p.c.).

4.3.3 Indagini geognostiche con prove penetrometriche statiche

In siti prossimi a quello d'interesse, e comunque ubicati nel medesimo contesto (piana di ritiro di Rivoltella-San Martino d/B-Sirmione), sono state eseguite dalla scrivente numerose **prove penetrometriche statiche (C.P.T.)**, per lo più 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.

Le prove cui ci si riferisce, sono state spinte fino ad una profondità massima di -20/-25 m dal p.c. e risultavano correlabili con i dati acquisiti presso gli stessi siti mediante sondaggi e prove penetrometriche dinamiche standard; ciò ha permesso una facile ed affidabile correlazione con i dati acquisiti presso il sito di attuale interesse.

L'andamento delle prove è riferito al p.c. attuale ed è riassunto nei diagrammi e nelle tabelle allegati.



4.3.4 INTERPRETAZIONE STRATIGRAFICA DEI DATI PREGRESSI RACCOLTI

Schematicamente, in relazione ai risultati delle indagini raccolte e descritte nei precedenti paragrafi, possono essere distinte le seguenti unità:

Unità R: si ha una coltre di **materiali di riporto** eterogenei in matrice ghiaioso-sabbiosa, argilloso-limosa e limoso-argillosa con ciottoli, di spessore pari a circa 1,20 m. Il grado di addensamento risulta variabile e per lo più scarso.

Unità A: fino ad una profondità di circa -4,80/-5,40 m dalla quota del p.c. attuale si hanno **depositi di piana di ritiro** prevalentemente limoso-argillosi ed argilloso-limosi, di colore marrone chiaro con screziature grigiastre, per lo più da mediamente consistenti a consistenti. Sono altresì presenti intercalazioni sabbioso-limose, limose e ghiaioso-sabbiose, sature.

Unità B: a partire da circa -4,80/-5,40 m dal p.c. e fino ad una profondità di circa -15,00 m dal p.c. attuale è presente un'unità geotecnica correlabile a **depositi di piana di ritiro** prevalentemente argillosi, con subordinata frazione limosa e rari clasti di ghiaia da scarsamente a mediamente consistenti, di colore grigio. Possono essere presenti livelli più francamente ghiaioso-sabbiosi o limoso-sabbioso-argillosi, saturi.

Unità C: Oltre la profondità di circa -15,00 m dal p.c. attuale indicano la presenza di unità geotecniche costituite da argille limose ghiaiose con rari clasti di ghiaia, di colore grigio, da mediamente consistenti a consistenti correlabili ancora a **depositi di piana di ritiro** o a **depositi più francamente glaciali**.

4.3.5 Piezometri

Durante l'esecuzione delle prove penetrometriche, in tutti i punti di prova, è stata riscontrata la presenza di fenomeni di circolazione d'acqua nelle unità superficiali (unità geotecniche A), e sono stati posti in opera piezometri da ½". In data 06/05/2011 è stato misurato un livello piezometrico stabilizzato a circa -2,40/-2,60 m dal p.c. attuale.

La presenza di circolazione d'acqua superficiale in corrispondenza di livelli limoso-sabbiosi o sabbioso-ghiaiosi, maggiormente permeabili sostenuti alla base da livelli argilloso-limosi scarsamente permeabili risulta, comunque, in accordo con l'assetto idrogeologico dell'area (vedi paragrafi precedenti). Durante l'avanzamento alla perforazione del sondaggio a carotaggio continuo eseguito nel Settembre 2010 poco a E-NE dell'area d'interesse sono stati riscontrati livelli, per lo più, decimetrici saturi d'acqua a partire da circa -4,40 m dal p.c. attuale; è stato quindi posto in opera un piezometro in PVC, del diametro di 2", fenestrato a partire da -1,0 m dal p.c. fino a -7,00 m dal p.c., per la misura del livello piezometrico. Per lo schema del piezometro si rimanda alla stratigrafia in allegato. In data 20 Settembre 2010 è stato misurato un livello piezometrico pari a -2,00 m dal p.c. attuale.



4.3.6 Indagine Sismica – Dati Sismostratigrafici – Luglio 2011

Al fine di verificare il comportamento sismico dei terreni di fondazione è stata condotta presso un sito posto poche decine di metri a N di quello di progetto in *Via Unità d'Italia*, in contesto geologico omologo, una specifica indagine per determinare la velocità di propagazione delle onde sismiche nel sottosuolo. In particolare è stato eseguito **uno stendimento di sismica multicanale** con acquisizione delle onde superficiali, anche a bassa frequenza, 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}), come richiesto dalla normativa vigente.

4.3.6.1 Metodologia - Acquisizione dati

L'acquisizione dei dati è avvenuta secondo le modalità "*common-shot gathers*", utilizzando strumentazione "Geometrics" costituita da un sismografo modulare GEODE 3-1000 a 24 canali, con collegati 24 geofoni verticali GEOSPACE (GS11D) con frequenza di 4,5 Hz e puntale da 3". L'energizzazione è stata ottenuta mediante massa battente, 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 EliaSoft-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

4.3.6.2 Sismostratigrafia

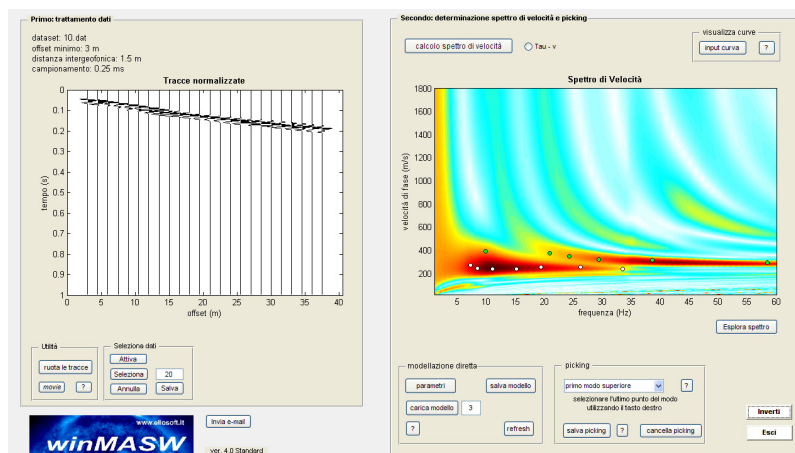
Vengono qui di seguito riportati i dati, le procedure ed i risultati relativi allo stendimento sismico predisposto entro l'area oggetto di studio.

L'ubicazione dello stendimento è stata scelta in funzione della logistica dei luoghi. L'allineamento ha previsto l'utilizzo di 24 geofoni, posti ad una distanza reciproca di 1,5 m ed una serie di scoppi esterni all'ultimo geofono con offset variabili (1-3-5-7-10-15) e diversa intensità di energizzazione.

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 10.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 sono stati individuati, dapprima mediante modellazione diretta, un modo fondamentale e un modo superiore, utilizzati per la successiva inversione della curva di dispersione.

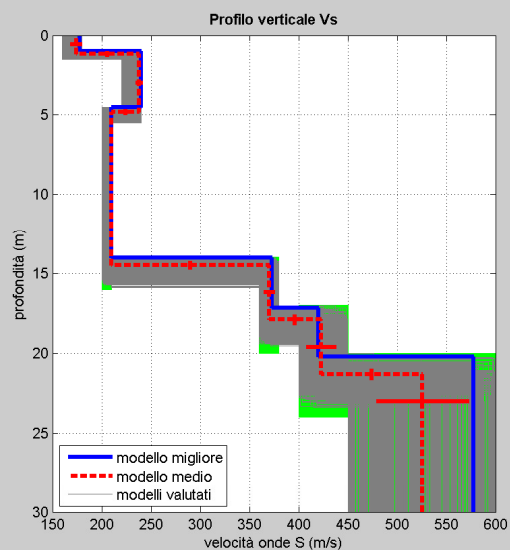
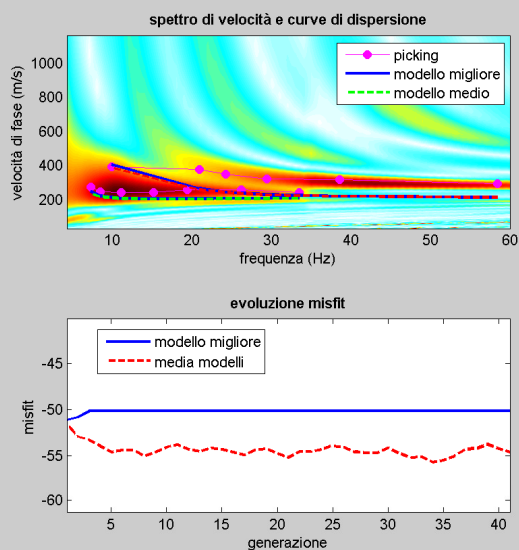
Fase 2 - Inversione della curva di dispersione

Il secondo passo da affrontare per ottenere il profilo verticale della V_s 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 5:

dataset: 10.dat – offset minimo (m): 3 – distanza intergeofonica (m): 1.5
 campionamento msec): 0.25 – DesenzanoSanMartinoPapaFile10Rtris.cdp
 Numero di individui: 40 – Numero di generazioni: 41
 Numero di modelli utilizzati per il calcolo del modello medio: 1558



dataset: 10.dat
 curva di dispersione: DesenzanoSanMartinoPapaFile10Rtris.cdp
 modello migliore VS30: 306 m/s
 modello medio VS30: 294 m/s

Velocità medie stimate:

VS (m/s):	174	238	210	370	423	526
Deviazione standard (m/s):	6	4	1	6	15	47
Spessore (m):	1.2	3.7	9.7	3.4	3.4	
Deviazione standard (m):	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	

Stima approssimativa di Vp, densità e moduli elastici

Stima della Vp (m/s):	388	522	452	791	885	1092
Stima della densità (gr/cm ³):	1.83	1.90	1.86	2.00	2.02	2.08
Rapporto VP/VS:	2.23	2.19	2.15	2.14	2.09	2.08
Modulo di Poisson:	0.37	0.37	0.36	0.36	0.35	0.35
Modulo di Young (MPa):	152	294	224	744	979	1549
Modulo di Taglio (MPa):	55	107	82	273	362	574
Costante di Lamé (MPa):	164	302	216	703	861	1326
Modulo di compressione (MPa):	201	374	271	885	1103	1709

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.

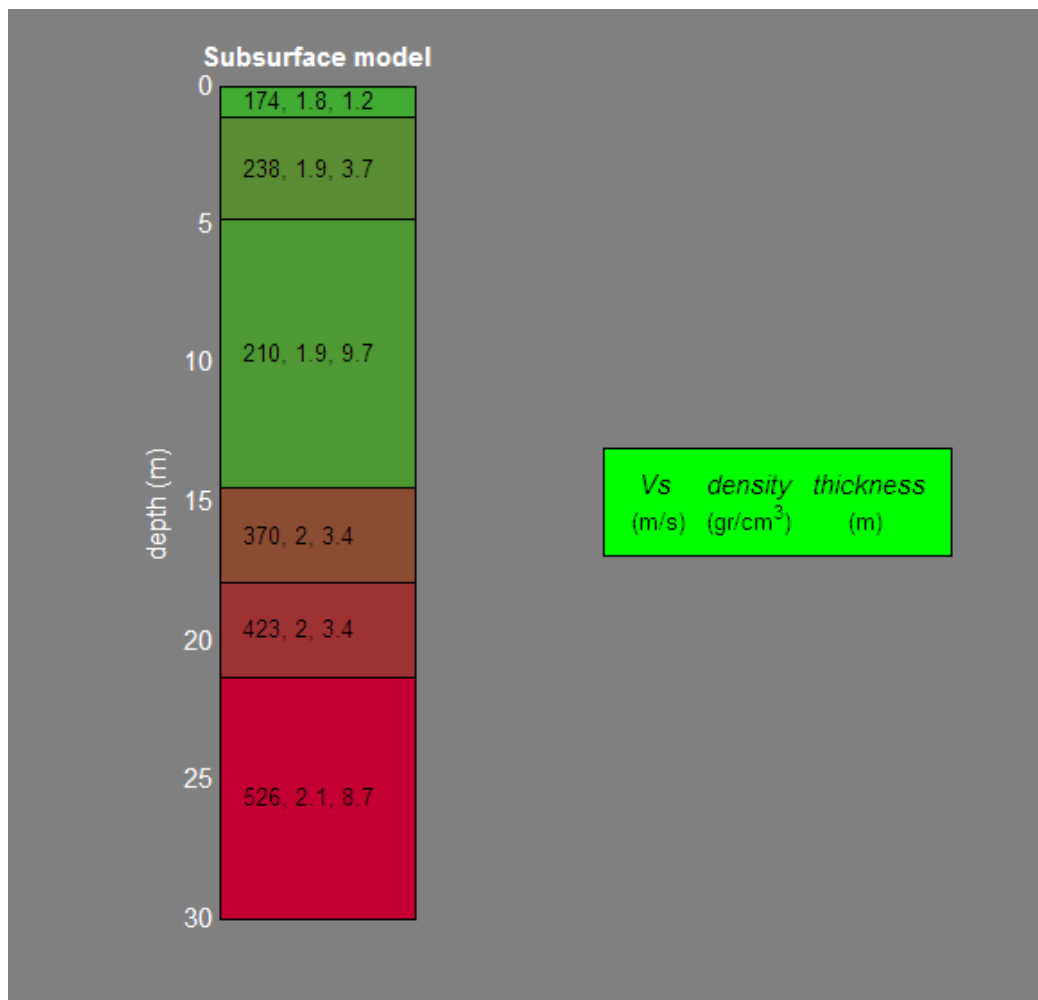
Modello Medio

VS5 del modello medio: 219 m/s VS20 del modello medio: 243 m/s
VS30 del modello medio: 294 m/s

Possibile Tipo di Suolo: C (stimato esclusivamente in base ai dati sismici e sulla base del modello medio) **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.**

winMASW 4.0 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

Si riassume qui di seguito una sezione sismostratigrafica schematica.



5 MODELLO GEOTECNICO – GEOFISICO

Mediante la campagna di indagine geognostica 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, della loro profondità e delle condizioni di saturazione (vedi modellazione schematica sottoriportata).

Si evidenzia inoltre che la modellazione stratigrafica-litologica e la definizione dei parametri geotecnici mediante dati derivanti da prova penetrometriche SCPT-CPT-SPT, presenta sempre un certo grado di variabilità ed incertezza.

Il modello geofisico è stato ipotizzato correlando i dati geotecnici (§4.1 - §4.2 - §4.3) con quelli sismici (§4.3.6) mediante stendimenti di sismica multicanale con registrazione attiva delle onde superficiali (metodologia Masw) entro un sito prossimo e correlabile a quello 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 la quota di esecuzione delle indagini:

UNITA' VEG/RIM – Coltre vegetale/rimaneggiata

Da 0,00 a -0,40 m dal p.c.: lungo le verticali d'indagine viene evidenziata la presenza di una limitata coltre vegetale/rimaneggiata presumibilmente argilloso-limosa con possibile frazione sabbioso-ghiaiosa.

Questa unità appare correlabile ad interventi antropici (**terreni di riporto/rimaneggiato**) e non risulta idonea all'appoggio di alcuna struttura di fondazione.

UNITA' CG – Depositi di Contatto Glaciale (Depositi di piana di ritiro) da -0,40 m ad almeno -12,00 m dal p.c.

Sottounità CG/A → da 0,40 m a -7,00 m dal p.c.: sono presenti limi argillosi/con argilla debolmente sabbiosi talora con rara ghiaia, di colore beige con screziature di colore marrone chiaro con screziature ocra, da mediamente consistenti a consistenti ($Cu \rightarrow 0,9-1,6 \text{ kg/cm}^2$) per lo più da asciutti a debolmente umidi. Sono altresì presenti intercalazioni sabbioso-limose, limose e ghiaioso-sabbiose, sature, prevalentemente a partire da circa -3,00 m dal p.c..

A questa unità corrispondono i parametri geotecnici sottoelencati:

γ	19-20 kN/m ³	peso unitario del terreno sopra falda (Terzaghi & Peck 1967 – Bowles, 1982)
γ'	9-10 kN/m ³	peso unitario del terreno immerso in falda**
Cu	90-160 kPa ***	coesione non drenata (corr. Cu-qc)
ϕ	28°-32°***	Angolo di resistenza al taglio efficace (Meyerhof)
Dr	35%-45% ***	Densità relativa
Vs	230-240 m/sec	Velocità di propagazione delle onde s (indagine sismica)

** riferito ai livelletti saturi

*** I parametri sono stati stimati considerando il contributo disgiunto della natura coesiva o granulare dei terreni; si rimanda ad opportune valutazioni l'uso di parametri "misti" con idonea riduzione dei valori attribuiti.

Sottounità CG/B → da -7,00 m a -15,00* m dal p.c.: argilla limosa e limi argillosi con rari clasti di ghiaia da scarsamente a mediamente consistenti ($Cu \rightarrow 0,6-0,8 \text{ kg/cm}^2$), di colore grigio, umidi ed a tratti molto umidi in corrispondenza di livelli più francamente ghiaioso-sabbiosi o limoso-sabbioso-argillosi.

A questa unità corrispondono i parametri geotecnici sottoelencati:

γ	18-19 kN/m ³	peso unitario del terreno sopra falda (Terzaghi & Peck 1967 – Bowles, 1982)
Cu	60-80 kPa	coesione non drenata (corr. $Cu-qc$)
ϕ	--	Angolo di resistenza al taglio efficace
Dr	--	Densità relativa
Vs	210 m/sec	Velocità di propagazione delle onde s (indagine sismica)

* profondità definita sulla base dei dati sismici

Sulla base dei dati sismostratigrafici e delle stratigrafie di pozzi e sondaggi si può stimare che oltre circa -15,00 m dal p.c. ed almeno fino a 30 m dal p.c., siano presenti depositi glaciali (unità G) con velocità Vs crescente con la profondità (da 370 m/sec a 400-580 m/sec) e quindi maggiormente consistenti ($Cu > 200 \text{ kPa}$); il *bedrock* sismico non è stato riscontrato entro i primi 30 m dal p.c. e può essere ipotizzato sulla base dei dati stratigrafici riferiti ai pozzi a circa -90/-100 m dal p.c..



6 RISPOSTA SISMICA DEL SITO

Per la valutazione dell'Azione Sismica il Testo Unico aggiornato (D.M. 17/01/18) richiede l'utilizzo dei metodi, delle formule e delle tabelle in esso riportate, nonché l'applicazione di quanto previsto ai paragrafi 3.2.3.1, 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. 17/01/18.

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. 17/01/18 e sono stati predisposti gli eventuali Approfondimenti Sismici richiesti dalla normativa comunale e regionale vigente e/o ritenuti opportuni.



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. 17/01/18 ed in applicazione di quanto richiesto dalla normativa regionale (D.G.R. 9/2616/2011) e comunale (Norme Sismiche di PGT).

Dal punto di vista della **Pericolosità Sismica Locale** l'area ricade entro lo **scenario di pericolosità sismica Z4c "Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (comprese le coltri loessiche)"** per il quale vengono segnalati locali valori di F_a di sito superiori a quelli di "soglia" normativa (vedi Carta di Fattibilità, riportata in Premessa) e quindi potenziali fenomeni di amplificazione sismica tali da rendere non sufficiente l'utilizzo dei parametri sismici definiti in base alla normativa vigente per edifici con periodo T compreso tra 0,1 s e 0,5 s (D.M. 17/01/2018).

Sono pertanto richiesti **specifici approfondimenti sismici mediante analisi di 2° livello sito-specifica** ai sensi dell'All.5 della D.G.R. 9/2616/2011.

6.1.1 Categoria di Sottosuolo - Approfondimento Sismico Analisi di 2° Livello (All.5 D.G.R. 9/2616/2011)

Per quanto concerne le **caratteristiche litologiche** il sottosuolo è stato classificato secondo le tabelle allegate al D.M. 17/01/18 e riportate di seguito:

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

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

Tenuto conto dei dati sismostratigrafici (vd §4.3.6) e del Modello Geotecnico-Geofisico (Cap. 5) di riferimento relativi ai terreni d'interesse si può riepilogare il modello sismostratigrafico di progetto, a partire dal piano di posa delle fondazioni, come segue:

Denominazione	Spessore	Vs
Unità CG/A	~7 m	230-240 m/sec
Unità CG/B	~8 m	210 m/sec
Unità G/C	~3 m	370-380 m/sec
	~3 m	410-430 m/sec
	> 15 m	470-580 m/sec
Bedrock Sismico	Oltre circa -90/-100 m dal p.c.	>800 m/sec

Applicando il D.M.17/01/18 può essere quindi stimato il valore $V_{s,eq}$ mediante la seguente espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}} \quad [3.2.1]$$

con:

h_i spessore dell'i-esimo strato;

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

N numero di strati;

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

In base a quanto indicato nelle NTC 2018 per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato andrebbe considerata a partire dal piano di imposta delle stesse.

Solo per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro V_{s30} , ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Applicando il D.M.17/01/18 ed in base al modello geofisico proposto, cautelativamente a partire dal p.c., può quindi essere assegnata al sito di progetto:

$$V_{s,eq} = V_{s30} = 290 \text{ m/sec}$$

Può quindi essere definita una **Categoria di Sottosuolo "C"**.

Tenuto conto di tutti i dati illustrati nei precedenti paragrafi ed in particolare dei dati sismostratigrafici e del modello stratigrafico-geofisico-geotecnico evidenziato, **sono state applicate entro il sito di progetto le procedure di 2° livello previste dall'All.5 della D.G.R. 9/2616/2011 per la stima degli effetti litologici e del relativo Fattore di Amplificazione di Sito (Fa Calcolato entro il sito-FAC) da correlare al Fattore di Soglia comunale (FAS) individuato dalla normativa regionale attualmente vigente.**

In accordo con la procedura, le successioni stratigrafiche di riferimento e lo spessore e la velocità di ciascuno strato, definiti nei modelli geofisici, sono stati riportati nelle “*Schede di Stima degli Effetti Litologici*” (in allegato) e riassunti nelle tabelle seguenti:

Periodo Edificio	Fa di sito (FAC)	Fa di soglia (FAS)	Categoria di Sottosuolo
$0,1 \text{ s} < T < 0,5 \text{ s}$	1,9	1,8	C
$0,5 \text{ s} < T < 1,5 \text{ s}$	2,3	2,4	C

Si è rilevato pertanto che:

- per edifici/manufatti con periodo T compreso tra 0,1 s e 0,5 s si ottiene un valore FAS < FAC per la Categoria di Sottosuolo C;
- per edifici/manufatti con periodo T compreso tra 0,5 s e 1,5 s si ottiene un valore FAS < FAC per la Categoria di Sottosuolo C.

La Categoria di Sottosuolo C può pertanto essere assunta in progetto.

6.1.2 Categoria Topografica

Per quanto concerne le **condizioni topografiche** si potrà fare riferimento alla tabella 3.2.III del D.M. 17/01/18.

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

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

Per il sito di progetto, inserito in un contesto sub-pianeggiante (inclinazione circa 2-3°), si potrà tenere conto di una **categoria topografica T1**.

Le Norme di PGT non richiedono alcun approfondimento sismico specifico inerente l'amplificazione topografica.

STIMA DEGLI EFFETTI LITOLOGICI - ANALISI DI 2° LIVELLO

secondo le procedure dell'All. 5 - D.g.r. 9-2616 del 30/11/2011

TERRENO LIMOSO ARGILLOSA - TIPO 2

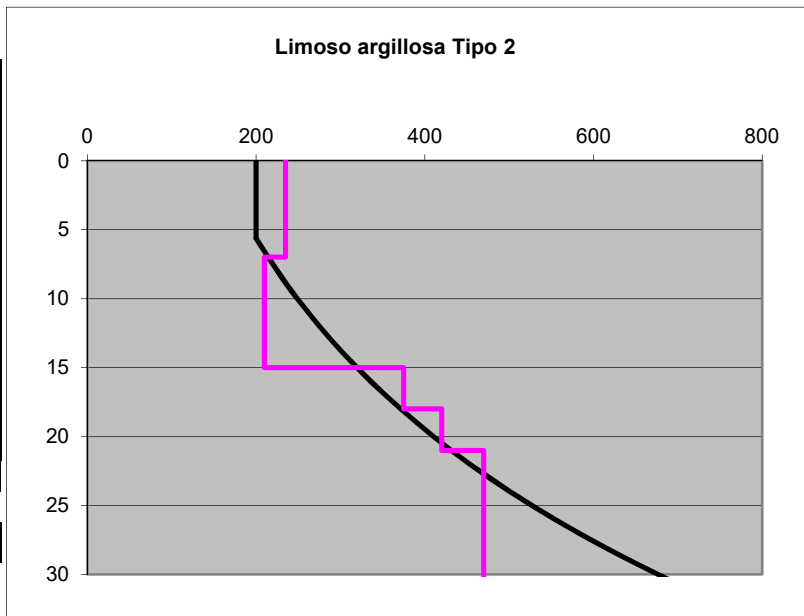
Prof base	Nspt	Vs
0		
7		235
15		210
18		375
21		420
31		470
41		580
61		600
81		700
91		700
101		800
Oltre 91 m		> 800

Vs 30	294	Cat. C
-------	-----	--------

PERIODO DEL SITO
T 0,673

PRIMO STRATO
Prof. base 7
Vs 235

Curva caratteristica
n° 2



Limoso argillosa 2

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
200				2	1	1														
250				2	2	2	2	1	1	1										
300				3	3	3	3	2	2	2	2	1								
350				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3							
400				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3					
450				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3				
500				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3			
600				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
700				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

VERIFICA

Valori Fa di sito

0,1 s < T < 0,5 s	1,9
-------------------	-----

0,5 s < T < 1,5 s	2,3
-------------------	-----

COMUNE DI DESENZANO DEL GARDA

Valori Fa di soglia

Terreni di tipo:

B	C	D	E
1,4	1,8	2,2	1,9
1,7	2,4	4,2	3

Indagine: Centro Sportivo S. Martino

Località DESENZANO DEL GARDA
Cat. di sottosuolo ai sensi del D.M. 17/01/18: C

<input type="checkbox"/>	Cat. di sottosuolo di sito ai sensi del D.M. 17/01/18
<input type="checkbox"/>	Cat. di sottosuolo da adottare in progetto a seguito dell'analisi di II livello secondo le procedure dell'All. 5 D.g.r. 9-2616 del 30/11/2011

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 del sito di interesse.

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

☒ Ricerca per coordinate

 LONGITUDINE: 10,60120

 LATITUDINE: 45,43613

☐ Ricerca per comune

 REGIONE: Lombardia

 PROVINCIA: Brescia

 COMUNE: Desenzano del Garda

Elaborazioni grafiche

 Grafici spettri di risposta

 Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

 Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



Reticolo di riferimento



Controllo sul reticolo

☐ Sito esterno al reticolo

☐ Interpolazione su 3 nodi

☒ Interpolazione corretta

Interpolazione

 superficie rigata

La "Ricerca per comune" utilizza le ... coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che ... all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO

FASE 1

 FASE 2

 FASE 3

Nel caso specifico, tenuto conto per il manufatto di progetto di una **Classe d'Uso II** (paragrafo 2.4.2 NTC-18) è stata ipotizzata una strategia di progettazione per manufatti ordinari (**Fase 2**). Si rimanda al Tecnico Progettista l'eventuale definizione di una diversa classe d'uso e di conseguenza di una strategia di progettazione differente.

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			
Periodo di Riferimento per la costruzione (in anni) T_R	SLO 30	SLD 50	SLV 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	0,041	2,549	0,232
SLD	50	0,055	2,488	0,248
SLV	475	0,158	2,432	0,276
SLC	975	0,205	2,479	0,278

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).

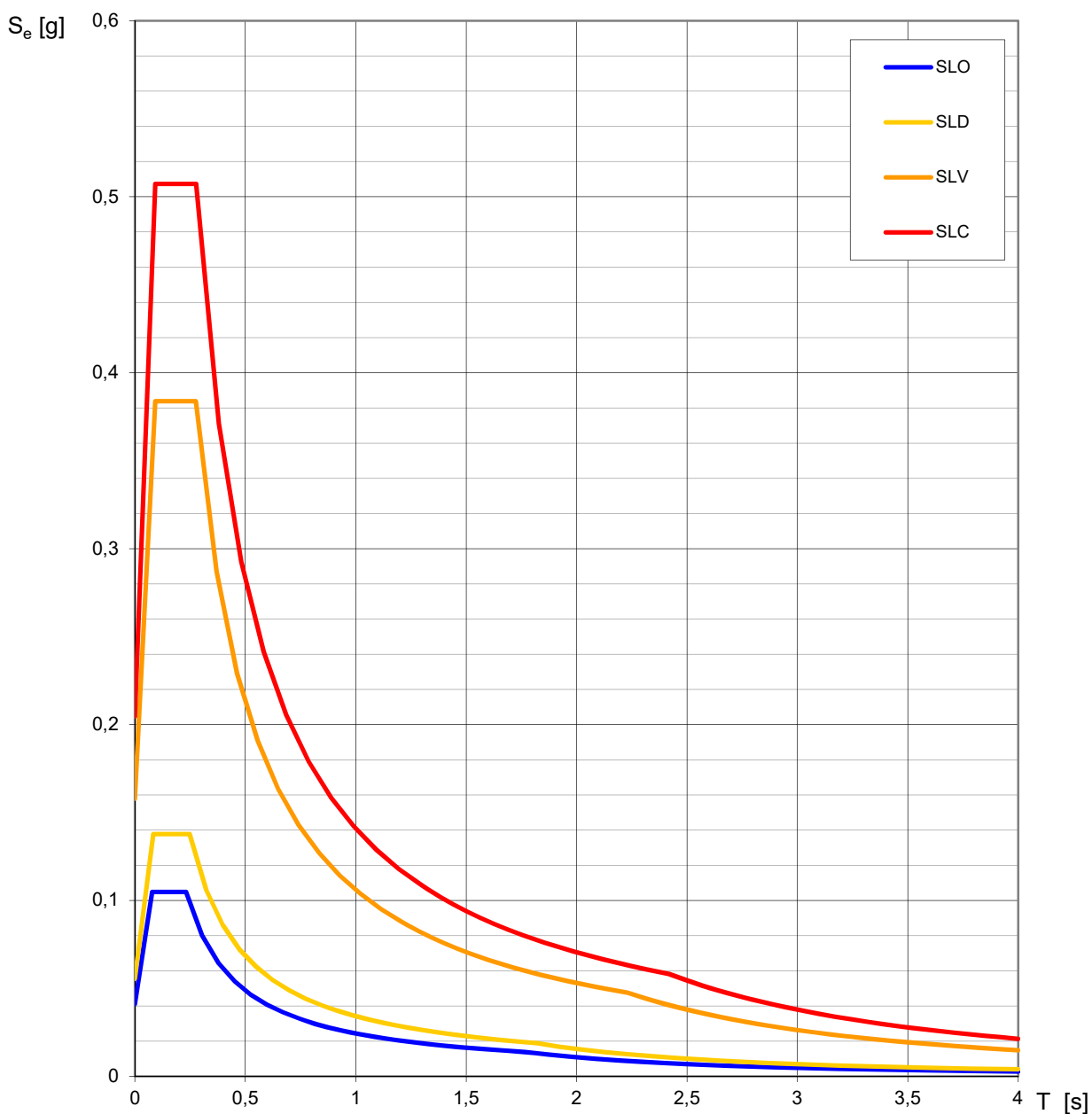
6.3 Amplificazione Stratigrafica (S_s) e Topografica (S_t)

Per l'utilizzo dei metodi, delle formule e delle tabelle riportate nella nuova versione aggiornata del Testo Unico (D.M. 17/01/18) 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 (§3.2.3.2.1):

Tab. 3.2.IV – Espressioni di S_s e di C_c

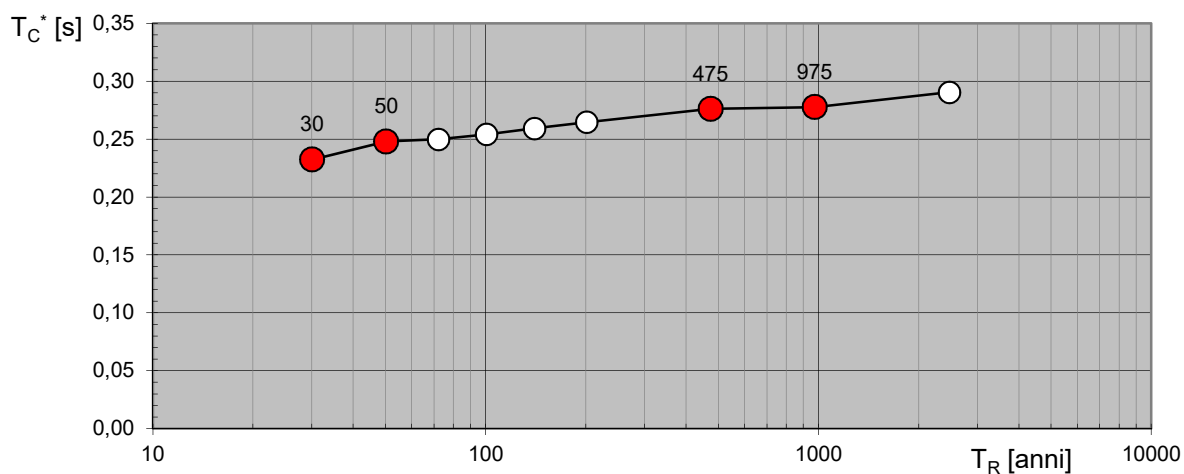
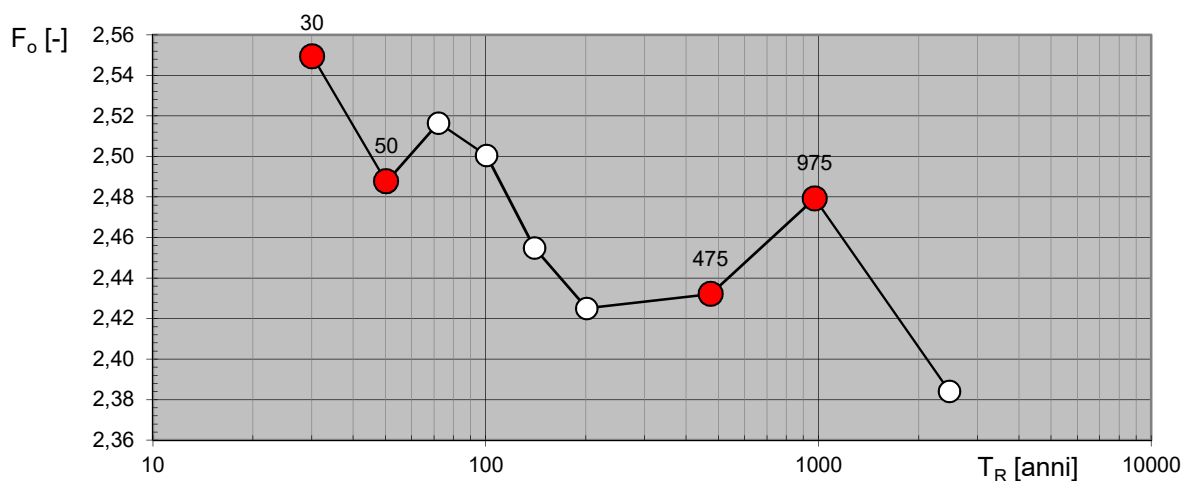
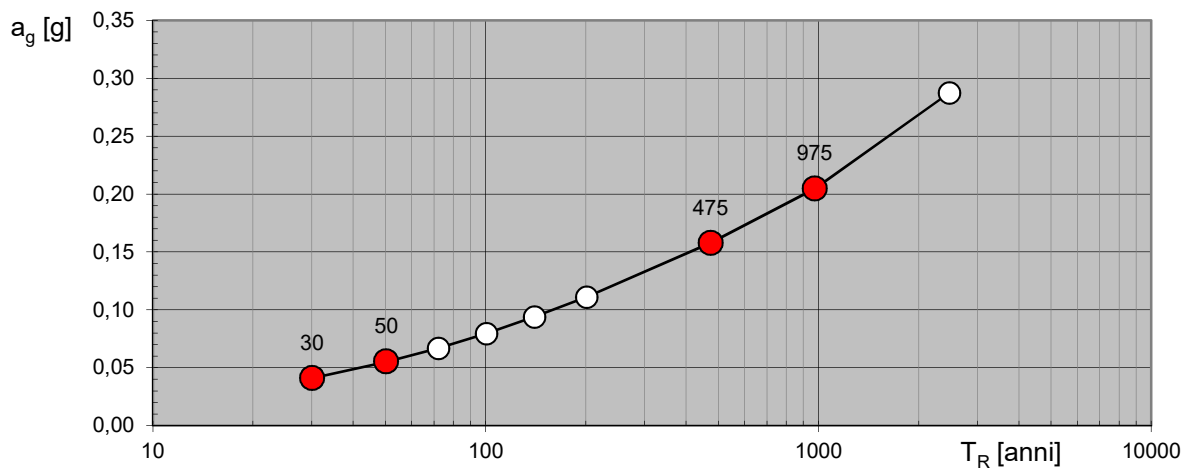
Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25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

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.

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.

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 C 0,1 s < T < 0,5 s 0,5 s < T < 1,5 s	SLD	S _s	1,500	SLV	S _s	1,470
		C _c	1,664		C _c	1,606

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:

Tab. 3.2.V – 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 di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	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.

6.4 Stabilità del sito nei confronti della liquefazione – Esclusione della verifica a liquefazione ai sensi del D.M. 17/01/18

L'area di progetto non è stata classificata, nello Studio della Componente Geologica del PGT vigente (Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del Piano di Governo del Territorio - Tav. SG T07 "Carta della Pericolosità Sismica Locale" – Dott. Geol. R. Lentini – Agosto 2011 Rev. Gennaio 2016) entro alcuno scenario di pericolosità sismica Z2a o Z2b quali ambiti soggetti a cedimenti e liquefazione e riferiti rispettivamente a "Zona con terreni di fondazione particolarmente scadenti" e "Zone con depositi granulari fini"; **pertanto non è richiesto un Approfondimento sismico di 3° livello**, secondo le procedure indicate nel paragrafo 2.3.2 dell'All.5 della D.G.R. 9/2616/2011.

Nel presente capitolo verranno in ogni caso 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.

Nel presente capitolo verranno in ogni caso 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 paragrafo §7.11.3.4 del D.M. 17/01/18. 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.

Parte di 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. 17/01/2018 e che verranno analizzate nell'ordine richiesto dalla normativa e fino ad eventuale riscontro di una di esse:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ 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;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

La verifica a liquefazione potrà essere omessa quando si manifesti almeno una delle soprariportate circostanze.

6.4.1 Circostanze di esclusione relativi all'input sismico

Si è pertanto proceduto a verificare inizialmente, in applicazione della normativa, la circostanza di esclusione prevista al punto 1 del paragrafo §7.11.3.4.2 correlata a fattori legati all'input sismico e definita dal valore di accelerazione massima attesa al piano campagna in assenza di manufatti.

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 (maggior 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:



- Accelerazione sismica orizzontale
- Magnitudo
- Durata

Riguardo l'**accelerazione sismica orizzontale massima** (a_{max}) il D.M. 17/01/2018 al comma 1 del paragrafo §7.11.3.4.2 indica quale circostanza di esclusione dalla verifica a liquefazione valori di a_{max} inferiori a 0,1 g.

L'**accelerazione sismica orizzontale massima** (a_{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 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:

$$a_{max} = S \cdot a_g = (S_S \cdot S_T) \cdot a_g \quad [7.11.5]$$

dove

S = coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_S) e dell'amplificazione topografica (S_T), di cui al § 3.2.3.2;

a_g = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

Il valore soglia non coincide con quanto suggerito dall'Eurocodice 8 che lo pone 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_{max} minori di 0,10 g.

In merito alla **magnitudo di un sisma** la nuova versione delle NTC 2018, in analogia a quanto contenuto nell'Eurocodice 8, non viene tenuta in considerazione a differenza del precedente D.M. 14/01/2008 che indicava quale circostanza di esclusione dalla verifica a liquefazione "*eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5*".

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 il testo aggiornato del D.M. 17/01/2018, confermando quanto precedentemente stabilito nel 2008, non indica in che modo tener conto di questo fattore.

Si è quindi tenuto conto di un valore di base di a_g **pari a 0,158 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 1,470** per lo spettro di progetto SLV). Si è pertanto considerato un **valore complessivo di accelerazione sismica orizzontale pari a 0,23226 g**.

Tale valore di a_{max} 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 relativi a fattori geologici-geotecnici

I commi 2-3-4 del paragrafo §7.11.3.4.2 del D.M. 17/01/18 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).

- profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ 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;
- distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

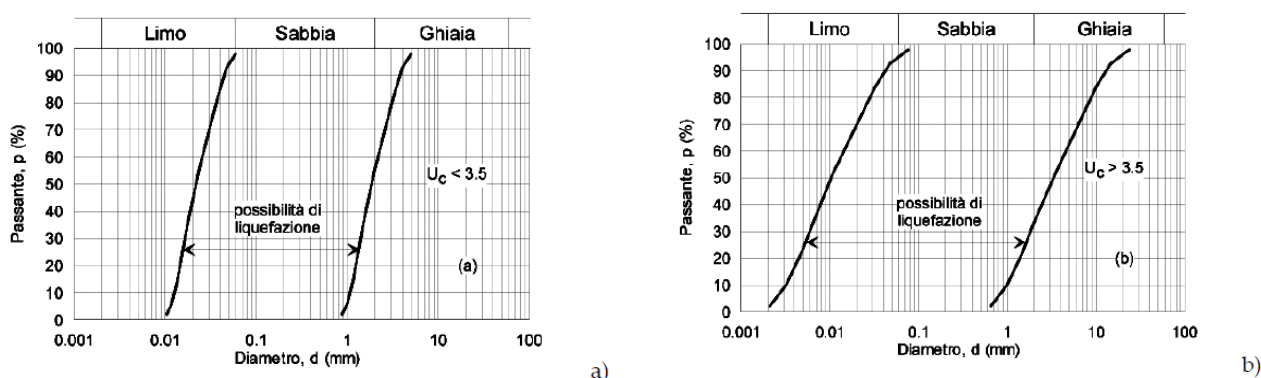


Fig. 7.11.1 – Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione

Per quanto concerne il comma 2, il sito di progetto risulta caratterizzato entro i primi 15 m di profondità dal p.c. da falde idriche in ogni caso discontinue e circolanti entro livelletti di spessore limitato; il comma 3 non risulta direttamente applicabile in quanto non sono presenti sabbie pulite.

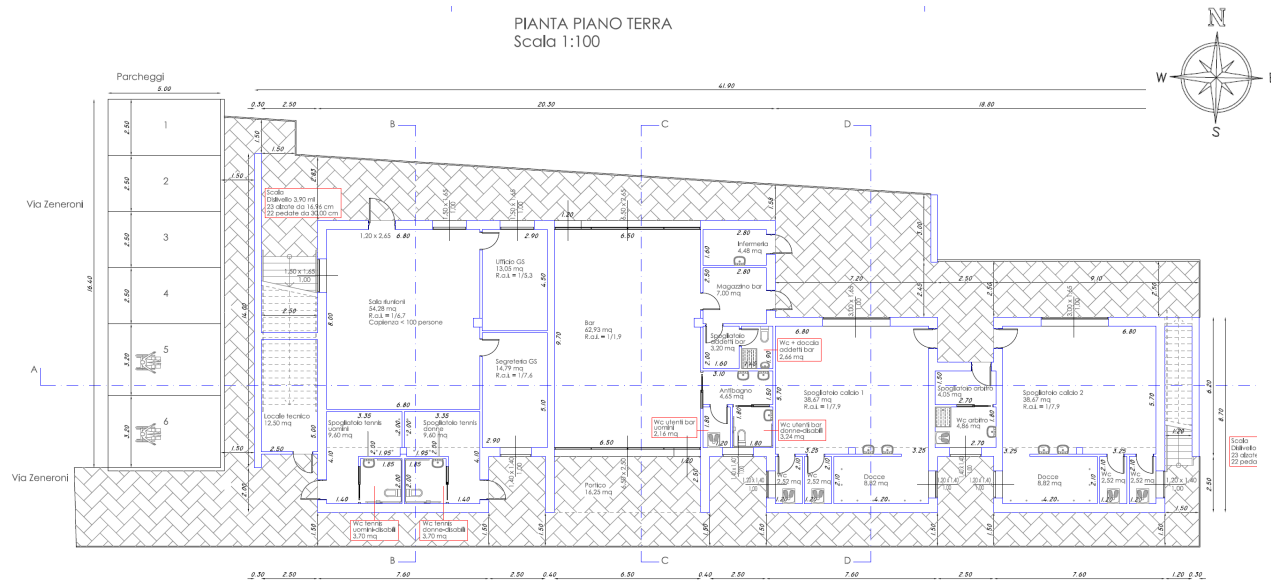
A nostro avviso potrebbe risultare soddisfatta la condizione di esclusione prevista al comma 4, in quanto sono presenti terreni a litologia/granulometria caratterizzata da abbondante e prevalente frazione limoso-argillosa (vedi modello geologico-geotecnico), e pertanto esterni o marginali alle curve normative con possibile presenza solo di livelletti sabbioso-limosi di spessore limitato.

Si ritiene pertanto che il sito sia soggetto ad esclusione alla verifica alla liquefazione ai sensi del D.M. 17/01/18 e dell'All. 5 alla D.G.R. 9/2616/2011.

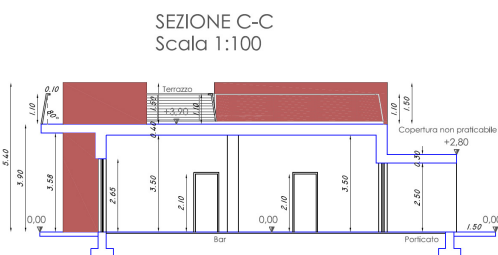
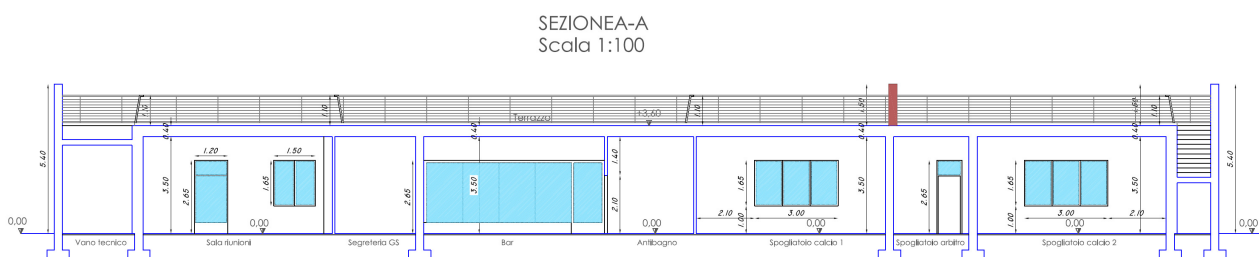
Tale problematica, per l'area d'interesse, non viene peraltro segnalata neanche nello Studio del PGT (mancanza di zone di Pericolosità Sismica Z2).

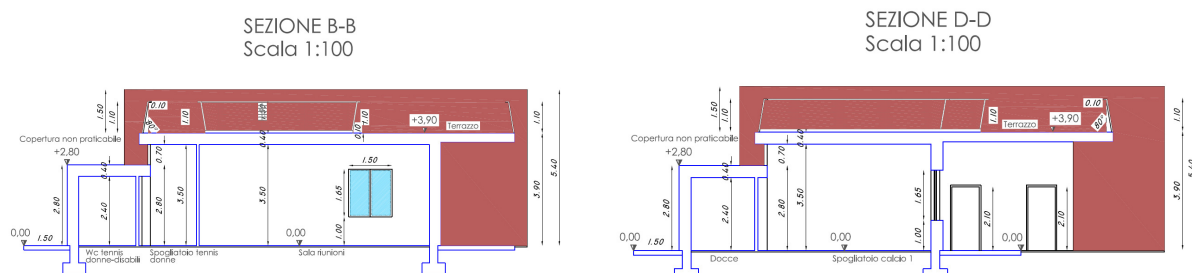
7 INTERVENTO DI PROGETTO – PROBLEMATICHE REALIZZATIVE - PRESCRIZIONI

L'intervento di progetto prevede la realizzazione di nuovi spogliatoi (a servizio dei campi da tennis e calcio) e di un locale Bar, presso un edificio sviluppato su un unico piano fuori terra.



Estratto da: *Piante - Stato di Progetto - Studio Tecnico Ing. Michele Peres*





Estratto da: *Sezioni e Prospetti - Stato di Progetto- Studio Tecnico Ing. Michele Peres*

Le scelte progettuali ed i criteri realizzativi dovranno essere finalizzati a garantire, in ogni caso, la stabilità dei luoghi, 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 del territorio.

Il modello geologico e geotecnico ricostruito prevede al di sotto di una limitata coltre superficiale di terreno vegetale o rimaneggiato, di spessore massimo pari a circa 0,40 m, la presenza di Depositi di contatto Glaciale Fini prevalentemente limoso-argillosi e argilloso-limosi dapprima, fino a circa -7 m dal p.c., da mediamente consistenti a consistenti (Unità CG/A) e quindi, fino a circa -12/-15 m dal p.c., da scarsamente a mediamente consistenti (Unità geotecnica CG/B); possono essere presenti livelli o lenti più francamente limoso-sabbioso-argillosi o ghiaioso-sabbiosi, saturi (a partire da circa -3 m dal p.c.). Il substrato morenico correlabile a depositi glaciali da consistenti a molto consistenti (unità geotecnica C) è presente, sulla base dei dati geofisici raccolti, a partire da circa -15,00 m dal p.c..

Dai dati raccolti (Cap. 4) si evidenzia la presenza di possibili fenomeni di circolazione d'acqua superficiale oltre -3 m dal p.c., correlabile a piccole falde sospese circolanti entro livelletti intercalati nella sequenza di contatto glaciale.

Per le nuove strutture di fondazioni sono previste quote di posa a circa -0,40 m dal piano campagna attuale e quindi in corrispondenza dei **depositi di contatto glaciale fini dell'unità CG/A**, a buone caratteristiche geotecniche.

In funzione della possibile presenza di locali coltri rimaneggiate si prescrive l'appoggio delle nuove fondazioni esclusivamente sull'unità sopramenzionata; in caso di presenza di terreno rimaneggiato con spessori superiori a quelli stimati si dovrà operare un approfondimento della quota di imposta fondazionale o, in alternativa, l'esecuzione di operazioni di bonifica geotecnica con asportazione (locale e/o in sezione ristretta) della coltre di terreno rimaneggiato e raggiungimento del piano di imposta fondazionale mediante posa in opera di magrone e/o di materiale grossolano idoneamente rullato e vibrocompattato in strati successivi di 20-30 cm.

L'intervento prevede la realizzazione di scavi con altezze ed estensione limitati all'ingombro fondazionale e pertanto estremamente limitati.

In relazione alle indagini esperite, per le profondità d'interesse fondazionale, non si dovrebbero avere interferenze con significativi fenomeni di filtrazione idrica.

7.1 Vulnerabilità Idrogeologica degli acquiferi – Compatibilità con gli interventi di progetto

La vulnerabilità intrinseca di un'area è legata alla componente naturale derivante dalle caratteristiche idrogeologiche del territorio.

Nel settore di piana costiera entro cui si colloca l'area di progetto sono presenti, in superficie, depositi di contatto glaciale finì entro cui possono circolare falde superficiali per lo più di tipo semiconfinato.

In fase d'indagine (vedi §4.2) presso il sito di progetto sono stati riscontrati **fenomeni di circolazione idrica** correlabili a **falde superficiali/semiconfinite** circolante **a partire da circa -3 m dal p.c..**

Tali falde superficiali, possiedono pertanto una soggiacenza media tra i -3/-6 m da p.c.; l'acclività risulta bassa e la protettività dei suoli è da media a elevata e la conducibilità del saturo è per lo più media.

In base a quanto descritto ed in accordo con quanto riportato nello Studio Geologico del Territorio Comunale di Desenzano del Garda è stata assegnata all'acquifero superficiale la **classe 6 a vulnerabilità mediamente alta** (indice di vulnerabilità stimato con la metodologia DRASTIC - Aller et al., 1985).

Si ritiene tuttavia che, seppure le falde superficiali possano presentare una media vulnerabilità, esse, a livello locale, possano essere protette da livelli con litologie a scarsa/media permeabilità.

Gli acquiferi profondi, captati dai pozzi, possiedono al contrario una scarsa vulnerabilità in relazione all'elevata soggiacenza ed alle caratteristiche di scarsa permeabilità dell'insaturo

Si ritiene che l'intervento di progetto non comporti alcuna interazione significativa con le falde superficiali.

Nella progettazione di eventuali reti di smaltimento delle acque meteoriche si dovrà in ogni caso tenere conto della presenza di circolazione d'acqua superficiale.

8 ELEMENTI PER LE VERIFICHE DELLA SICUREZZA E DELLE PRESTAZIONI

Per il D.M. 14/01/08 era ammesso per le costruzioni di tipo 1 e 2 e per Classe d'uso I e II, limitatamente a siti ricadenti in zona 4, il Metodo di Verifica alle Tensioni Ammissibili in deroga all'obbligo dei Metodi di calcolo agli Stati Limite (Cap. 2.7).

Il nuovo D.M. 17/01/2018 (in vigore a partire dal 22/03/2018) ha eliminato questa possibilità e pertanto le prestazioni di tutte le opere o parti di esse devono essere valutate in relazione agli stati limite che si possono verificare durante la vita nominale di progetto, di cui al § 2.4. Si definisce stato limite una condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze elencate in normativa.

Il Testo Unico (D.M. 17/01/18), che aggiorna le “*Norme Tecniche per le Costruzioni*” indicate precedentemente nel D.M. 14/01/08, definisce i requisiti, di interesse geologico-geotecnico, che opere e strutture devono possedere: *sicurezza nei confronti di stati limite ultimi (SLU)* e quindi capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone oppure comportare la perdita di beni, oppure provocare gravi danni ambientali e sociali, oppure mettere fuori servizio l'opera; *sicurezza nei confronti di stati limite di esercizio (SLE)* quale capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio; *durabilità* intesa come capacità della costruzione di mantenere, nell'arco della vita nominale di progetto, i livelli prestazionali per i quali è stata progettata, tenuto conto delle caratteristiche ambientali in cui si trova e del livello previsto di manutenzione.

8.1 Parametri geotecnici di progetto – Fondazioni

La **quota di posa delle strutture di fondazione** del tipo nastriforme è prevista a circa **-0,40/-0,60 m** dal piano di calpestio del piano terra, e permetterà il raggiungimento dell'unità geotecnica corrispondente ai depositi di contatto glaciale dell'unità CG/A presenti al di sotto della limitata coltre vegetale.

La possibile presenza di coltre superficiale riportata/rimaneggiata con spessore maggiore rispetto a quanto ipotizzato comporterà un approfondimento della quota di imposta fondazionale o, in alternativa, operazioni di bonifica geotecnica con asportazione (locale e/o in sezione ristretta) della coltre di terreno rimaneggiato e raggiungimento del piano di imposta fondazionale mediante posa in opera di magrone e/o di materiale grossolano idoneamente rullato e vibrocompattato in strati successivi di 20-30 cm.

A seguire nell'implementazione dei calcoli geotecnici verrà presa in considerazione sia la coesione non drenata (C_u), stimata sulla base delle prove CPT eseguite, che la coesione in condizioni “drenate” (coesione efficace C') per la cui stima è stata applicata la correlazione $C'=0,1 C_u$ suggerita dallo studio *Danish code of practice for foundations* (Jacobsen 1970).

Si rammenta tuttavia che la misura del valore di coesione efficace prevede l'esecuzione di prove di laboratorio (prova triassiale CD o prova di taglio diretto su campioni di terreno indisturbato).



Si propone quindi di assumere i seguenti parametri di progetto per fondazioni superficiali:

γ	19 kN/m ³	peso unitario del terreno sopra falda
Cu	140 kPa	coesione non drenata (correlazione Cu-qc – Prove CPT)
C'	14 kPa	coesione efficace (Danish code of practice for foundations – Jacobsen 1970)
Dr	--	densità relativa
ϕ	--	angolo di resistenza al taglio efficace
	C	categoria di sottosuolo (ai sensi del D.M. 17/01/2018 e della D.G.R. 9/2616/2011)
	T1	categoria topografica (ai sensi del D.M. 17/01/2018)

8.2 Fondazioni superficiali

I calcoli sono stati eseguiti in funzione di **fondazioni** assumendo una **quota di imposta pari a circa -0,40 m dal p.c. e fatte salve le prescrizioni di cui al Cap. 7 e §8.1.**

Per la larghezza delle fondazioni nei calcoli si è tenuto conto dei dati forniti dal Progettista delle Strutture e pertanto di un **Df =0,40 m (fornito dal Progettista)** e ci si è riferiti ad una **fondazione nastriforme di dimensioni variabili tra 70 e 100 cm.**

Si dovrà porre particolare attenzione alla verifica che il piano di appoggio delle fondazioni sia omogeneamente caratterizzato dalle unità geotecniche proposte nel paragrafo precedente e in adempimento alle modalità richieste **ed in ogni caso posto al di sotto di eventuali lenti di terreno a caratteristiche geotecniche scadenti.** Tale prescrizione potrà comportare localmente operazione di bonifica con rimozione di un idoneo strato di terreno, a cui dovrà seguire il getto di magrone e/o la posa di materiale grossolano idoneamente posato (rullato e vibro compattato) per raggiungere la quota d'imposta prevista.

Il calcolo della pressione limite (P_{lim}) per terreni coesivi ($\phi = 0$ $c > 0$), è stato eseguito per carichi centrati ed è riferito alla resistenza al taglio. Il criterio utilizzato per strutture di fondazione di tipo nastriforme è riferito a **Brinch-Hansen (1970)**:

$$P_{lim} = c N_c sc + q$$

in cui:

- c** = coesione non drenata (c_u) o coesione efficace (c')
- N_c** = fattore di capacità portante funzione di ϕ
- sc** = fattore di forma della fondazione
- $q = \gamma H$** = pressione esistente nel terreno alla quota d'imposta della fondazione
- H (=Df)** = profondità del piano di imposta delle fondazioni

Nel caso in cui il Progettista fornisca i carichi assiali ed i momenti agenti, gravanti sulla struttura di fondazione sarà possibile rielaborare i dati, tenendo conto di carichi eccentrici e delle dimensioni equivalenti della stessa fondazione.



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

Per la geometria e la dimensione di fondazione richiesta dal Progettista, si ottiene il seguente valore:

IN CONDIZIONE DRENATA (L=7 m)

B = 0,70 m	$P_{lim\ M1} = 0,8\ kg/cm^2 = 78\ kPa$
B = 0,80 m	$P_{lim\ M1} = 0,8\ kg/cm^2 = 78\ kPa$
B = 0,90 m	$P_{lim\ M1} = 0,8\ kg/cm^2 = 78\ kPa$
B = 1,00 m	$P_{lim\ M1} = 0,8\ kg/cm^2 = 78\ kPa$

IN CONDIZIONE NON DRENATA (L= 7 m)

B = 0,70 m	$P_{lim\ M1} = 7,4\ kg/cm^2 = 725\ kPa$
B = 0,80 m	$P_{lim\ M1} = 7,4\ kg/cm^2 = 725\ kPa$
B = 0,90 m	$P_{lim\ M1} = 7,5\ kg/cm^2 = 735\ kPa$
B = 1,00 m	$P_{lim\ M1} = 7,5\ kg/cm^2 = 735\ kPa$

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. 17/01/18 (paragrafi 6.2.4.1 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. 17/01/18).

Il calcolo dei carichi limite nel caso M2 (tab. 6.2.II del D.M. 17/01/18) richiede, altresì, l'applicazione di coefficienti riduttivi ($\gamma_M \geq 1$) ai parametri geotecnici del terreno. Procedendo nel calcolo si ottengono i seguenti valori:

IN CONDIZIONE DRENATA (L=7 m)

B = 0,70 m	$P_{lim\ M2} = 0,7\ kg/cm^2 = 69\ kPa$
B = 0,80 m	$P_{lim\ M2} = 0,7\ kg/cm^2 = 69\ kPa$
B = 0,90 m	$P_{lim\ M2} = 0,7\ kg/cm^2 = 69\ kPa$
B = 1,00 m	$P_{lim\ M2} = 0,7\ kg/cm^2 = 69\ kPa$

IN CONDIZIONE NON DRENATA (L= 7 m)

B = 0,70 m	$P_{lim\ M2} = 5,3\ kg/cm^2 = 519\ kPa$
B = 0,80 m	$P_{lim\ M2} = 5,3\ kg/cm^2 = 519\ kPa$
B = 0,90 m	$P_{lim\ M2} = 5,4\ kg/cm^2 = 529\ kPa$
B = 1,00 m	$P_{lim\ M2} = 5,4\ kg/cm^2 = 529\ kPa$

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 e 6.8.I del D.M. 17/01/18) in funzione della "combinazione" di calcolo prevista dall'Approccio 1 Combinazione A2-M2-R2 ($\gamma_R = 1,1$) e Approccio 2 Combinazione A1-M1-R3 ($\gamma_R = 2,3$). Si riassumono i valori ottenuti nella seguente tabella:

IN CONDIZIONE DRENATA ($L = 7$ m)

	APPROCCIO 1	APPROCCIO 2
	Combinazione A2-M2-R2 (Stabilità globale)	Combinazione A1-M1-R3 (Collasso per carico limite fondazione-terreno)
B = 0,70 m	$R_{d\ M2-R2} = 0,6\ \text{kg/cm}^2 = 59\ \text{kPa}$	$R_{d\ M1-R3} = 0,3\ \text{kg/cm}^2 = 29\ \text{kPa}$
B = 0,80 m	$R_{d\ M2-R2} = 0,6\ \text{kg/cm}^2 = 59\ \text{kPa}$	$R_{d\ M1-R3} = 0,3\ \text{kg/cm}^2 = 29\ \text{kPa}$
B = 0,90 m	$R_{d\ M2-R2} = 0,6\ \text{kg/cm}^2 = 59\ \text{kPa}$	$R_{d\ M1-R3} = 0,3\ \text{kg/cm}^2 = 29\ \text{kPa}$
B = 1,00 m	$R_{d\ M2-R2} = 0,6\ \text{kg/cm}^2 = 59\ \text{kPa}$	$R_{d\ M1-R3} = 0,3\ \text{kg/cm}^2 = 29\ \text{kPa}$

IN CONDIZIONE NON DRENATA

	APPROCCIO 1	APPROCCIO 2
	Combinazione A2-M2-R2 (Stabilità globale)	Combinazione A1-M1-R3 (Collasso per carico limite fondazione-terreno)
B = 0,70 m	$R_{d\ M2-R2} = 4,8\ \text{kg/cm}^2 = 470\ \text{kPa}$	$R_{d\ M1-R3} = 3,2\ \text{kg/cm}^2 = 314\ \text{kPa}$
B = 0,80 m	$R_{d\ M2-R2} = 4,8\ \text{kg/cm}^2 = 470\ \text{kPa}$	$R_{d\ M1-R3} = 3,2\ \text{kg/cm}^2 = 314\ \text{kPa}$
B = 0,90 m	$R_{d\ M2-R2} = 4,9\ \text{kg/cm}^2 = 480\ \text{kPa}$	$R_{d\ M1-R3} = 3,3\ \text{kg/cm}^2 = 323\ \text{kPa}$
B = 1,00 m	$R_{d\ M2-R2} = 4,9\ \text{kg/cm}^2 = 480\ \text{kPa}$	$R_{d\ M1-R3} = 3,3\ \text{kg/cm}^2 = 323\ \text{kPa}$

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. 17/01/18) 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 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 è stato effettuato il **calcolo dei cedimenti totali secondo la Formula di Terzaghi (Cedimenti di Consolidazione)** nella seguente scrittura:

$$\Delta H = H_o \times \Delta q \times M_v$$

dove:

ΔH = cedimento

H_o = intervallo omogeneo considerato

Δq = incremento di carico

M_v = coefficiente di compressibilità volumetrico = $1/\alpha R_p$

R_p = Resistenza alla Punta misurata mediante prove penetrometriche statiche

Il calcolo è stato eseguito sulla scorta dei dati acquisiti mediante la prova penetrometrica statica CPT2, utilizzando la teoria di Boussinesq e procedendo come segue:

- stima della propagazione del carico in profondità;
- suddivisione del terreno di fondazione in strati omogenei fino a profondità minima pari a 5-6B per le fondazioni nastriformi (circa 6 m);
- somma degli effetti dei cedimenti per ogni singolo strato.

Il calcolo viene condotto tenendo conto sia di valori ipotetici che dei valori di carico di esercizio forniti dal Progettista e dei relativi cedimenti differiti nel tempo (20 anni). **Non si è tenuto conto della possibile presenza di carichi pulsanti.**

Larghezza Fondazioni	Carichi	Cedimenti
B = 0,70 m B = 0,80 m B = 0,90 m B = 1,00 m	$P_{\text{prog-eser}} = 0,3 \text{ kg/cm}^2 = 29 \text{ kPa}$	s = 1 mm s = 1 mm s = 1 mm s = 1 mm
B = 0,70 m B = 0,80 m B = 0,90 m B = 1,00 m	$P_{\text{prog-eser}} = 0,6 \text{ kg/cm}^2 = 59 \text{ kPa}$	s = 1-2 mm s = 1-2 mm s = 1-2 mm s = 1-2 mm
B = 0,70 m B = 0,80 m B = 0,90 m B = 1,00 m	$P_{\text{prog-eser}} = 0,8 \text{ kg/cm}^2 = 78 \text{ kPa}$	s = 2 mm s = 2 mm s = 2 mm s = 2 mm

Per i terreni di fondazione potranno essere utilizzati valori del coefficiente **k di Winkler dell'ordine di 3-6 kg/cm³**.

Si sottolinea che i valori del coefficiente di sottofondazione verticale medio k di Winkler sopra riportati, sono da considerarsi delle stime e quindi del tutto indicativi; il calcolo rigoroso del k di Winkler dovrà necessariamente prevedere l'esecuzione di specifiche prove (prove di carico su piastra).

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 materiali di riporto o su livelli o lenti di materiali a caratteristiche geotecniche particolarmente scadenti o in presenza di terreno rimaneggiato dalle operazioni di scavo e/o di fenomeni di ristagno d'acqua al piano di posa.



9 OPERAZIONI DI SCAVO

9.1 Modalità esecutive degli scavi in condizioni di sicurezza

Le operazioni di scavo comporteranno altezza massima pari a circa 0,4/0,5 m e limitatamente all'impronta delle fondazioni; al fine di garantire l'esecuzione degli interventi di escavazione 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.

In relazione alle indagini eseguite e per la profondità d'imposta prevista non si dovrebbero avere interferenze tra le operazioni di scavo e fenomeni di filtrazione idrica.

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. e art. 24 del D.P.R. n. 120 del 13/06/2017).

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.

Questo articolo è stato sottoposto ad "Interpretazione Autentica" di Legge già 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.

In sostanza l'Art. 3, comma 1, del D. L. 2/2012 fornisce la definizione di "matrici materiali di riporto" evidenziando la volontà del legislatore di equiparare, al ricorrere di particolari condizioni, i

materiali di riporto al suolo con conseguente applicazione dell'art. 185, comma 1, del D. Lgs 152/2006. Nello stesso senso depone il nuovo **D.P.R. 120/2017** con quanto definito dall'**Art. 4, comma 3**.

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."*

Recentemente **il Titolo IV del D.P.R. 120/2017 (Art.24)**, fermo restando quanto previsto dall'art. 3, comma 2 del D.L. 25/01/2012 n. 2 convertito con modificazioni dalla L. n. 28 del 24/03/2012, ha specificato che **la non contaminazione, per il riutilizzo nel sito di produzione delle terre e rocce da scavo escluse dalla disciplina rifiuti, deve essere verificata ai sensi dell'All. 4 "Procedure di caratterizzazione chimico-fisiche e accertamento delle qualità ambientali"** del Regolamento D.P.R. n. 120 del 13/06/2017 mediante prelievo di campioni ed analisi chimiche (Art. 24 comma 1).

Nel Novembre 2017 sono stati inoltre forniti da parte del Ministero per l'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM – registro uff. Protocollo 0015786.10-11-2017) alcuni **"Chiarimenti Interpretativi – Disciplina delle matrici materiali di riporto"** con specifico riferimento a:

- I.** Definizione e qualificazione giuridica delle matrici materiali di riporto. Le novità introdotte dal D.P.R. 120/2017
- II.** Quadro normativo di riferimento in materia di gestione
- III.** Gestione delle terre e rocce da scavo contenenti matrici materiali di riporto.

Nel caso in cui la produzione di terre e rocce da scavo avvenga in siti sottoposti a VIA o AIA si applicano anche i commi 3-4-5 dell'Art. 2 e risulta necessario predisporre un **Piano preliminare di utilizzo in sito delle terre e rocce da scavo escluse dalla disciplina dei rifiuti** redatto ai sensi dell'art. 24 comma 3 D.P.R. n. 120/17). In questo caso l'art. 4 del D.P.R. 120/2017 stabilisce la **predisposizione in fase di progettazione o prima dell'inizio dei lavori delle analisi chimiche** (in conformità al Piano preliminare) **e di un progetto specifico delle attività da inviare ad ARPA ed all'autorità competente prima dell'avvio dei lavori.**



- **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;

Sulla base del recente D.P.R. 120/2017 (Art. 23) è stata disciplinata la possibilità di disporre il deposito temporaneo, in attesa del conferimento:

<p>Art. 23.</p> <p><i>Disciplina del deposito temporaneo delle terre e rocce da scavo qualificate rifiuti</i></p> <p>1. Per le terre e rocce da scavo qualificate con i codici dell'elenco europeo dei rifiuti 17.05.04 o 17.05.03* il deposito temporaneo di cui all'articolo 183, comma 1, lettera bb), del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, si effettua, attraverso il raggruppamento e il deposito preliminare alla raccolta realizzati presso il sito di produzione, nel rispetto delle seguenti condizioni:</p> <p>a) le terre e rocce da scavo qualificate come rifiuti contenenti inquinanti organici persistenti di cui al regolamento (CE) 850/2004 sono depositate nel rispetto delle norme tecniche che regolano lo stoccaggio dei rifiuti contenenti sostanze pericolose e sono gestite conformemente al predetto regolamento;</p>	<p>b) le terre e rocce da scavo sono raccolte e avviate a operazioni di recupero o di smaltimento secondo una delle seguenti modalità alternative: 1) con cadenza almeno trimestrale, indipendentemente dalle quantità in deposito; 2) quando il quantitativo in deposito raggiunga complessivamente i 4000 metri cubi, di cui non oltre 800 metri cubi di rifiuti classificati come pericolosi. In ogni caso il deposito temporaneo non può avere durata superiore ad un anno;</p> <p>c) il deposito è effettuato nel rispetto delle relative norme tecniche;</p> <p>d) nel caso di rifiuti pericolosi, il deposito è realizzato nel rispetto delle norme che disciplinano il deposito delle sostanze pericolose in essi contenute e in maniera tale da evitare la contaminazione delle matrici ambientali, garantendo in particolare un idoneo isolamento dal suolo, nonché la protezione dall'azione del vento e dalle acque meteoriche, anche con il convogliamento delle acque stesse.</p>
---	---

- **essere qualificato e destinato ad utilizzo come sottoprodotto (terre e rocce da scavo)** ai sensi dell'art. 184 bis comma 1 del *D.Lgs 152/06* e art. 4 del D.P.R. n. 120 del 13/06/2017:

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 negli ultimi anni occorse numerose modifiche legislative soprattutto tra il 2012 ed il 2013.**

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 era modificato il quadro normativo pervenendo ad un assetto piuttosto definito seppure rimandando a molteplici normative e risultando carente rispetto a numerose casistiche di applicazione.

Ad Agosto 2017 è entrato infine in vigore il *D.P.R. 120/2017 del 13/06/2017 (Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione terre e rocce da scavo, ai sensi dell'Art.8 del D.L. 12 settembre 2014, n.133, convertito con modificazioni dalla Legge 11 Novembre 2014, n. 164)* che ha introdotto una disciplina completa che sostituisce ed integra la precedente.

In particolare l'**Art. 4** stabilisce i Criteri per qualificare le terre e rocce da scavo come sottoprodotti:



Art. 4.

Criteri per qualificare le terre e rocce da scavo come sottoprodotti

1. In attuazione dell'articolo 184-bis, comma 1, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, il presente Capo stabilisce i requisiti generali da soddisfare affinché le terre e rocce da scavo generate in cantieri di piccole dimensioni, in cantieri di grandi dimensioni e in cantieri di grandi dimensioni non sottoposti a VIA e AIA, siano qualificati come sottoprodotti e non come rifiuti, nonché le disposizioni comuni ad esse applicabili. Il presente Capo definisce, altresì, le procedure per garantire che la gestione e l'utilizzo delle terre e rocce da scavo come sottoprodotti avvenga senza pericolo per la salute dell'uomo e senza recare pregiudizio all'ambiente.

2. Ai fini del comma 1 e ai sensi dell'articolo 183, comma 1, lettera qq), del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, le terre e rocce da scavo per essere qualificate sottoprodotti devono soddisfare i seguenti requisiti:

a) sono generate durante la realizzazione di un'opera, di cui costituiscono parte integrante e il cui scopo primario non è la produzione di tale materiale;

b) il loro utilizzo è conforme alle disposizioni del piano di utilizzo di cui all'articolo 9 o della dichiarazione di cui all'articolo 21, e si realizza:

1) nel corso dell'esecuzione della stessa opera nella quale è stato generato o di un'opera diversa, per la realizzazione di reinterri, riempimenti, rimodellazioni, rilevati, miglioramenti fondiari o viari, recuperi ambientali oppure altre forme di ripristini e miglioramenti ambientali;

2) in processi produttivi, in sostituzione di materiali di cava;

c) sono idonee ad essere utilizzate direttamente, ossia senza alcun ulteriore trattamento diverso dalla normale pratica industriale;

d) soddisfano i requisiti di qualità ambientale espressamente previsti dal Capo II o dal Capo III o dal Capo IV del presente regolamento, per le modalità di utilizzo specifico di cui alla lettera b).

3. Nei casi in cui le terre e rocce da scavo contengano materiali di riporto, la componente di materiali di origine antropica frammisti ai materiali di origine naturale non può superare la quantità massima del 20% in peso, da quantificarsi secondo la metodologia di cui all'allegato 10. Oltre al rispetto dei requisiti di qualità ambientale di cui al comma 2, lettera d), le matrici materiali di riporto sono sottoposte al test di cessione, effettuato secondo le metodiche di cui al decreto del Ministro dell'ambiente del 5 febbraio 1998, recante «Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero», pubblicato nel supplemento ordinario alla Gazzetta Ufficiale n. 88 del 16 aprile 1998, per i parametri pertinenti, ad esclusione del parametro amianto, al fine di accertare il rispetto delle concentrazioni soglia di contaminazione delle acque sotterranee, di cui alla Tabella 2, Allegato 5, al Titolo 5, della Parte IV, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, o, comunque, dei valori di fondo naturale stabiliti per il sito e approvati dagli enti di controllo.

Nel Novembre 2017 sono stati inoltre forniti da parte del Ministero per l'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM – registro uff. Protocollo 0015786.10-11-2017) alcuni **“Chiarimenti Interpretativi – Disciplina delle matrici materiali di riporto”** con specifico riferimento a:

- I.** Definizione e qualificazione giuridica delle matrici materiali di riporto. Le novità introdotte dal D.P.R. 120/2017
- II.** Quadro normativo di riferimento in materia di gestione
- III.** Gestione delle terre e rocce da scavo contenenti matrici materiali di riporto.

Con il D.P.R. 120/17 (**Regolamento recante disciplina semplificata della gestione terre e rocce da scavo ai sensi dell'art. 8 del D.L. n. 133 12/09/2014 con modificazioni dalla L. 11/11/2014 n. 164**), vigente dal 22/08/2017, si perviene ad un quadro normativo che può essere così sintetizzato:

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

Riferimenti Normativi

<p>Siti di grandi dimensioni soggetti a VIA e AIA <i>Come definiti nell'articolo 2, comma 1, lettera u del D.P.R. 120/17</i></p>	<p>Siti di piccole dimensioni <i>come definiti nell'articolo 2, comma 1, lettera t del D.P.R. 120/17</i></p> <p>Siti di grandi dimensioni non soggetti a VIA o AIA <i>Come definiti nell'articolo 2, comma 1, lettera v del D.P.R. 120/17</i></p>
<p>Ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. 120/17 per verificare il regime di applicazione dell'articolo 184 bis per Siti di grandi dimensioni soggetti a VIA e AIA devono essere rispettati i requisiti di cui all'Art. 4 del D.P.R. 120/17 e si applica il Capo II dello stesso D.P.R. che comprende gli artt. da 9 a 18 solo se, <i>sulla base della caratterizzazione ambientale effettuata in conformità agli allegati 1 e 2 del D.P.R. 120/17 siano soddisfatti i requisiti di qualità ambientale previsti dall'Allegato 4 dello stesso D.P.R. 120/2017 per le modalità di utilizzo specifico.</i></p> <p>Per questi siti si applicano le procedure dell'Allegato 1 e 2 del DPR 120/2017 ed è necessario redigere un Piano di Utilizzo delle terre e rocce da scavo (art. 9 del D.P.R. n. 120 del 13/06/2017 e All. 5) 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.).</p> <p>Il Piano di Utilizzo deve essere presentato dal proponente all'Autorità Competente ed all'Agenzia di protezione ambientale <u>almeno 90 gg prima dell'inizio dei lavori</u> e, nel caso di opera soggetta a VIA o AIA, prima della conclusione del procedimento.</p> <p>Per la redazione del Piano di Utilizzo è indispensabile l'esecuzione di una caratterizzazione ambientale del sito predisposta 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.P.R. 120/2017.</p>	<p>Ai sensi dell'art. 20 e dell'art. 22 del D.P.R. 120/17 per verificare il regime di applicazione dell'articolo 184 bis per siti di piccole dimensioni < 6000 mc e siti di grandi dimensioni (> 6000 mc) non soggetti a VIA o AIA devono essere rispettati i requisiti di cui all'Art. 4 del D.P.R. 120/17 e si applicano il Capo III (artt. 20 e 21) e Capo IV (art. 22) se il produttore dimostra, qualora siano destinate a recuperi, ripristini, rimodellamenti, riempimenti ambientali o altri utilizzi sul suolo, che <u>non siano superati i valori delle concentrazioni soglia di contaminazione di cui alle colonne A e B, Tabella 1, Allegato 5, al Titolo V, della Parte IV, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, con riferimento alle caratteristiche delle matrici ambientali e alla destinazione d'uso urbanistica del sito di destinazione, e che le terre e rocce da scavo non costituiscono fonte diretta o indiretta di contaminazione per le acque sotterranee, fatti salvi i valori di fondo naturale.</u></p> <p>Per la gestione delle terre e rocce da scavo il produttore attesta il rispetto dei requisiti richiesti mediante la predisposizione e la trasmissione della dichiarazione di cui all'Art. 21 - Dichiarazione di utilizzo per i cantieri di piccole dimensioni secondo le procedure e le modalità indicate negli articoli 20 e 21. "(All. 6 alla D.P.R. 120/2017) da trasmettere almeno <u>15 gg prima dell'inizio lavori di scavo</u> al comune del sito di produzione ed all'Agenzia di protezione ambientale territorialmente competente (ARPA).</p>
<p>Per tutti i tipi di sito si applicano gli Artt. 4, 5, 6 e 7 del D.P.R. 120/2017 e pertanto in particolare:</p> <ul style="list-style-type: none"> • devono essere verificati i requisiti di qualità ambientale dei materiali di scavo mediante una procedura di caratterizzazione chimico fisica e accertamento delle qualità ambientali in applicazione dell'Allegato 4 al D.P.R. 120/2017 con prelievo di campioni di terreno e successiva analisi chimica. • Deve essere utilizzato il Modulo di trasporto di cui all'Allegato 7 al D.P.R. 120/2017 • Deve essere prodotta la Dichiarazione di Avvenuto Utilizzo (DAU – Allegato 8 al D.P.R. 120/2017) entro il termini di validità del Piano di Utilizzo (siti di grandi dimensioni soggetti a VIA o AIA) o della dichiarazione di cui all'art. 21 (siti di piccole dimensioni o di grandi dimensioni non soggette a VIA o AIA) 	

Vengono inoltre definitivamente abrogati dal D.P.R. 120/2017 il D.M. n. 161 del 10/08/2012, l'art. 184-bis comma 2-bis, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 e gli articoli 41, comma 2, e 41-bis del decreto legge 21 giugno 2013, n. 69, convertito, con modificazioni, dalla legge 9 agosto 2013, n. 98.

Nel caso di **attività da scavo da realizzare in siti oggetto di bonifica** (già caratterizzati ai sensi dell'articolo 242 del D.lgs 152/2006) si applica il Titolo V (Artt. 25 e 26) e risulterà necessario un **piano di dettaglio** comprensivo della lista degli analiti da ricercare concordato con ARPA; quest'ultima rilascia parere ed eventuali prescrizioni entro 30 gg dalla presentazione della richiesta. Il proponente 30 gg prima dell'avvio dei lavori trasmette e predispone di un **piano operativo degli interventi** e dettagliato cronoprogramma con indicazione della data di inizio lavori (art. 25 D.P.R. 120/17). Sarà necessario in ogni caso garantire la conformità dei materiali da scavo alle CSC per la specifica destinazione d'uso o ai valori di fondo naturale (art. 26 D.P.R. 120/17).

Si ritiene pertanto opportuno per l'intervento di progetto, laddove sia verificata la mancanza di procedure VIA o AIA, **scegliere la procedura di utilizzo (in situ o fuori situ ovvero quale rifiuto speciale)** e **definire la normativa più idonea da adottare.**

Alla luce del quadro normativo esposto, **sia in caso di utilizzo entro sito che riutilizzo fuori sito viene richiesta la predisposizione di analisi chimiche dei terreni; in funzione alle procedure prettamente tecniche e qualificate richieste dal D.P.R. 120/2017 si consiglia vivamente di predisporre un Piano di Caratterizzazione Ambientale sotto la direzione del Geologo e/o di idonea figura professionale** che potrà essere utilizzato, comunque, sia ai sensi del Capo III e IV del D.P.R 120/2017 per l'applicazione del regime di art. 184 bis del D. Lgs. 152/06 e s.m.i. (ri-utilizzo fuori sito) sia ai sensi del Titolo IV del D.P.R.120/2017 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

Dall'analisi della più recente cartografia riferibile alla *Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del Piano di Governo del Territorio* è stato verificato che il sito di progetto ricade nella *Classe di Fattibilità 2a 2e con modeste limitazioni definite rispettivamente come "Aree a media vulnerabilità delle acque sotterranee (prima falda)" e "Aree con terreni a caratteristiche geotecniche da discrete a buone e condizioni pianeggianti o con versanti debolmente acclivi"* (*Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del Piano di Governo del Territorio – Agosto 2011- Rev. 01 Gennaio 2016 – Dott. Geol. Rosanna Lentini*).

Nello studio del PGT 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 (*Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del Piano di Governo del Territorio "Carta dei Vincoli geologici" Tav. SG T10 - Agosto 2011, Rev. 01 Gennaio 2016 - Dott. Geol. Rosanna Lentini*).

Presa visione del PGRA (*Piano di Gestione del Rischio Alluvioni – D.G.R. X/6738/2017*) è stato riscontrato che l'area di interesse non risulta inclusa entro aree a pericolosità e rischio alluvione.

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 gardesana (vedi Cap. 3); l'assetto idrogeologico è stato definito con particolare dettaglio (vedi §2.6) quale approfondimento relativo alla classe di fattibilità 2a.

Mediante i rilievi geologici ed i dati raccolti (Cap. 4) è stato possibile eseguire gli approfondimenti relativi alle caratteristiche geotecniche ed idrogeologiche dei terreni, compatibili con la *classe di fattibilità 2e e 2a* individuate, e formulare un modello geologico-geotecnico-geofisico (vedi Cap. 5).

Dal punto di vista della Pericolosità Sismica Locale l'area è stata classificata nello studio della *Componente Geologica Idrogeologica e Sismica del PGT (Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del Piano di Governo del Territorio "Carta della pericolosità sismica locale" Tav. SG T07 - Agosto 2011, Rev. 02 Gennaio 2016 - Dott. Geol. Rosanna Lentini)*, entro lo scenario di pericolosità sismica Z4c "*Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (comprese le coltri loessiche)*" per il quale vengono segnalati locali valori di *Fa* di sito superiori a quelli di "*soglia*" normativa (vedi Carta di Fattibilità, soprariportata) e quindi potenziali fenomeni di amplificazione sismica tali da rendere non sufficiente l'utilizzo dei parametri sismici definiti in base alla normativa vigente per edifici con periodo T compreso tra 0,1 s e 0,5 s (D.M. 17/01/2018).

Sono stati pertanto previsti approfondimenti sismici relativi all'amplificazione litologica ai sensi della D.G.R. 9/2616/2011: l'analisi di 2° livello sito specifica eseguita ai sensi dell'All.5 della D.G.R. 9/2616/2011 (§6.1.1) ha permesso di verificare che, per quanto concerne l'amplificazione litologica (Z4) i parametri sismici della normativa più recente (D.M.14/01/08, D.M.17/01/18, OPCM 3519 del 27/04/2006), sono sufficienti a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica assumendo in progetto la Categoria di Sottosuolo C, sia per edifici con periodo T compreso tra 0,1 s e 0,5 s che con periodo T compreso tra 0,5 s e 1,5 s.



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).

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 (§2.4.2 NTC-18) 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).

Per quanto concerne la *stabilità alla liquefazione* si è ritenuto il sito d'interesse soggetto ad esclusione alla verifica alla liquefazione ai sensi del D.M. 17/01/18 (§6.4.2) in funzione della litologia prevalente stimata.

Sulla base del modello geologico-geotecnico definito sono pertanto state identificate le 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 inoltre fatte alcune valutazioni circa la compatibilità degli interventi di progetto con la vulnerabilità idrogeologica individuata dalle norme di PGT (vedi §7.1).

Sono state quindi analizzate le dimensioni di fondazioni superficiali nastriformi che potranno essere utilizzate dal Progettista (§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.

Sono state date indicazioni circa l'esecuzione degli scavi in condizioni di sicurezza (§9.1) e riguardo le linee guida generali per il riutilizzo di eventuali materiali escavati in adempimento alle normative vigenti (§9.2).

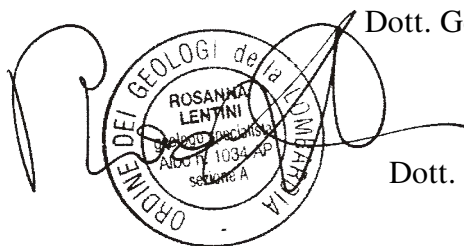
Sulla base di quanto sopradescritto l'intervento di progetto, se eseguito secondo le prescrizioni del presente studio risulta compatibile con la Classe di Fattibilità Geologica individuata e con le Normative di Vincolo Geologico e di Pericolosità Sismica vigenti e con le limitazioni derivanti dal PGRA.

Essendo il modello geologico-geotecnico ipotizzato sulla base di indagini puntuali ed indirette, si richiede la verifica delle ipotesi fatte nella presente relazione con particolare riguardo alla verifica dell'eventuale presenza di coltre rimaneggiata e della presenza di eventuali lenti di depositi superficiali scadenti o di fenomeni di filtrazione idrica.



Si specifica che in adempimento alla normativa vigente (D.M. 17/01/18 e D.G.R 10/5001/2016) 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, 18 Ottobre 2018



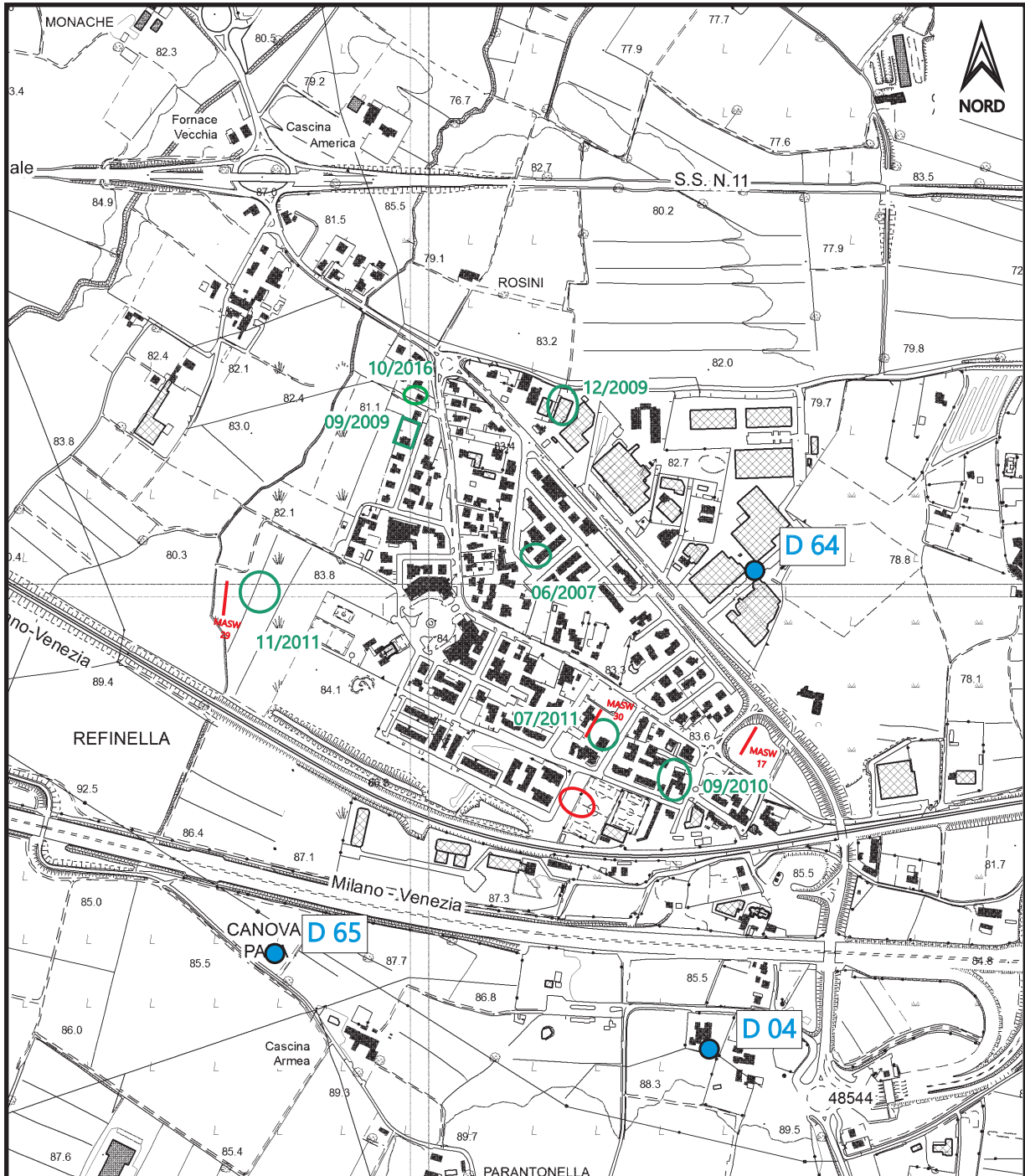
Dott. Geol. Rosanna Lentini

Dott. Elisa Lancini

Dott. Geol. Mirko Braiato



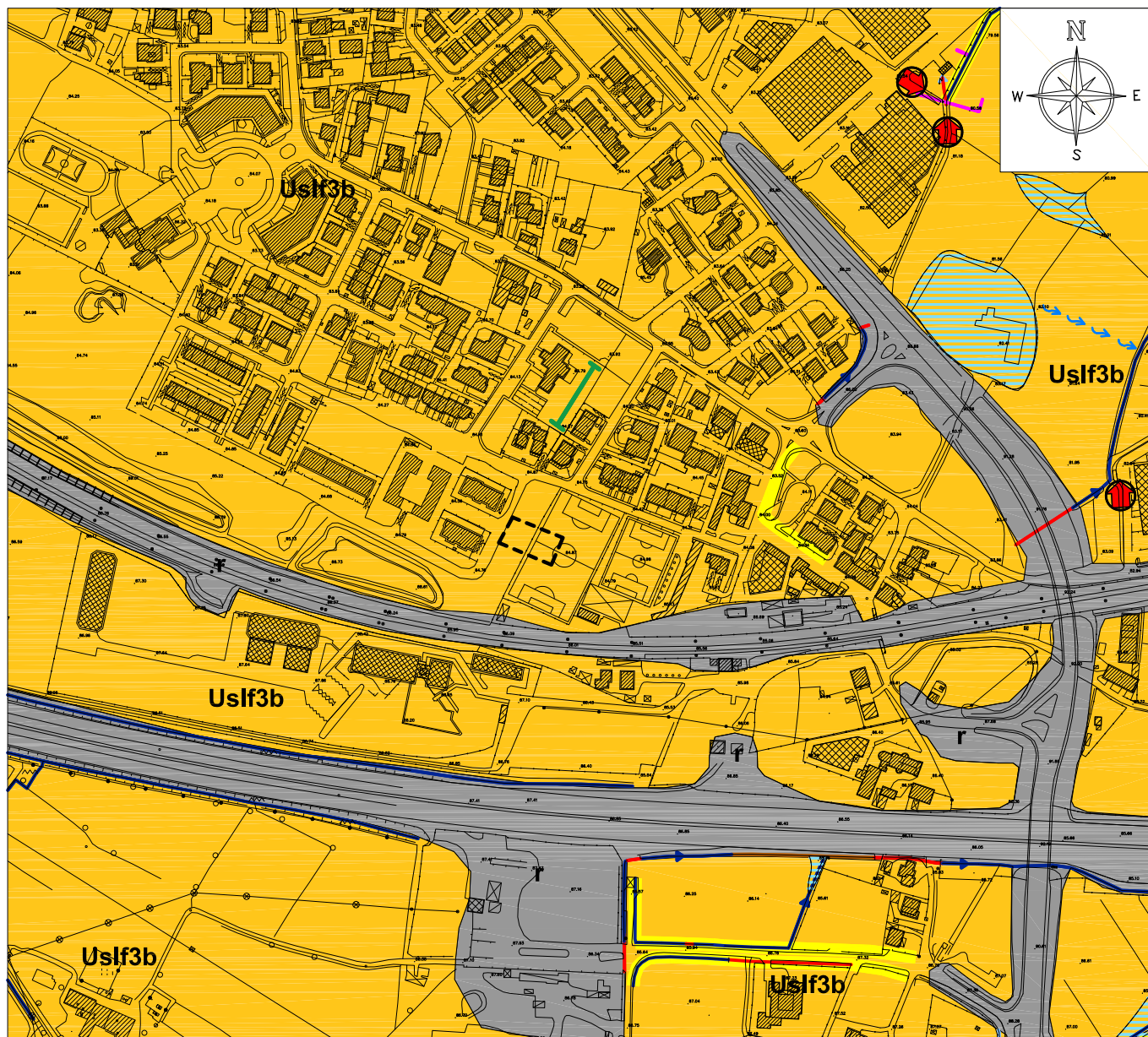
COROGRAFIA CON UBICAZIONE DEI POZZI E DI INDAGINI PRECEDENTI Scala 1:10.000



LEGENDA

- Area in esame
- 11/2011 Aree oggetto di precedenti indagini
- D 64 Pozzo con stratigrafia
- MASW — Stendimento Sismico (MASW)
 (da Dati Sismistratigrafici del PGT)

CARTA GEOLOGICA CON ELEMENTI GEOMORFOLOGICI E DEL RETICOLO IDROGRAFICO Scala 1:5.000



Legenda



Area d'indagine



Linea sismica MASW eseguita per indagini precedenti

UNITA' LITOSTRATIGRAFICHE



Materiali di riporto

COPERTURE QUATERNARIE

UNITA' DI SOLFERINO (Pleistocene superiore)



Depositi di contatto glaciale

b) depositi fini sabbioso limosi, limoso-sabbiosi limoso-argillosi ed argillosi (morena di fondo)

ELEMENTI DEL RETICOLO IDROGRAFICO

RETE DI COLLETTAMENTO DELLE ACQUE METEORICHE E ACQUE DI DRENAGGIO

Corso d'acqua naturale (In rosso: tratto intubato)

RETICOLO IDROGRAFICO MINORE DI COMPETENZA COMUNALE (DGR X/2591 all.D)

Rete di collettamento delle acque meteoriche e di drenaggio (In rosa: tratto intubato, cieco o drenante)

FENOMENI IDROMORFICI E GEOMORFICI

[] Tratto di corso d'acqua con situazioni di degrado dell'alveo e/o delle sponde per mancanza di manutenzione

➔ Accumulo di materiale lungo le sponde e/o in alveo che può ostacolare il deflusso delle acque di piena

➔ Scarichi in alveo

➔ Ruscellamento

PUNTI DI INTERAZIONE TRA R.I.M. E RETE FOGNARIA

Immissione di acque bianche dalla rete fognaria al R.I.M.

ELEMENTI DI RILIEVO DEL SISTEMA IDROGRAFICO



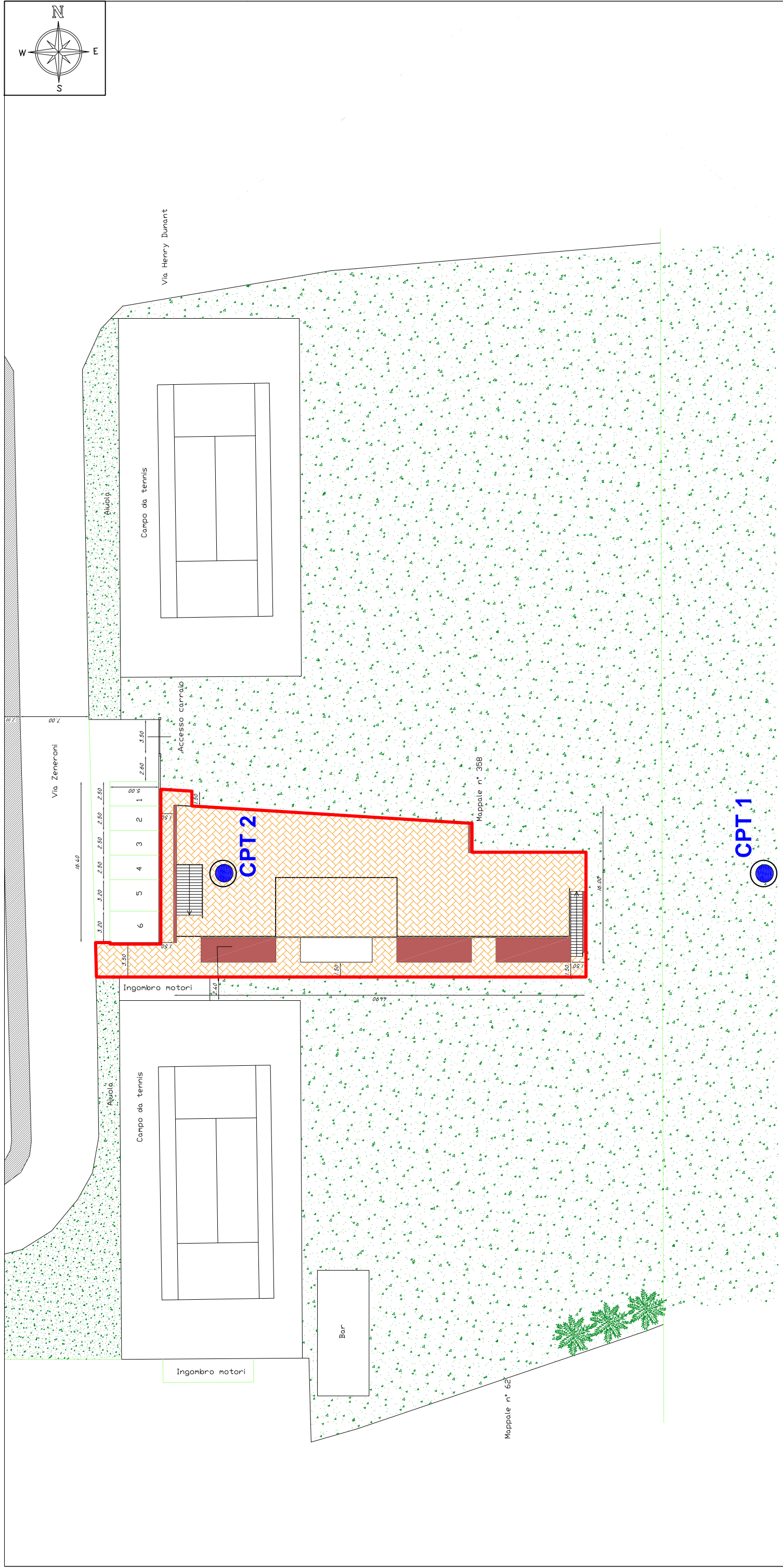
Aree Esondabili



Corpo idrico identificato come demaniale nella cartografia catastale

PLANIMETRIA CON UBICAZIONE DEI PUNTI DI INDAGINE

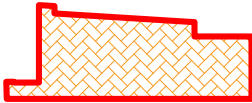
Scala 1:400



Legenda

CPT 1 

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



Struttura di nuova realizzazione



PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT**1**riferimento **2017 100 R RG**certificato n° **01**

n° verb. accett.

Committente: **Comune di Desenzano**Cantiere: **Campo sportivo**Località: **Via H. Dunant - San Martino d/B (BS)**U.M.: **kg/cm²**Data esec.: **11/07/2018**Pagina: **1**Data certificato: **25/09/2018**

Elaborato:

Aste umide: **-3,00 m da p.c.**Falda: **-2,76 m da p.c.**

H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf	H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf
m	-	-	-	kg/cm²	kg/cm²	-	%	m	-	-	-	kg/cm²	kg/cm²	-	%
0,20	19,0			19,00	-2,00	-10	-10,5								
0,40	30,0			30,00	1,73	17	5,8								
0,60	21,0	47,0		21,00	1,33	16	6,3								
0,80	33,0	53,0		33,00	1,33	25	4,0								
1,00	41,0	61,0		41,00	2,20	19	5,4								
1,20	69,0	102,0		69,00	2,20	31	3,2								
1,40	81,0	114,0		81,00	1,73	47	2,1								
1,60	48,0	74,0		48,00	2,07	23	4,3								
1,80	51,0	82,0		51,00	2,20	23	4,3								
2,00	37,0	70,0		37,00	1,80	21	4,9								
2,20	37,0	64,0		37,00	1,87	20	5,1								
2,40	34,0	62,0		34,00	1,87	18	5,5								
2,60	34,0	62,0		34,00	2,00	17	5,9								
2,80	31,0	61,0		31,00	1,93	16	6,2								
3,00	30,0	59,0		30,00	2,07	14	6,9								
3,20	44,0	75,0		44,00	1,87	24	4,3								
3,40	28,0	56,0		28,00	1,73	16	6,2								
3,60	28,0	54,0		28,00	2,00	14	7,1								
3,80	30,0	60,0		30,00	1,73	17	5,8								
4,00	47,0	73,0		47,00	2,13	22	4,5								
4,20	71,0	103,0		71,00	2,27	31	3,2								
4,40	36,0	70,0		36,00	2,13	17	5,9								
4,60	32,0	64,0		32,00	1,73	18	5,4								
4,80	32,0	58,0		32,00	1,60	20	5,0								
5,00	33,0	57,0		33,00	1,27	26	3,8								
5,20	31,0	50,0		31,00	1,67	19	5,4								
5,40	35,0	60,0		35,00	2,00	18	5,7								
5,60	42,0	72,0		42,00	2,40	18	5,7								
5,80	56,0	92,0		56,00	4,27	13	7,6								
6,00	103,0	167,0		103,00	2,87	36	2,8								
6,20	44,0	87,0		44,00	2,80	16	6,4								
6,40	46,0	88,0		46,00	1,20	38	2,6								
6,60	23,0	41,0		23,00	1,13	20	4,9								
6,80	25,0	42,0		25,00	1,13	22	4,5								
7,00	23,0	40,0		23,00	0,93	25	4,0								
7,20	20,0	34,0		20,00	1,00	20	5,0								
7,40	18,0	33,0		18,00	1,00	18	5,6								
7,60	18,0	33,0		18,00	0,93	19	5,2								
7,80	17,0	31,0		17,00	0,73	23	4,3								
8,00	13,0	24,0		13,00	0,53	25	4,1								
8,20	12,0	20,0		12,00	0,53	23	4,4								
8,40	12,0	20,0		12,00	1,93	6	16,1								
8,60	33,0	62,0		33,00	2,13	15	6,5								
8,80	54,0	86,0		54,00	0,67	81	1,2								
9,00	12,0	22,0		12,00	0,47	26	3,9								
9,20	11,0	18,0		11,00	0,60	18	5,5								
9,40	9,0	18,0		9,00	0,60	15	6,7								
9,60	13,0	22,0		13,00	0,67	19	5,2								
9,80	13,0	23,0		13,00	0,80	16	6,2								
10,00	14,0	26,0		14,00	0,67	21	4,8								
10,20	14,0	24,0		14,00	0,80	18	5,7								
10,40	14,0	26,0		14,00	0,80	18	5,7								
10,60	19,0	31,0		19,00	0,60	32	3,2								
10,80	13,0	22,0		13,00	0,73	18	5,6								
11,00	15,0	26,0		15,00	0,67	22	4,5								
11,20	15,0	25,0		15,00	0,73	21	4,9								
11,40	14,0	25,0		14,00	0,73	19	5,2								
11,60	14,0	25,0		14,00	0,67	21	4,8								
11,80	16,0	26,0		16,00	0,73	22	4,6								
12,00	15,0	26,0		15,00											

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

1

riferimento **2017 100 R RG**

certificato n°

01

n° verb. accett.

Committente: **Comune di Desenzano**

Cantiere: **Campo sportivo**

Località: **Via H. Dunant - San Martino d/B (BS)**

U.M.: **kg/cm²**

Scala: **1:75**

Pagina: **1**

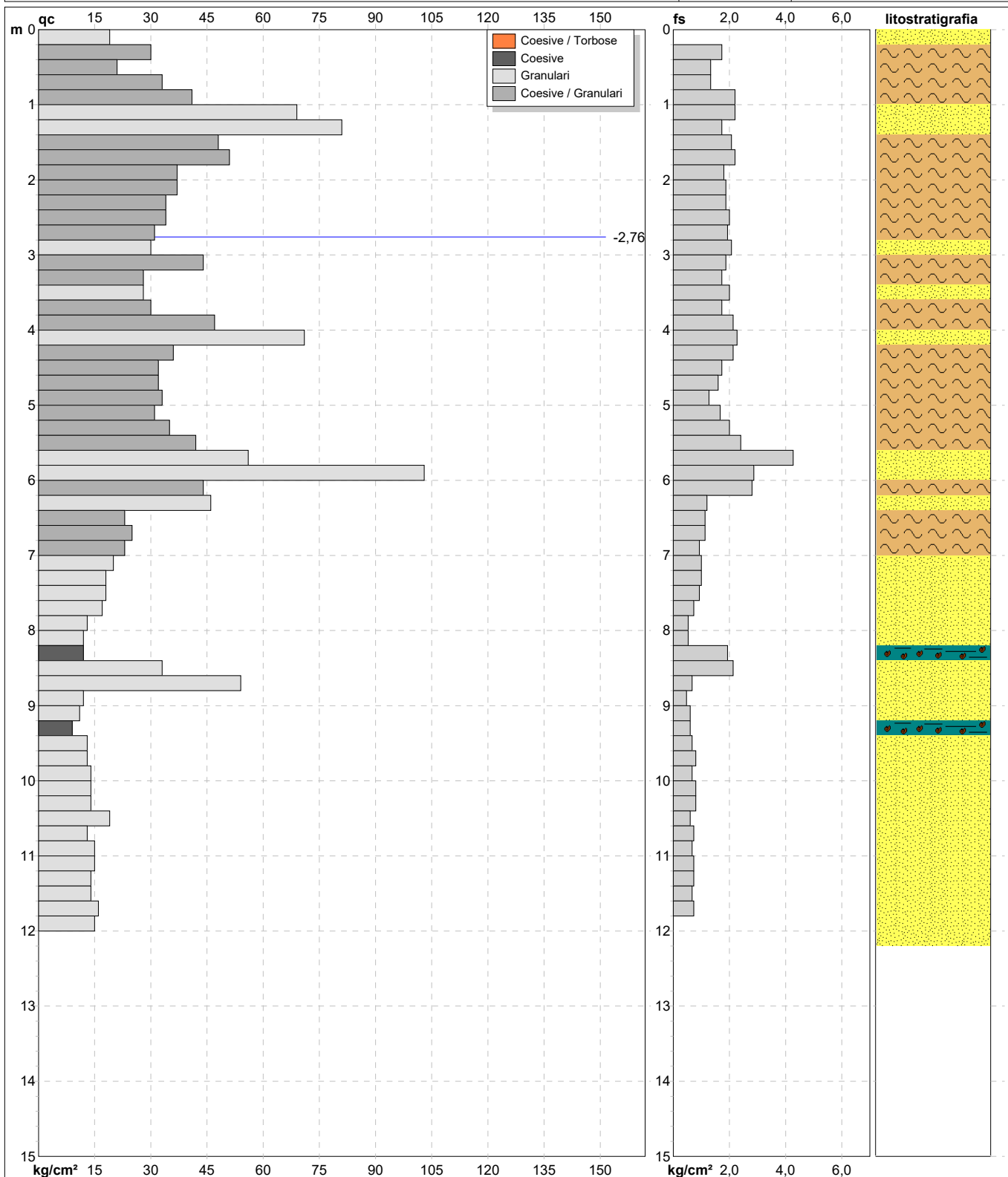
Elaborato:

Data esec.: **11/07/2018**

Data certificato: **25/09/2018**

Quota inizio: **Piano Campagna**

Falda: **-2,76 m da p.c.**



Litologia: **Begemann [qc + qc/fs] 4 Zone**

Penetrometro: **TG63-200S**

Responsabile:

Assistente:

Preforo: **m**

Corr.astine: **kg/ml**

Cod. punta:

FON079

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT

1

riferimento **2017 100 R RG**

certificato n° **01**

n° verb. accett.

Committente: **Comune di Desenzano**

Cantiere: **Campo sportivo**

Località: **Via H. Dunant - San Martino d/B (BS)**

U.M.: **kg/cm²**

Scala: **1:75**

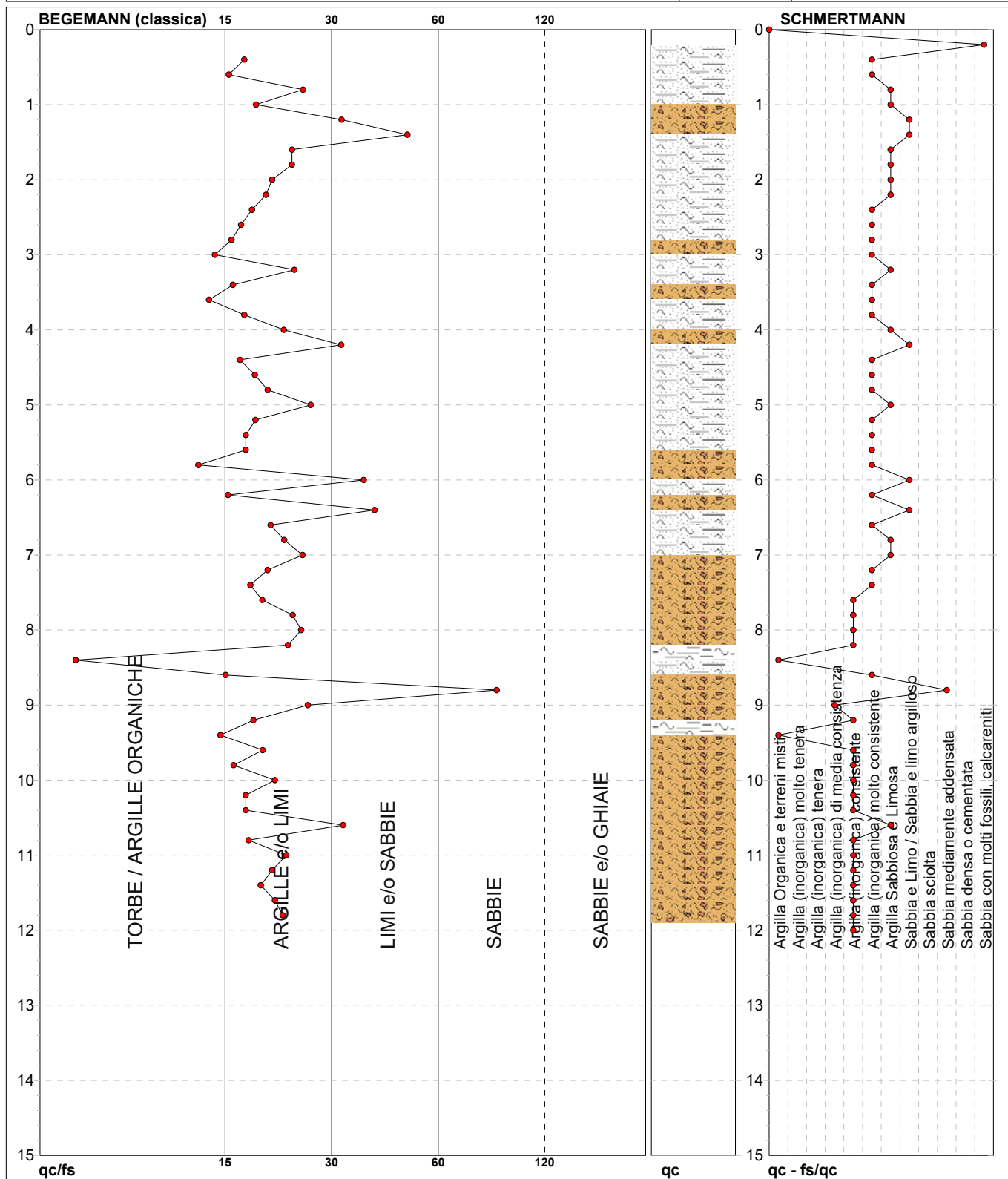
Pagina: **1**

Elaborato:

Data eseg.: **11/07/2018**

Data certificato: **25/09/2018**

Falda: **-2,76 m** da p.c.



Torbe / Argille org. :	6 punti, 8,11%	Argilla Organica e terreni misti:	2 punti, 2,70%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	12 punti, 16,22%
Argille e/o Limi :	46 punti, 62,16%	Argilla (inorganica) media consist.:	1 punti, 1,35%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	5 punti, 6,76%
Limi e/o Sabbie :	6 punti, 8,11%	Argilla (inorganica) consistente:	16 punti, 21,62%	Sabbia mediamente addensata:	1 punti, 1,35%
Sabbie:	1 punti, 1,35%	Argilla (inorganica) molto consist.:	21 punti, 28,38%	Sabbia con molti fossili, calcareniti:	1 punti, 1,35%



PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

PARAMETRI GEOTECNICI

CPT**1**riferimento **2017 100 R RG**

certificato n°

01

n° verb. accett.

Committente: **Comune di Desenzano**Cantiere: **Campo sportivo**Località: **Via H. Dunant - San Martino d/B (BS)**U.M.: **kg/cm²**

Data esec.: 11/07/2018

Data certificato: 25/09/2018

Pagina: 1

Elaborato:

Falda: -2,76 m da p.c.

NATURA COESIVA**NATURA GRANULARE**

Prof.	qc	qc/fs	zone	γ'	σ'_{vo}	Vs	Cu	OCR	Eu50	Eu25	Mo	Dr	Sc	Ca	Ko	DB	DM	Me	FL1	FL2	E'50	E'25	Mo
m	U.M.			t/m ³	U.M.	m/s	U.M.	%	U.M.	U.M.	U.M.	%	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)			U.M.	U.M.	U.M.
0.20	19.00	--	3	1.85	0.04	144	--	--	--	--	--	95	43	41	38	36	44	27	--	--	31.7	47.5	57.0
0.40	30.00	17.34	4	1.96	0.08	150	1.00	99.9	170.0	255.0	90.0	93	42	39	37	34	43	29	--	--	50.0	75.0	90.0
0.60	21.00	15.79	4	1.93	0.11	145	0.82	73.8	140.0	210.0	63.0	71	40	36	33	31	40	27	--	--	35.0	52.5	63.0
0.80	33.00	24.81	4	1.97	0.15	151	1.10	73.2	187.0	280.5	99.0	79	41	36	34	31	40	29	--	--	55.0	82.5	99.0
1.00	41.00	18.64	4	2.00	0.19	155	1.37	72.0	232.3	348.5	123.0	81	41	36	34	31	40	30	--	--	68.3	102.5	123.0
1.20	69.00	31.36	3	1.95	0.23	170	--	--	--	--	--	95	43	38	35	33	42	32	--	--	115.0	172.5	207.0
1.40	81.00	46.82	3	1.97	0.27	176	--	--	--	--	--	96	43	38	35	33	42	33	--	--	135.0	202.5	243.0
1.60	48.00	23.19	4	2.01	0.31	159	1.60	48.3	272.0	408.0	144.0	75	40	35	32	30	39	31	--	--	80.0	120.0	144.0
1.80	51.00	23.18	4	2.01	0.35	161	1.70	44.8	289.0	433.5	153.0	74	40	34	32	30	39	31	--	--	85.0	127.5	153.0
2.00	37.00	20.56	4	1.99	0.39	153	1.23	26.2	209.7	314.5	111.0	61	39	32	29	28	37	30	--	--	61.7	92.5	111.0
2.20	37.00	19.79	4	1.99	0.43	153	1.23	23.3	209.7	314.5	111.0	58	38	32	29	27	36	30	--	--	61.7	92.5	111.0
2.40	34.00	18.18	4	1.98	0.47	152	1.13	18.8	192.7	289.0	102.0	53	38	31	28	26	35	29	--	--	56.7	85.0	102.0
2.60	34.00	17.00	4	1.98	0.51	152	1.13	17.0	192.7	289.0	102.0	51	37	31	28	26	35	29	--	--	56.7	85.0	102.0
2.80	31.00	16.06	4	0.97	0.53	150	1.03	14.4	175.7	263.5	93.0	47	37	30	27	25	34	29	--	--	51.7	77.5	93.0
3.00	30.00	14.49	4	0.96	0.55	150	1.00	13.2	170.0	255.0	90.0	45	37	30	27	25	34	29	--	--	50.0	75.0	90.0
3.20	44.00	23.53	4	1.00	0.57	157	1.47	20.4	249.3	374.0	132.0	57	38	31	28	27	36	31	--	--	73.3	110.0	132.0
3.40	28.00	16.19	4	0.96	0.59	149	0.97	11.6	164.1	246.2	84.0	41	36	29	26	24	33	28	--	--	46.7	70.0	84.0
3.60	28.00	14.00	4	0.96	0.61	149	0.97	11.2	164.1	246.2	84.0	40	36	29	26	24	33	28	--	--	46.7	70.0	84.0
3.80	30.00	17.34	4	0.96	0.63	150	1.00	11.2	170.0	255.0	90.0	42	36	29	26	24	33	29	--	--	50.0	75.0	90.0
4.00	47.00	22.07	4	1.01	0.65	158	1.57	18.9	266.3	399.5	141.0	57	38	31	28	26	35	31	--	--	78.3	117.5	141.0
4.20	71.00	31.28	3	0.95	0.67	171	--	--	--	--	--	70	40	33	30	28	37	32	--	--	118.3	177.5	213.0
4.40	36.00	16.90	4	0.99	0.69	153	1.20	12.6	204.0	306.0	108.0	46	37	29	26	25	33	30	--	--	60.0	90.0	108.0
4.60	32.00	18.50	4	0.97	0.71	151	1.07	10.5	181.3	272.0	96.0	41	36	29	26	24	33	29	--	--	53.3	80.0	96.0
4.80	32.00	20.00	4	0.97	0.73	151	1.07	10.2	181.3	272.0	96.0	41	36	29	25	24	32	29	--	--	53.3	80.0	96.0
5.00	33.00	25.98	4	0.97	0.74	151	1.10	10.2	187.0	280.5	99.0	41	36	29	26	24	32	29	--	--	55.0	82.5	99.0
5.20	31.00	18.56	4	0.97	0.76	150	1.03	9.2	181.6	272.4	93.0	38	36	28	25	24	32	29	--	--	51.7	77.5	93.0
5.40	35.00	17.50	4	0.98	0.78	152	1.17	10.3	198.3	297.5	105.0	42	36	29	26	24	32	29	--	--	58.3	87.5	105.0
5.60	42.00	17.50	4	1.00	0.80	156	1.40	12.6	238.0	357.0	126.0	48	37	29	26	25	33	30	--	--	70.0	105.0	126.0
5.80	56.00	13.11	4	1.01	0.82	163	1.87	17.4	317.3	476.0	168.0	57	38	31	28	26	35	31	--	--	93.3	140.0	168.0
6.00	103.00	35.89	3	1.00	0.84	188	--	--	--	--	--	77	41	34	31	29	38	34	--	--	171.7	257.5	309.0
6.20	44.00	15.71	4	1.00	0.86	157	1.47	12.2	249.3	374.0	132.0	47	37	29	26	25	33	31	--	--	73.3	110.0	132.0
6.40	46.00	38.33	3	0.91	0.88	158	--	--	--	--	--	48	37	29	26	25	33	31	--	--	76.7	115.0	138.0
6.60	23.00	20.35	4	0.94	0.90	146	0.87	6.0	238.6	357.9	69.0	24	34	26	23	21	29	28	--	--	38.3	57.5	69.0
6.80	25.00	22.12	4	0.94	0.92	147	0.91	6.2	241.2	361.8	75.0	26	34	26	23	22	30	28	--	--	41.7	62.5	75.0
7.00	23.00	24.73	4	0.94	0.94	146	0.87	5.7	252.2	378.3	69.0	23	34	26	22	21	29	28	--	--	38.3	57.5	69.0
7.20	20.00	20.00	4	0.93	0.96	144	0.80	5.0	264.0	396.1	60.0	18	33	25	22	20	28	27	--	--	33.3	50.0	60.0
7.40	18.00	18.00	2	0.98	0.98	143	0.75	4.5	272.4	408.6	56.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7.60	18.00	19.35	2	0.98	1.00	143	0.75	4.4	278.1	417.2	56.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7.80	17.00	23.29	2	0.97	1.02	143	0.72	4.1	283.6	425.4	54.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8.00	13.00	24.53	2	0.93	1.03	141	0.60	3.2	287.8	431.8	46.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8.20	12.00	22.64	2	0.92	1.05	140	0.57	2.9	285.3	427.9	44.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8.40	12.00	6.22	2	0.92	1.07	140	0.57	2.9	288.1	432.1	44.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8.60	33.00	15.49	4	0.97	1.09	151	1.10	6.3	283.5	425.2	99.0	32	35	27	24	22	30	29	--	--	55.0	82.5	99.0
8.80	54.00	80.60	3	0.92	1.11	162	--	--	--	--	--	48	37	29	26	24	33	31	--	--	90.0	135.0	162.0
9.00	12.00	25.53	2	0.92	1.13	140	0.57	2.7	295.6	443.4	44.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9.20	11.00	18.33	2	0.91	1.15	140	0.54	2.4	286.8	430.2	42.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9.40	9.00	15.00	2	0.88	1.16	139	0.45	1.9	254.0	381.0	37.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9.60	13.00	19.40	2	0.93	1.18	141	0.60	2.7	311.4	467.1	46.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9.80	13.00	16.25	2	0.93	1.20	141	0.60	2.7	313.7	470.5	46.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10.00	14.00	20.90	2	0.94	1.22	141	0.64	2.8	324.5	486.8	48.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10.20	14.00	17.50	2	0.94	1.24	141	0.64	2.7	327.0	490.5	48.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10.40	14.00	17.50	2	0.94	1.26	141	0.64	2.7	329.3	494.0	48.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10.60	19.00	31.67	4	0.92	1.28	144	0.78	3.4	358.1	537.2	58.1	9	32	23	20	19	26	27	--	--	31.7	47.5	57.0
10.80	13.00	17.81	2	0.93	1.29	141	0.60	2.4	323.4	485.1	46.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11.00	15.00	22.39	2	0.95	1.31	142	0.67	2.7	344.5	516.8	49.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11.20	15.00	20.55	2	0.95	1.33	142	0.67	2.6	346.8	520.2	49.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11.40	14.00	19.18	2	0.94	1.35	141	0.64	2.5	339.4	509.0	48.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11.60	14.00	20.90	2	0.94	1.37	141	0.64	2.4	341.1	511.6	48.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11.80	16.00	21.92	2	0.96	1.39	142	0.70	2.6	361.7	542.6	51.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12.00	15.00	--	3	0.84	1.41	142	--	--	--	--	--	--	31	22	18	17	25	27	--	--	25.0	37.5	45.0



PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT**2**riferimento **2017 100 R RG**certificato n° **02**

n° verb. accett.

Committente: **Comune di Desenzano**Cantiere: **Campo sportivo**Località: **Via H. Dunant - San Martino d/B (BS)**U.M.: **kg/cm²**Data esec.: **11/07/2018**Data certificato: **25/09/2018**Pagina: **1**Aste umide: **-3,00 m da p.c.**

Elaborato:

Falda: **-3,20 m da p.c.**

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %
0,20	13,0			13,00	-1,80	-7	-13,8								
0,40	27,0			27,00	1,67	16	6,2								
0,60	43,0	68,0		43,00	1,80	24	4,2								
0,80	65,0	92,0		65,00	2,47	26	3,8								
1,00	73,0	110,0		73,00	1,93	38	2,6								
1,20	80,0	109,0		80,00	1,73	46	2,2								
1,40	67,0	93,0		67,00	2,33	29	3,5								
1,60	53,0	88,0		53,00	2,33	23	4,4								
1,80	48,0	83,0		48,00	1,67	29	3,5								
2,00	33,0	58,0		33,00	2,40	14	7,3								
2,20	41,0	77,0		41,00	2,73	15	6,7								
2,40	47,0	88,0		47,00	2,40	20	5,1								
2,60	37,0	73,0		37,00	2,40	15	6,5								
2,80	36,0	72,0		36,00	3,87	9	10,8								
3,00	95,0	153,0		95,00	2,27	42	2,4								
3,20	64,0	98,0		64,00	2,40	27	3,8								
3,40	61,0	97,0		61,00	1,20	51	2,0								
3,60	63,0	81,0		63,00	2,13	30	3,4								
3,80	41,0	73,0		41,00	3,00	14	7,3								
4,00	48,0	93,0		48,00	3,13	15	6,5								
4,20	163,0	210,0		163,00	2,73	60	1,7								
4,40	46,0	87,0		46,00	1,93	24	4,2								
4,60	31,0	60,0		31,00	1,53	20	4,9								
4,80	23,0	46,0		23,00	2,27	10	9,9								
5,00	53,0	87,0		53,00	2,00	27	3,8								
5,20	37,0	67,0		37,00	2,27	16	6,1								
5,40	34,0	68,0		34,00	1,40	24	4,1								
5,60	33,0	54,0		33,00	1,13	29	3,4								
5,80	28,0	45,0		28,00	2,13	13	7,6								
6,00	81,0	113,0		81,00	4,53	18	5,6								
6,20	217,0	285,0		217,00	6,33	34	2,9								
6,40	385,0	480,0		385,00	1,20	321	0,3								

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

2

rilasciato **2017 100 R RG**

certificato n°

02

n° verb. accett.

Committente: **Comune di Desenzano**

Cantiere: **Campo sportivo**

Località: **Via H. Dunant - San Martino d/B (BS)**

U.M.: **kg/cm²**

Scala: **1:75**

Pagina: **1**

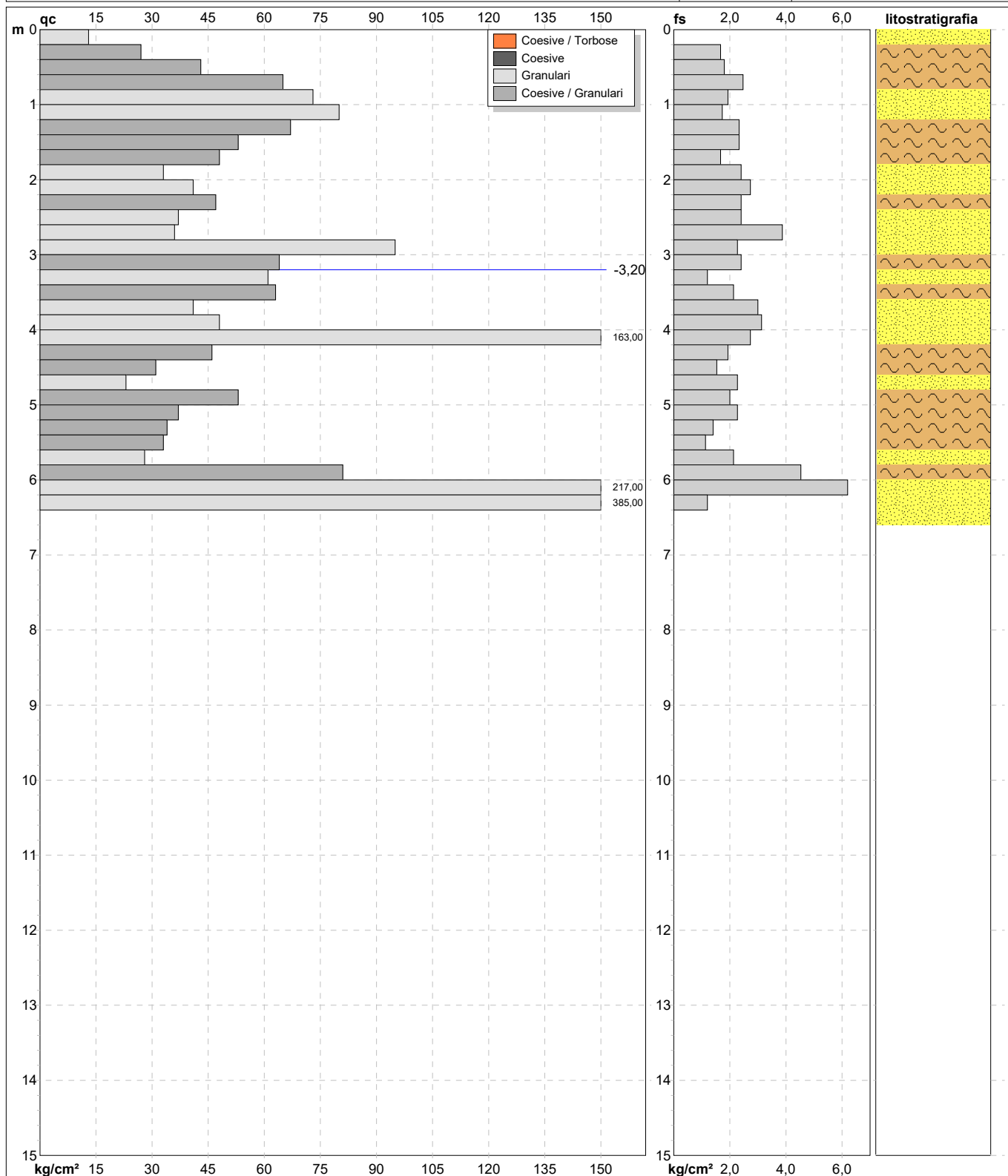
Elaborato:

Data eseg.: **11/07/2018**

Data certificato: **25/09/2018**

Quota inizio: **Piano Campagna**

Falda: **-3,20 m da p.c.**



Litologia: **Begemann [qc + qc/fs] 4 Zone**

Penetrometro: **TG63-200S**

Responsabile:

Assistente:

Preforo: **m**

Corr.astine: **kg/ml**

Cod. punta:

FON079

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT

2

riferimento **2017 100 R RG**

certificato n° **02**

n° verb. accett.

Committente: **Comune di Desenzano**

Cantiere: **Campo sportivo**

Località: **Via H. Dunant - San Martino d/B (BS)**

U.M.: **kg/cm²**

Scala: **1:75**

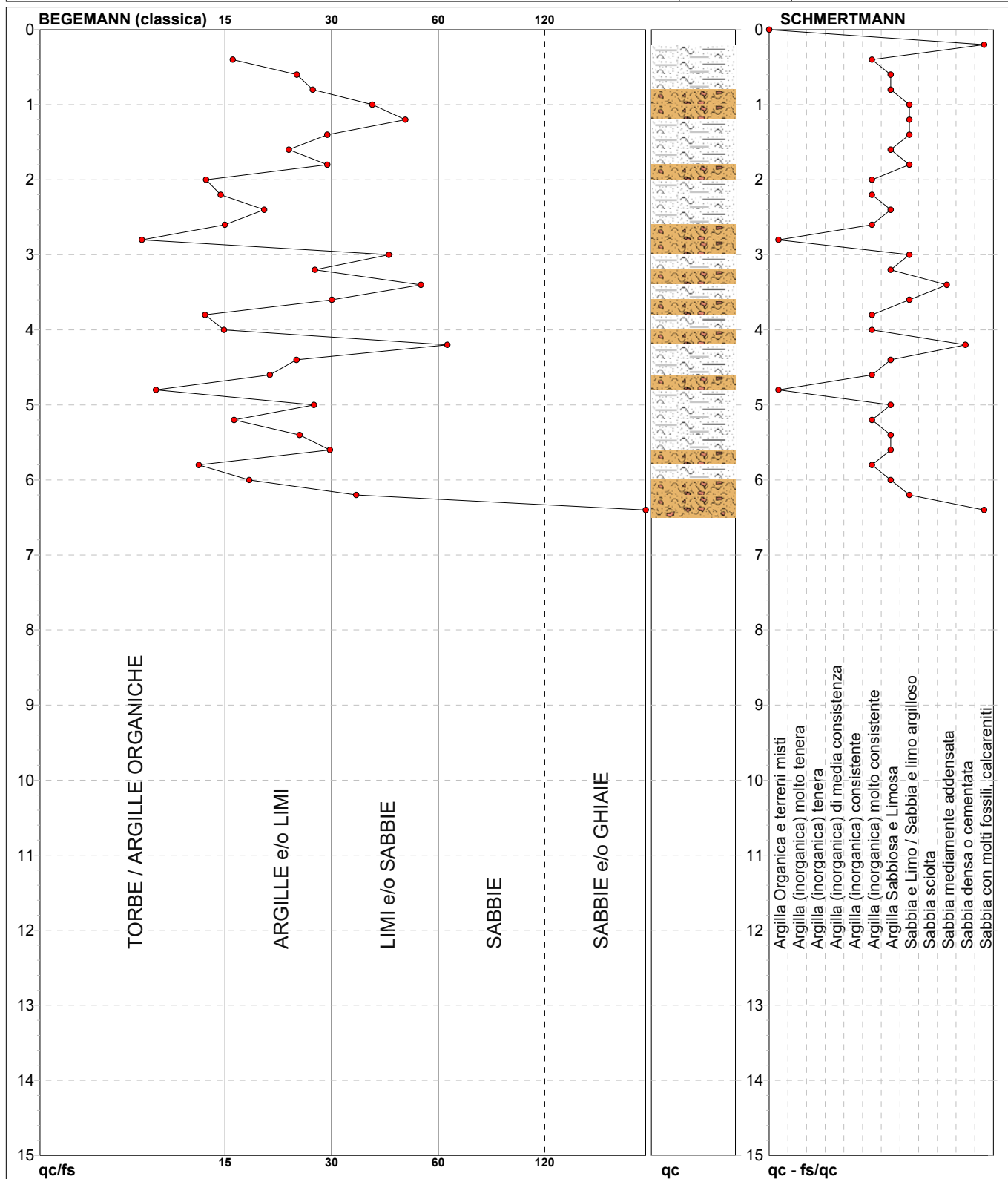
Pagina: **1**

Elaborato:

Data esec.: **11/07/2018**

Data certificato: **25/09/2018**

Falda: **-3,20 m** da p.c.



Torbe / Argille org. :	49 punti, 66,22%
Argille e/o Limi :	19 punti, 25,68%
Limi e/o Sabbie :	6 punti, 8,11%
Sabbie e/o Ghiaie :	1 punti, 1,35%

Argilla Organica e terreni misti:	2 punti, 2,70%
Argilla (inorganica) molto consist.:	9 punti, 12,16%

Argilla Sabbiosa e Limosa:	10 punti, 13,51%
Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	7 punti, 9,46%
Sabbia mediamente addensata:	1 punti, 1,35%
Sabbia densa o cementata:	1 punti, 1,35%
Sabbia con molti fossili, calcareniti:	2 punti, 2,70%

FON079

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820



PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

PARAMETRI GEOTECNICI

CPT**2**riferimento **2017 100 R RG**certificato n° **02**

n° verb. accett.

Committente: **Comune di Desenzano**Cantiere: **Campo sportivo**Località: **Via H. Dunant - San Martino d/B (BS)**U.M.: **kg/cm²**Data esec.: **11/07/2018**Pagina: **1**Data certificato: **25/09/2018**

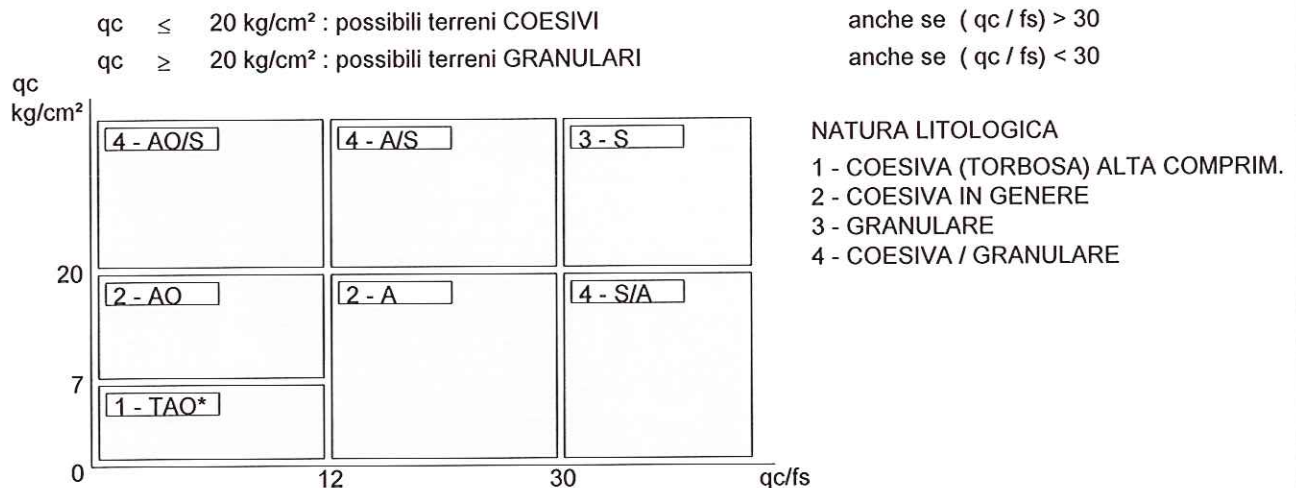
Elaborato:

Falda: **-3,20 m** da p.c.**NATURA COESIVA****NATURA GRANULARE**

Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	γ' t/m³	σ'_{vo} U.M.	Vs m/s	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	27,00	16,17	4	1,95	0,08	148	0,95	99,9	161,1	241,6	81,0	90	42	39	36	34	43	28	--	--	45,0	67,5	81,0
0,60	43,00	23,89	4	2,00	0,12	156	1,43	99,9	243,7	365,5	129,0	96	43	39	37	34	43	30	--	--	71,7	107,5	129,0
0,80	65,00	26,32	4	2,02	0,16	168	2,17	99,9	368,3	552,5	195,0	100	43	40	37	35	43	32	--	--	108,3	162,5	195,0
1,00	73,00	37,82	3	1,96	0,20	172	--	--	--	--	--	100	43	39	37	34	43	32	--	--	121,7	182,5	219,0
1,20	80,00	46,24	3	1,97	0,23	176	--	--	--	--	--	100	43	39	36	34	42	33	--	--	133,3	200,0	240,0
1,40	67,00	28,76	4	2,02	0,27	169	2,23	86,1	379,7	569,5	201,0	90	42	37	34	32	41	32	--	--	111,7	167,5	201,0
1,60	53,00	22,75	4	2,01	0,32	162	1,77	54,2	300,3	450,5	159,0	78	41	35	32	30	39	31	--	--	88,3	132,5	159,0
1,80	48,00	28,74	4	2,01	0,36	159	1,60	41,2	272,0	408,0	144,0	72	40	34	31	29	38	31	--	--	80,0	120,0	144,0
2,00	33,00	13,75	4	1,97	0,39	151	1,10	22,6	187,0	280,5	99,0	57	38	32	29	27	36	29	--	--	55,0	82,5	99,0
2,20	41,00	15,02	4	2,00	0,43	155	1,37	26,3	232,3	348,5	123,0	62	39	32	29	28	37	30	--	--	68,3	102,5	123,0
2,40	47,00	19,58	4	2,01	0,47	158	1,57	27,9	266,3	399,5	141,0	64	39	33	30	28	37	31	--	--	78,3	117,5	141,0
2,60	37,00	15,42	4	1,99	0,51	153	1,23	18,7	209,7	314,5	111,0	54	38	31	28	26	35	30	--	--	61,7	92,5	111,0
2,80	36,00	9,30	4	1,99	0,55	153	1,20	16,5	204,0	306,0	108,0	51	37	31	28	26	35	30	--	--	60,0	90,0	108,0
3,00	95,00	41,85	3	1,99	0,59	183	--	--	--	--	--	83	41	35	32	30	39	34	--	--	158,3	237,5	285,0
3,20	64,00	26,67	4	1,02	0,61	167	2,13	29,8	362,7	544,0	192,0	69	39	33	30	28	37	32	--	--	106,7	160,0	192,0
3,40	61,00	50,83	3	0,94	0,63	166	--	--	--	--	--	66	39	32	30	28	37	32	--	--	101,7	152,5	183,0
3,60	63,00	29,58	4	1,02	0,65	167	2,10	27,0	357,0	535,5	189,0	66	39	32	30	28	37	32	--	--	105,0	157,5	189,0
3,80	41,00	13,67	4	1,00	0,67	155	1,37	15,2	232,3	348,5	123,0	51	37	30	27	25	34	30	--	--	68,3	102,5	123,0
4,00	48,00	15,34	4	1,01	0,69	159	1,60	17,8	272,0	408,0	144,0	56	38	31	28	26	35	31	--	--	80,0	120,0	144,0
4,20	163,00	59,71	3	1,09	0,72	219	--	--	--	--	--	97	43	37	34	32	41	36	--	--	271,7	407,5	489,0
4,40	46,00	23,83	4	1,01	0,74	158	1,53	15,7	260,7	391,0	138,0	53	38	30	27	26	34	31	--	--	76,7	115,0	138,0
4,60	31,00	20,26	4	0,97	0,76	150	1,03	9,3	180,0	270,0	93,0	39	36	28	25	24	32	29	--	--	51,7	77,5	93,0
4,80	23,00	10,13	4	0,94	0,77	146	0,87	7,2	191,7	287,5	69,0	28	35	27	23	22	30	28	--	--	38,3	57,5	69,0
5,00	53,00	26,50	4	1,01	0,79	162	1,77	17,1	300,3	450,5	159,0	56	38	31	28	26	35	31	--	--	88,3	132,5	159,0
5,20	37,00	16,30	4	0,99	0,81	153	1,23	10,6	209,7	314,5	111,0	43	36	29	26	24	33	30	--	--	61,7	92,5	111,0
5,40	34,00	24,29	4	0,98	0,83	152	1,13	9,2	198,3	297,5	102,0	39	36	28	25	24	32	29	--	--	56,7	85,0	102,0
5,60	33,00	29,20	4	0,97	0,85	151	1,10	8,6	202,1	303,2	99,0	38	36	28	25	23	32	29	--	--	55,0	82,5	99,0
5,80	28,00	13,15	4	0,96	0,87	149	0,97	7,1	217,3	325,9	84,0	32	35	27	24	22	31	28	--	--	46,7	70,0	84,0
6,00	81,00	17,88	4	1,03	0,89	176	2,70	25,0	459,0	688,5	243,0	68	39	32	29	27	36	33	--	--	135,0	202,5	243,0
6,20	217,00	34,28	3	1,15	0,92	247	--	--	--	--	--	100	43	37	34	32	41	38	--	--	361,7	542,5	651,0
6,40	385,00	320,83	3	1,15	0,94	334	--	--	--	--	--	100	43	40	37	35	43	40	--	--	641,7	962,5	1155,0

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 :



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)
- Eu = modulo di deformazione non drenato (terreni coesivi) [correl. : Eu - C_u - OCR - I_p I_p = ind.plast.]
Eu50 - Eu25 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)
- Mo = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [correl. : Mo - qc - natura]
Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973)
- Dr = densità relativa (terreni granulari N. C. - normalmente consolidati)
[correlazioni : Dr - R_p - σ'_{vo} (Schmertmann 1976)]
- \emptyset' = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari N.C.) [correl. : \emptyset' - Dr - qc - σ'_{vo}]
 \emptyset'_{Ca} - Caquot (1948) \emptyset'_{Ko} - Koppejan (1948)
 \emptyset'_{DB} - De Beer (1965) \emptyset'_{Sc} - Schmertmann (1978)
 \emptyset'_{DM} - Durgunoglu & Mitchell (1975) (sabbie N.C.) \emptyset'_{Me} - Meyerhof (1956 / 1976) (sabbie limose)
- F.L. = fattore di liquefazione (F.L.1 = Sabbie Pulite, F.L.2 = Sabbie Limose)
- Vs = velocità di propagazione delle onde sismiche (Sycora e Stokoe 1983)

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.

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



PROVA P1



PROVA P2



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

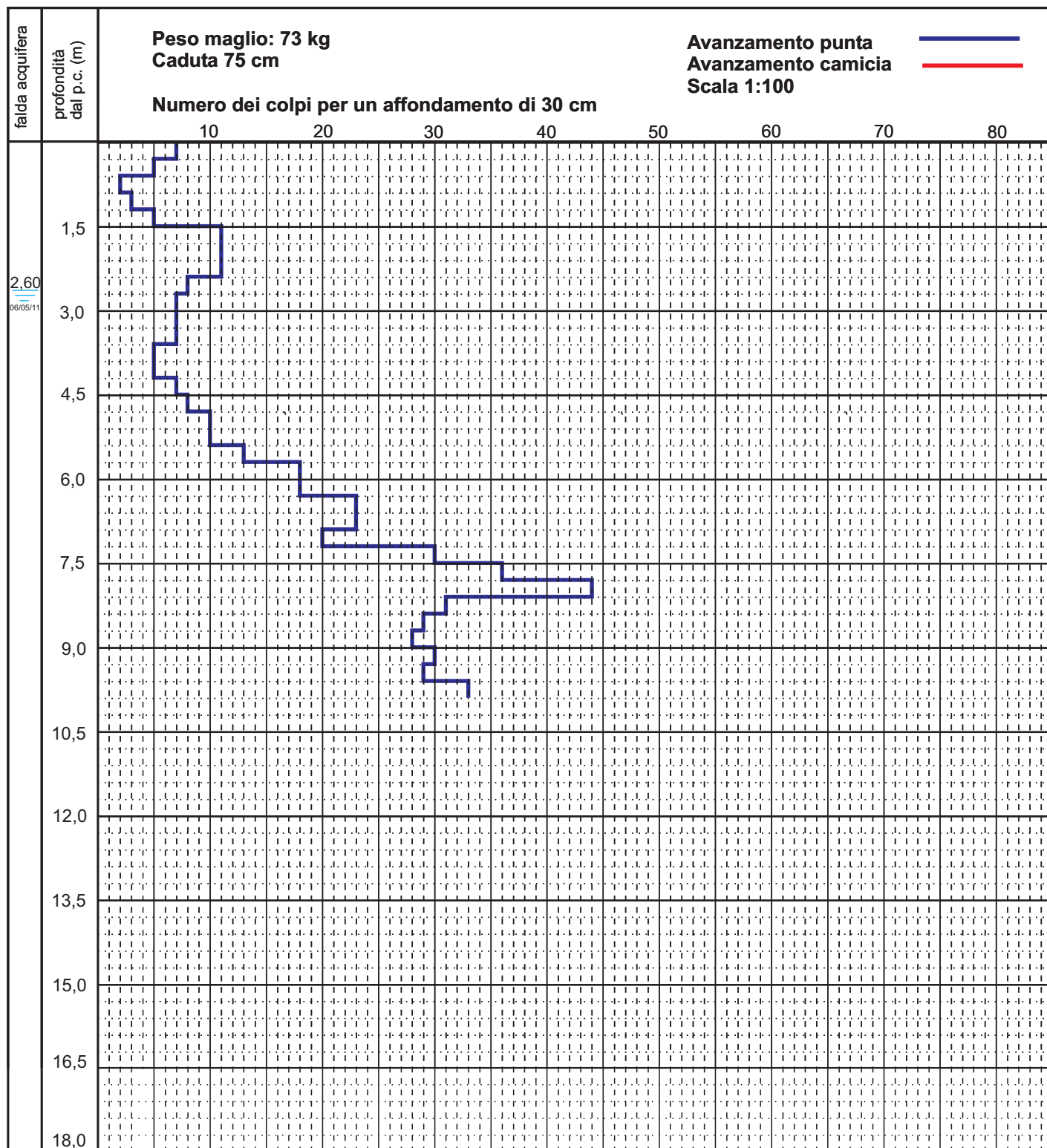


ESTRATTI DA:

*PROGETTO DI “REALIZZAZIONE DI UN EDIFICIO RESIDENZIALE IN VIA
UNITA’ D’ITALIA A SAN AMRTINO D/B” IN TERRITORIO COMUNALE DI
DESENZANO D/G (BS)*

Luglio 2011

(Dott. Geol. R. Lentini)

PROVA PENETROMETRICA N° 1
Data: 11/04/2011
Località: Via Unità d'Italia - San Martino d/Battaglia (BS)
Committente:


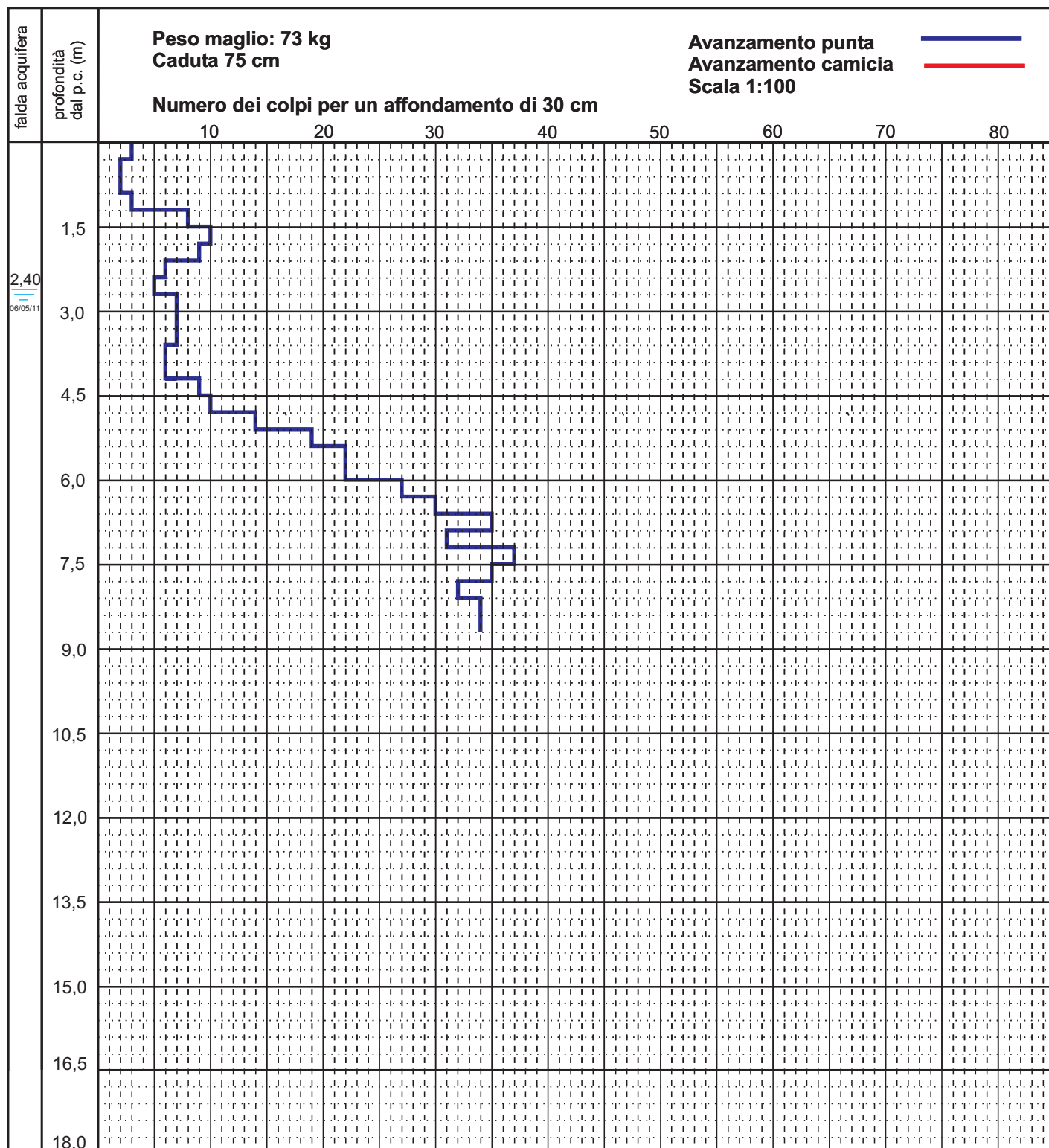
Nota: Installazione di piezometro da ½".

PROVA PENETROMETRICA N° 2

Data: 11/04/2011

Località: Via Unità d'Italia - San Martino d/Battaglia (BS)

Committente:



Nota: Installazione di piezometro da ½".



Estratti da

**“STUDIO GEOLOGICO PER LA RISTRUTTURAZIONE DI UN FABBRICATO
IN VIA UNITA’ D’ITALIA PRESSO LA FRAZIONE DI S. MARTINO DELLA
BATTAGLIA”**

Comune di Desenzano del Garda (BS)

Settembre 2010

LOCALITA': Via Unità d'Italia - S.Martino d/B
Desenzano del Garda (BS)

SONDAGGIO S1

DATA 01/09/2010

Operatore:
Geologo: -

SONDA: ATLAS 52

PAG. 1/2

- ☐ Campione rimaneggiato prelevato per analisi granulometrica
- ☐ Campione per analisi chimiche prelevato ai sensi del D.Lgs 152/06

Prova di permeabilità

○ CARICO VARIABILE

● CARICO COSTANTE

■ Piezometro cieco

□ Piezometro fessurato

LIVELLI ACQUA

PROFONDITA'

SERA

MATTINO

Rivestimento

Foro

Data

H

Data

H

Manovre	Profondità (m)	Sezione Terreno	Campioni	DESCRIZIONE LITOLOGICA	Carotiere	Rivestimento	Prove di permeabilità	Vane Test (kg/cmq) max/res	Poket Penetrometer (kg/cmq)	Profondità	SPT	Falda acquifera	Piezometro $\phi = 2"$
	0,40			Soletta in calcestruzzo.									
	1,00			MATERIALE DI RIPORTO									
	1,20			Riporto eterogeneo ghiaioso-sabbioso con ciottoli e frammenti di laterizi, debolmente limoso, debolmente umido, scarsamente addensato, di colore beige-grigio scuro.									
	1,40			Riporto argilloso-limoso con ciottoli e con frammenti di laterizi, debolmente umido, da scarsamente a mediamente addensato, di colore grigio scuro e nero.				>1	3				
				Argilla con limo e con rari clasti di ghiaia, debolmente umida, da scarsamente consistente a mediamente consistente, di colore beige.				>1	3,1				
				TERRENO NATURALE				>1	3,5				
				Argilla con limo, a tratti limosa, con rari clasti di ghiaia, debolmente umida, da mediamente consistente a consistente, di colore marrone chiaro con screziature grigiastre.				>1	>5				
								>1	>5			2,00	
								>1	4,5				
								>1	4,8				
								>1	4,7	2,50	6 8 11		
								>1	4,5				
								>1	4,8				
								>1	3,4				
								>1	3,7				
								>1	3,5				
								>1	3				
								>1	3,2				
	4,30			Argilla limosa con ghiaia prevalentemente medio-fine, da debolmente umida a umida, da mediamente consistente a consistente, di colore marrone con screziature grigiastre. Tra -4,40 m e -4,45 m circa da p.c. presenza di un'intercalazione più francamente ghiaioso-sabbiosa, satura. Tra -5,10 m e -5,15 m da p.c. presenza di un'intercalazione maggiormente limosa, di colore grigio. Tra -5,65 m e -5,70 m da p.c. circa presenza di un'intercalazione più francamente sabbiosa, satura. Tra -5,80 m e -5,85 m da p.c. circa presenza di un'intercalazione più francamente ghiaioso-sabbiosa, satura.									
								>1	2,8				
								>1	3,3				
								>1	3,2				
										4,50	6 9 10		
										6,00	4 6 8		
	6,60			Argilla limosa con rari clasti di ghiaia a tratti debolmente ghiaiosa, molto umida, consistente, di colore grigio con screziature marroni.				0,8	2,6				
								0,9	2,8				
								0,7	1,6				
	7,00			Argilla limosa con rari clasti di ghiaia a tratti debolmente ghiaiosa, molto umida, da scarsamente a mediamente consistente, di colore grigio.				0,85	1,9				
										7,50	3 5 5		
								0,5	1,2				
								0,5	1,2				
								0,55	1,5				
								0,45	1,2				
								0,45	1,2				
								0,4	1,2				
								0,4	1,1				
								0,4	1,1				

LOCALITA': Via Unità d'Italia - S.Martino d/B
Desenzano del Garda (BS)

SONDAGGIO S1

DATA 01/09/2010

SONDA: ATLAS 52

PAG. 2/2

☐ Campione rimaneggiato prelevato per analisi granulometrica

☐ Campione per analisi chimiche prelevato ai sensi del D.Lgs 152/06

Prova di permeabilità

☐ CARICO VARIABILE

☒ CARICO COSTANTE

☒ Piezometro cieco

☐ Piezometro fessurato

LIVELLI ACQUA

PROFONDITA'

SERA

MATTINO

Rivestimento

Foro

Data

H

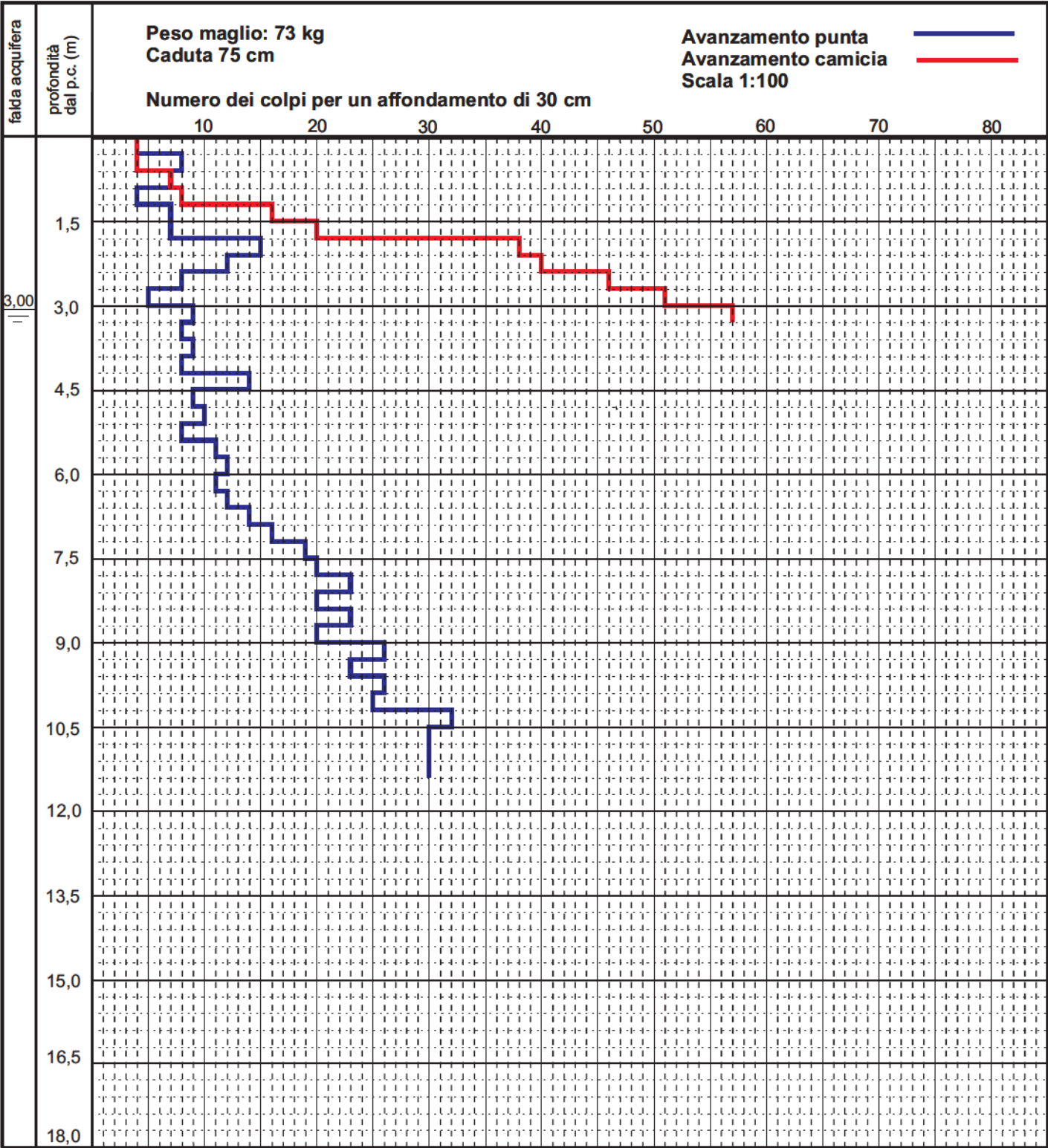
Data

H

Manovre	Profondità (m)	Sezione Terreno	Campioni	DESCRIZIONE LITOLOGICA	Carotiere	Rivestimento	Prove di permeabilità	Vane Test (kg/cmq) max/res	Poket Penetrometer (kg/cmq)	Profondità	SPT	Falda acquifera	Piezometro
	11,95			...segue.	AVANZAMENTO A CAROTTAGGIO CONTINUO $\phi=101$ mm	$\phi=127$ mm		0,5	1,1				
	12,30			Ghiaia sabbiosa in matrice argilloso-limosa, satura, scarsamente addensata, di colore grigio.				0,45	1,1				
	13,00			Limo sabbioso-argilloso, debolmente ghiaioso, a tratti con ghiaia, da molto umida a bagnata, scarsamente consistente, di colore grigio.				0,45	1,1				
	14,95			Argilla limosa con rari clasti di ghiaia, molto umida, da scarsamente a mediamente consistente, di colore grigio.				0,45	1,1				
	15,50			Ghiaia argilloso-limosa con sabbia, bagnata, mediamente addensata, di colore grigio.				0,45	1,1				
	19,20			Argilla limosa con rari clasti di ghiaia, a tratti debolmente ghiaiosa, da umida a molto umida, da consistente a molto consistente, di colore grigio.				0,5	1,2				
	20,00			Argilla limoso-ghiaiosa con sabbia e rari ciottoli, bagnata, molto consistente, di colore grigio.				0,5	1,2				
								0,35	1				
								0,35	1				
								0,40	1,1				
								0,40	1,1				
								0,35	1				
								0,35	1				
								0,30	0,9				
								0,30	0,9				
								0,30	0,9				
								0,35	1				
								>1	>5				
								>1	>5				
										12,00	3 2 3		
										15,00	8 4 7		
										18,50	16 24 33		

Località: Via Unità d'Italia - S. Martino della Battaglia - Desenzano d/G (BS)

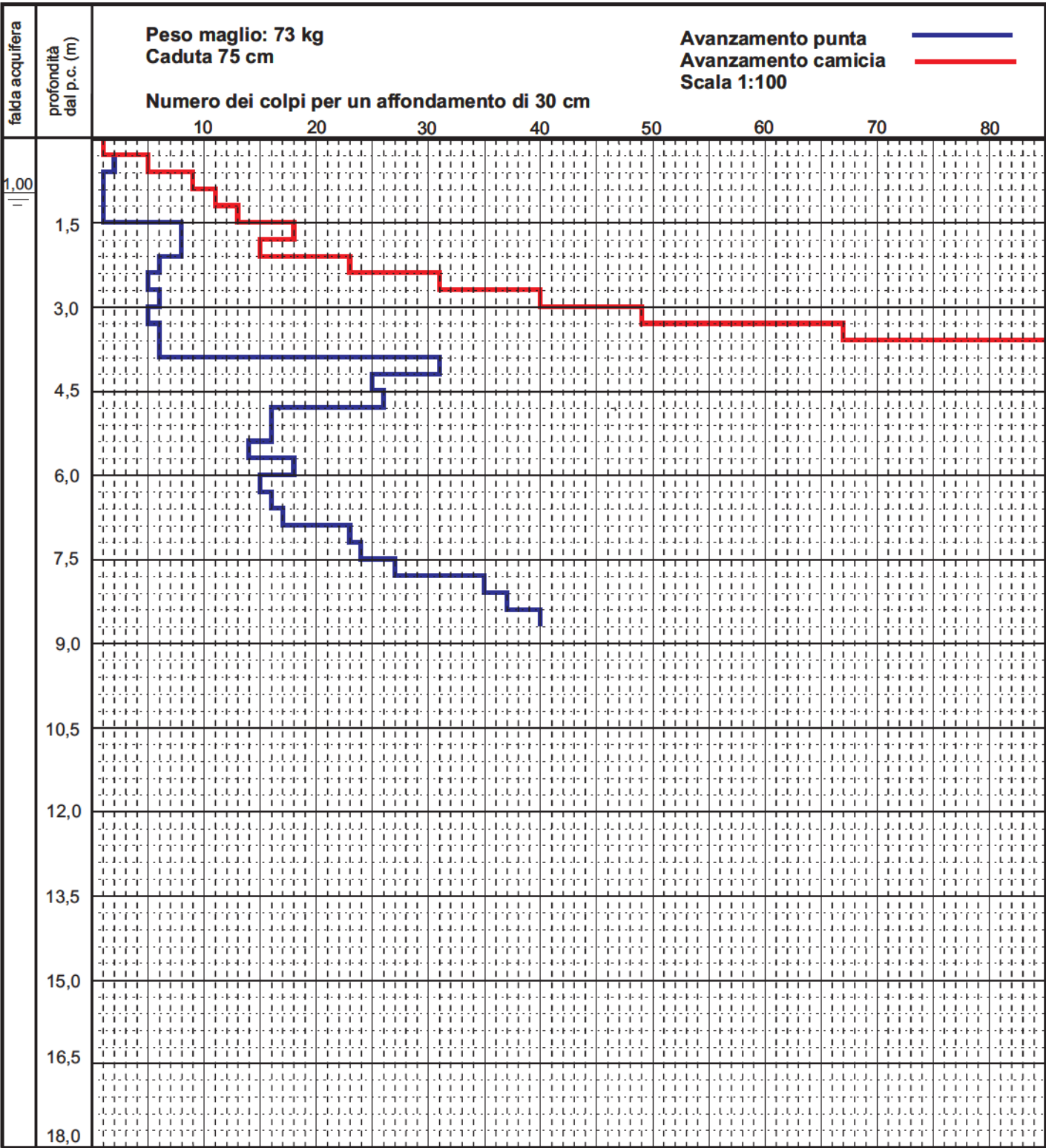
Committente:



Nota: Foro richiuso a -2,10 m dal p.c.; presenza di aste umide a partire da circa -3,00 m dal p.c..

Località: Via Unità d'Italia - S. Martino della Battaglia - Desenzano d/G (BS)

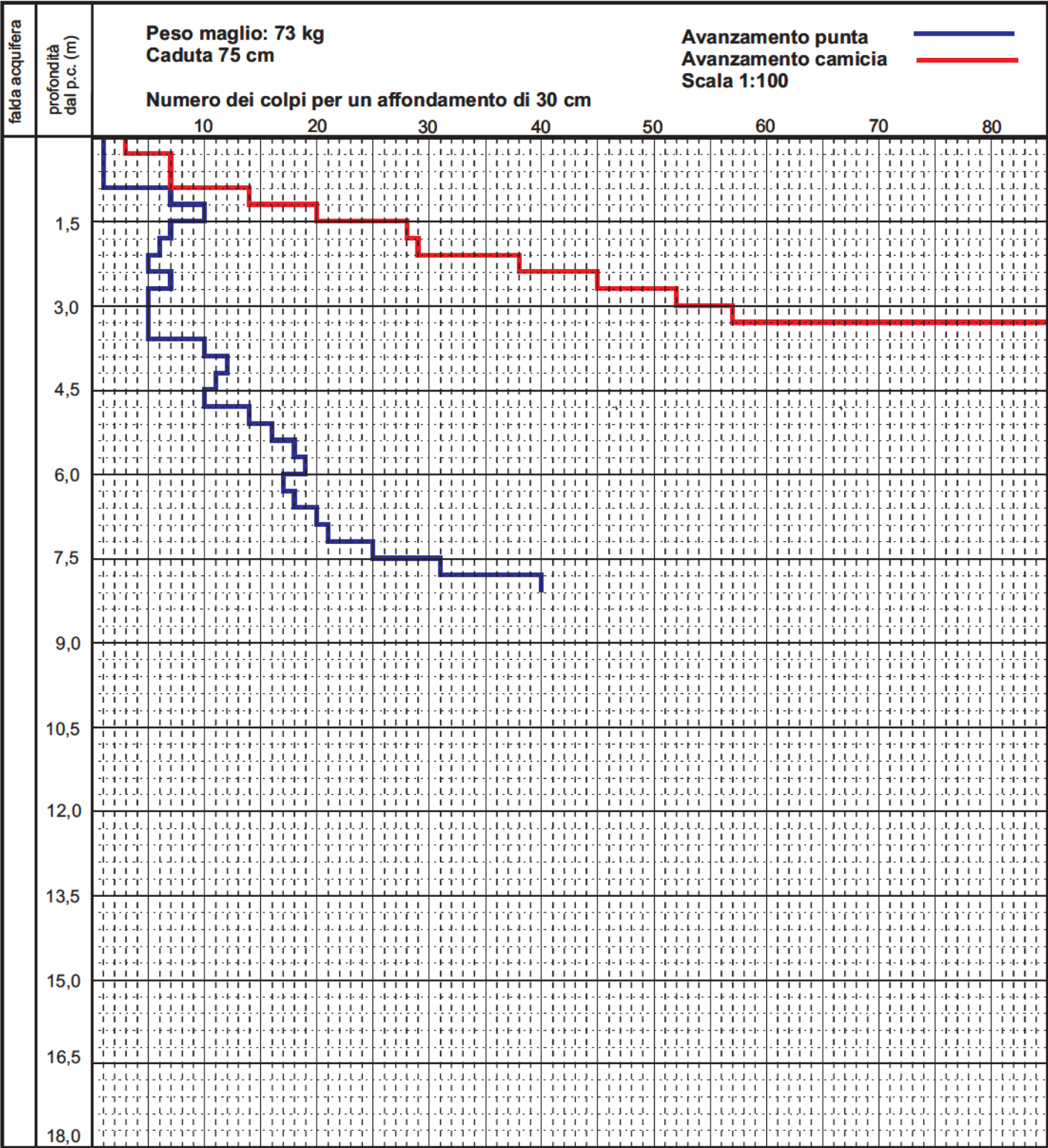
Committente:



Nota: Posa in opera di piezometro da ½" .

Località: Via Unità d'Italia - S. Martino della Battaglia - Desenzano d/G (BS)

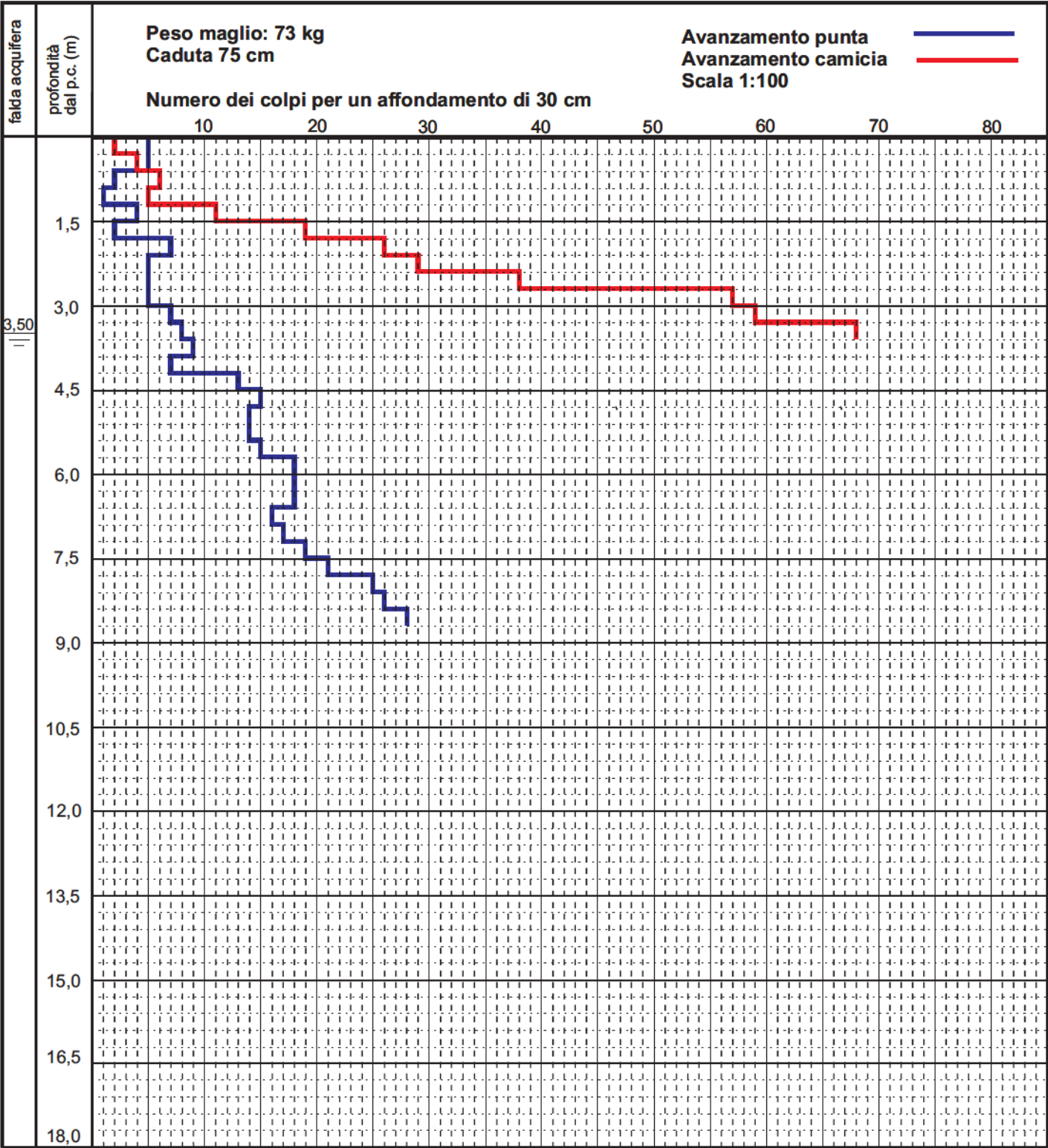
Committente:



Nota: Foro richiuso a -3,00 m dal p.c.; presenza di aste umide a partire da circa -2,50/-3,00 m dal p.c..

Località: Via Unità d'Italia - S. Martino della Battaglia - Desenzano d/G (BS)

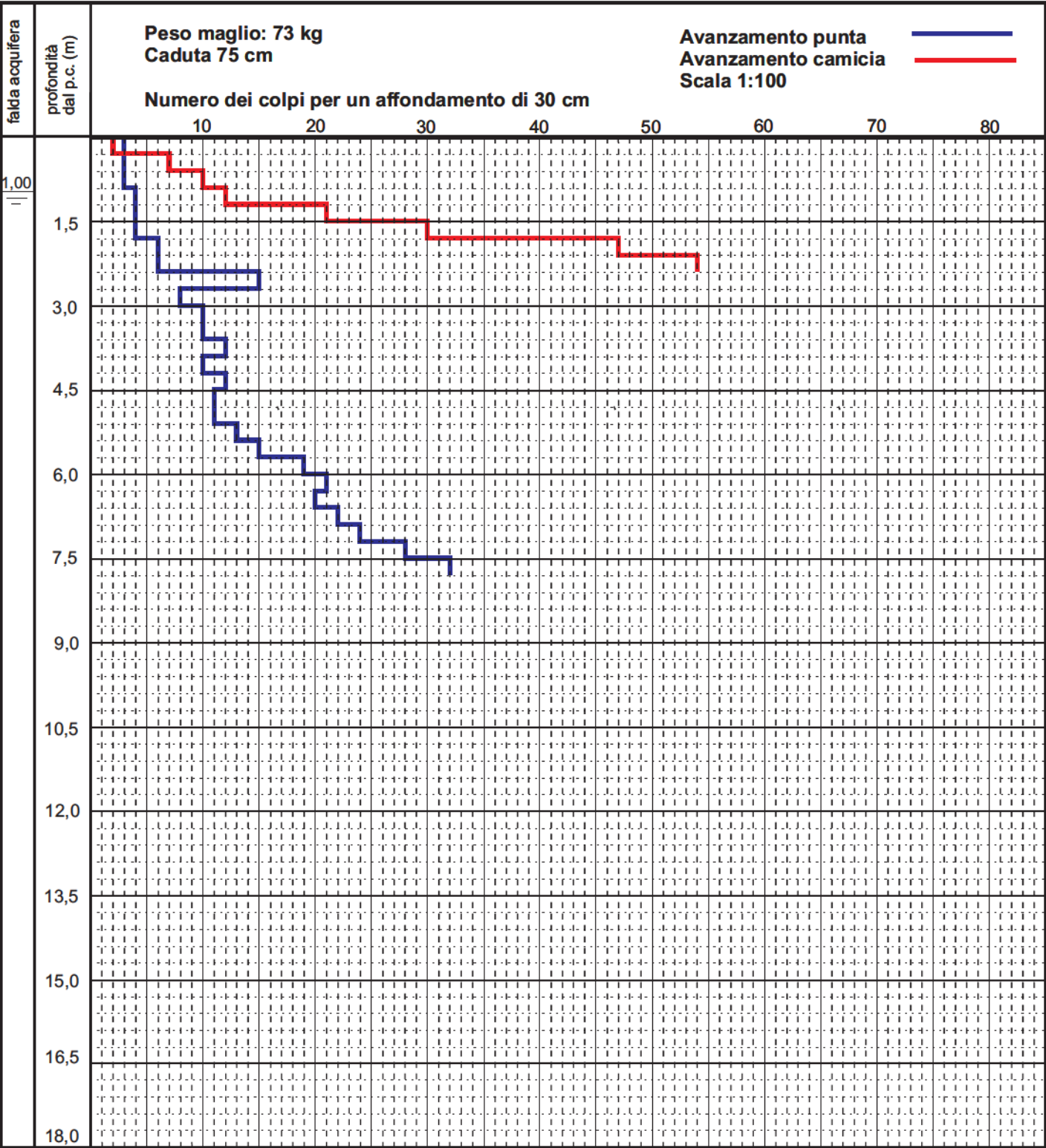
Committente:



Nota: Foro richiuso a -1,50 m dal p.c.; presenza di aste umide a partire da circa -3,00/-3,50 m dal p.c..

Località: Via Unità d'Italia - S. Martino della Battaglia - Desenzano d/G (BS)

Committente:



Nota: Posa in opera di piezometro da ½" .

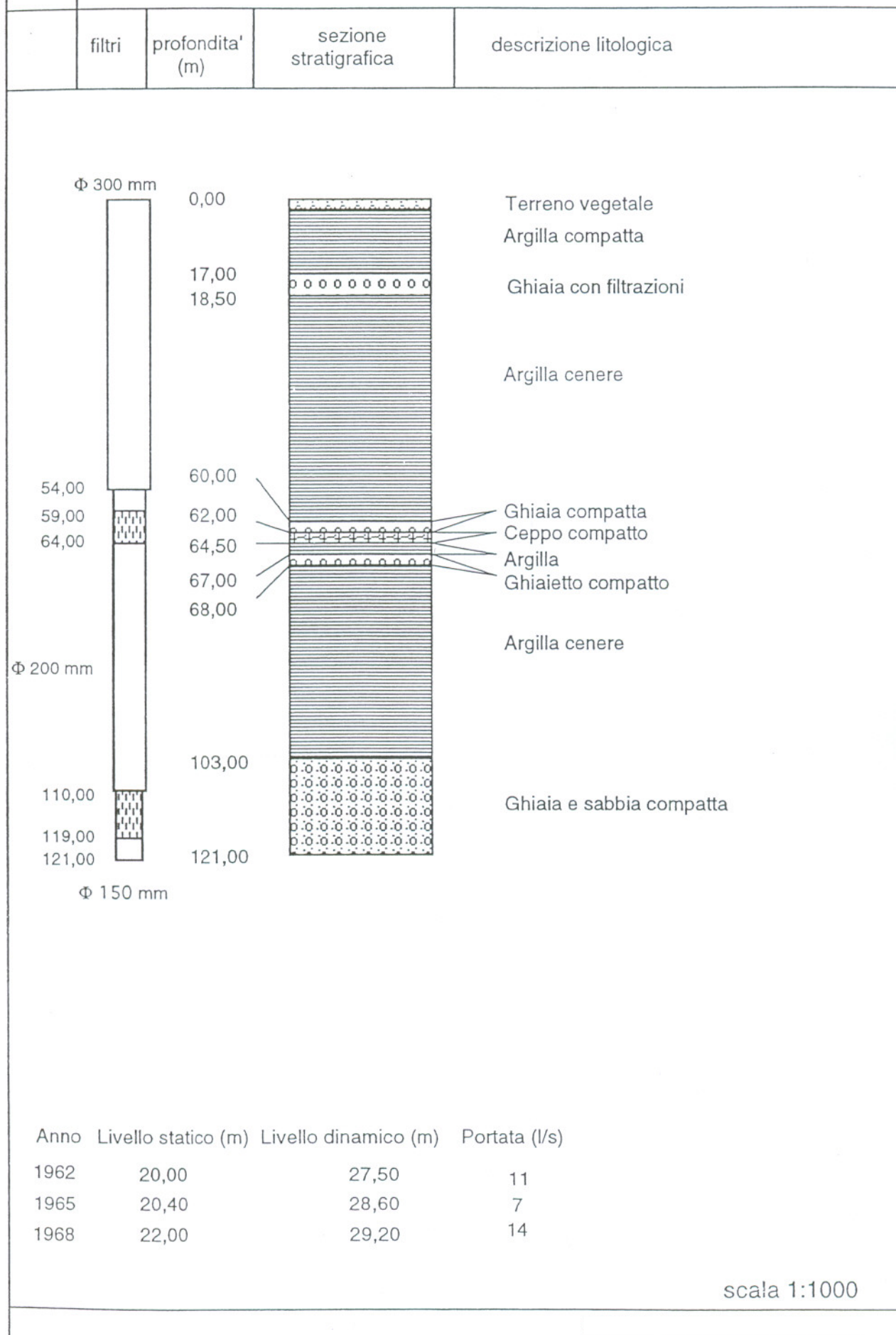
D4

COMUNE: DESENZANO DEL GARDA

DITTA PERFORATRICE: ITA

PROP. : COMUNALE - S. MARTINO DELLA BATTAGLIA

DATA: 1962



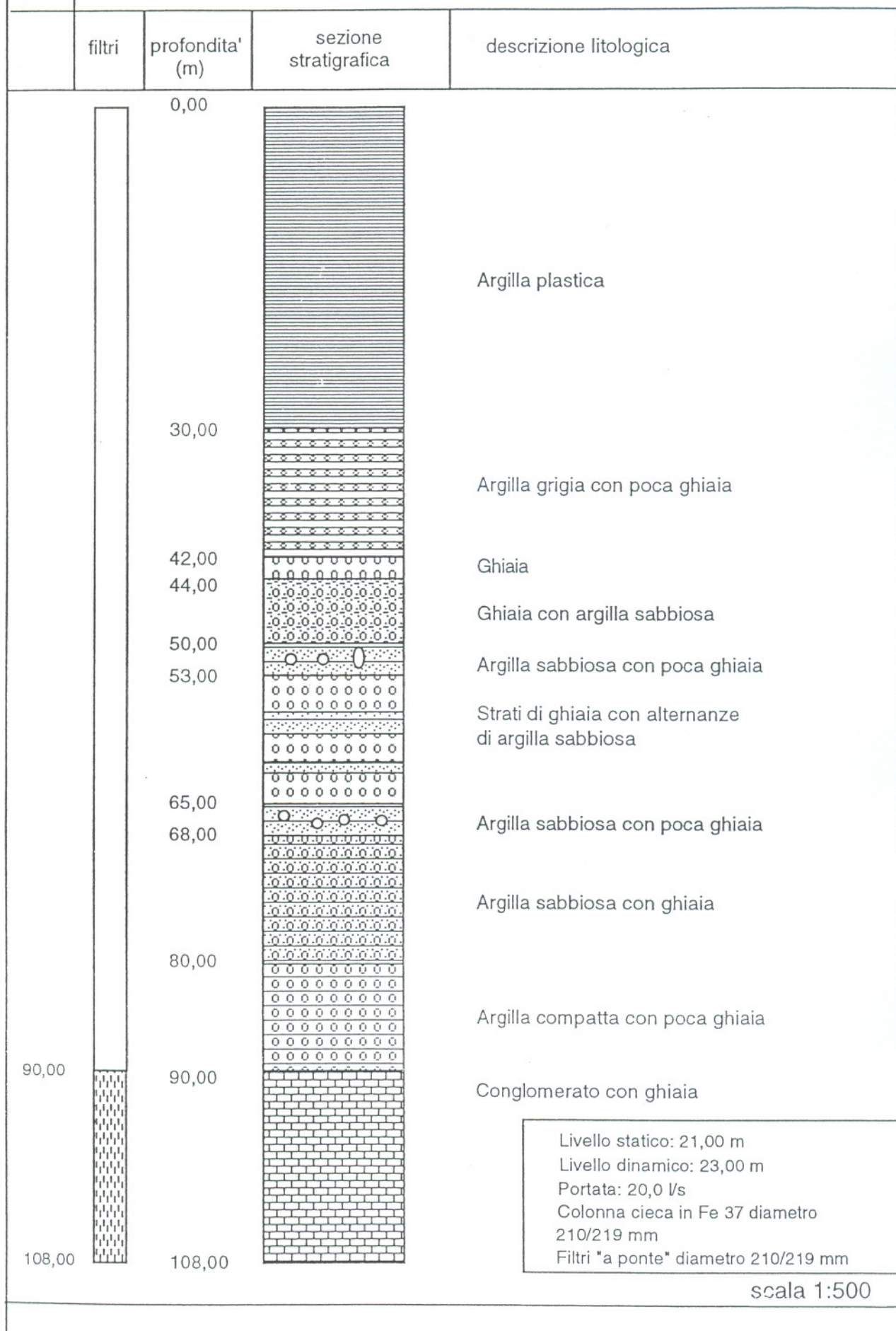
D
64

COMUNE: DESENZANO DEL GARDA

LOCALITA': Via Colli Storici 221

PROP. : FLAEM NUOVA s.n.c.

DITTA PERFORATRICE: MALTINI



D
65

COMUNE: DESENZANO DEL GARDA

PROP. : PEDERZINI

LOCALITA': C.NA PESEA
S. MARTINO D/BATTAGLIA

