

**STUDIO DI  
GEOLOGIA  
TECNICA ED  
AMBIENTALE**

**ROSANNA  
LENTINI**

Comune di **DESENZANO D/G**

Provincia di **BRESCIA**

**STUDIO DI FATTIBILITÀ PER IL RECUPERO DELL'ISTITUTO SCOLASTICO "EX  
RAGONERIA" IN VIA CARDUCCI A DESENZANO DEL GARDA  
(MAPP.LE 426 FG.11)**

**RELAZIONE GEOLOGICA 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

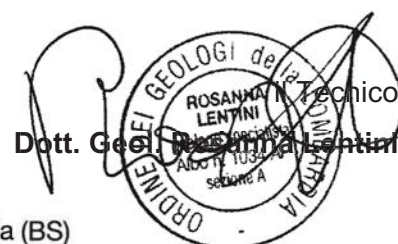
**RELAZIONE GEOTECNICA AI SENSI DEL D.M. 17/01/2018**

**(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:** *Immobiliare Carducci s.r.l.*

Padenghe sul Garda, Dicembre 2024



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

E-mail: [info@lentinirosannageologia.it](mailto:info@lentinirosannageologia.it)  
Sito Web: [www.lentinirosannageologia.it](http://www.lentinirosannageologia.it)



## INDICE

1	PREMESSA – Riferimenti progettuali e Normativi .....	2
2	CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO .....	9
2.1	Inquadramento Geologico.....	9
2.2	Inquadramento Strutturale .....	12
2.3	Successione stratigrafica.....	13
2.4	Assetto Geomorfológico Generale e Geomorfológico Locale.....	16
2.5	Idrografia.....	18
2.6	Inquadramento Idrogeologico.....	20
3	SISMICITA' .....	22
3.1	Sismicit� storica .....	27
3.2	Sismicit� recente .....	39
3.3	Normative Sismiche – Valori di $a_g$ .....	43
4	CAMPAGNA DI INDAGINE GEOGNOSTICA – Approfondimento sulle caratteristiche Geotecniche-Geofisiche dei Terreni .....	46
4.1	Sondaggi a carotaggio continuo (Indagini 2014).....	46
4.2	Prove penetrometriche dinamiche standard (DPHS-SCPT) – Indagini 2014 e 2024 .....	47
4.3	Interpretazione dei dati .....	49
4.4	Piezometri .....	50
4.5	Campionamento dei terreni per la Gestione materiali da scavo – Indagini 2014 .....	52
4.6	Indagini Sismiche (MASW 2014 e HVSr 2024).....	53
5	MODELLO GEOLOGICO-GEOTECNICO E GEOFISICO .....	65
6	RISPOSTA SISMICA DEL SITO.....	68
6.1	Categoria di Sottosuolo e Categoria Topografica .....	69
6.2	Pericolosit� Sismica del Sito – Parametri sismici di riferimento .....	72
6.3	Amplificazione Stratigrafica ( $S_s$ ) e Topografica ( $S_t$ ).....	73
6.4	Stabilit� del sito nei confronti della liquefazione – Esclusione della verifica a liquefazione ai sensi del D.M. 17/01/18.....	74
7	INTERVENTO DI PROGETTO – PROBLEMATICHE REALIZZATIVE - PRESCRIZIONI.....	79
7.1	APPROFONDIMENTI D'INDAGINE RICHIESTI IN FASE DI PROGETTAZIONE ESECUTIVA.....	86
8	ELEMENTI PER LE VERIFICHE DELLA SICUREZZA E DELLE PRESTAZIONI.....	87
8.1	Parametri geotecnici di progetto – Fondazioni superficiali.....	88
8.2	Fondazioni superficiali .....	89
9	INTERVENTI DI SCAVO ED INTERVENTI DI DRENAGGIO-IMPERMEABILIZZAZIONE .....	95
9.1	Modalit� esecutive degli scavi in condizioni di sicurezza .....	95
9.2	Interventi di drenaggio/impermeabilizzazione .....	96
9.3	Linee guida generali di utilizzo del materiale escavato.....	97
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.....	103



## **1   PREMESSA – Riferimenti progettuali e Normativi**

A seguito dei colloqui intercorsi con il *Dott. Alberto Visconti* e per conto di *Immobiliare Carducci s.r.l.* è stato eseguito uno studio geologico-geotecnico-geofisico ed idrogeologico nell'ambito del progetto di *Recupero dell'istituto scolastico "Ex Ragioneria"* in Via Carducci a Desenzano del Garda (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 del Garda 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 d/G 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 (ai sensi del DPR 380/2001 come modificato dalla L. 55 del 14/06/2019), 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) o **l'Attestazione di avvenuto Deposito di cui all'Art.7 comma 1 della L.R. 33/2015**, da rilasciare a carico dei Comuni all'atto del deposito stesso.

**Si rimanda al Progettista la classificazione della tipologia di intervento ai sensi dell'art. 94 bis del D.P.R 380/2001 e s.m.i.** e la conseguente idonea applicazione degli adempimenti richiesti dalla L.R. 33/2015.



Si segnala 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.**



Estrate da: <https://www.cartografia.servizirl.it/viewer32/index.jsp> - Geoportale – Regione Lombardia

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).

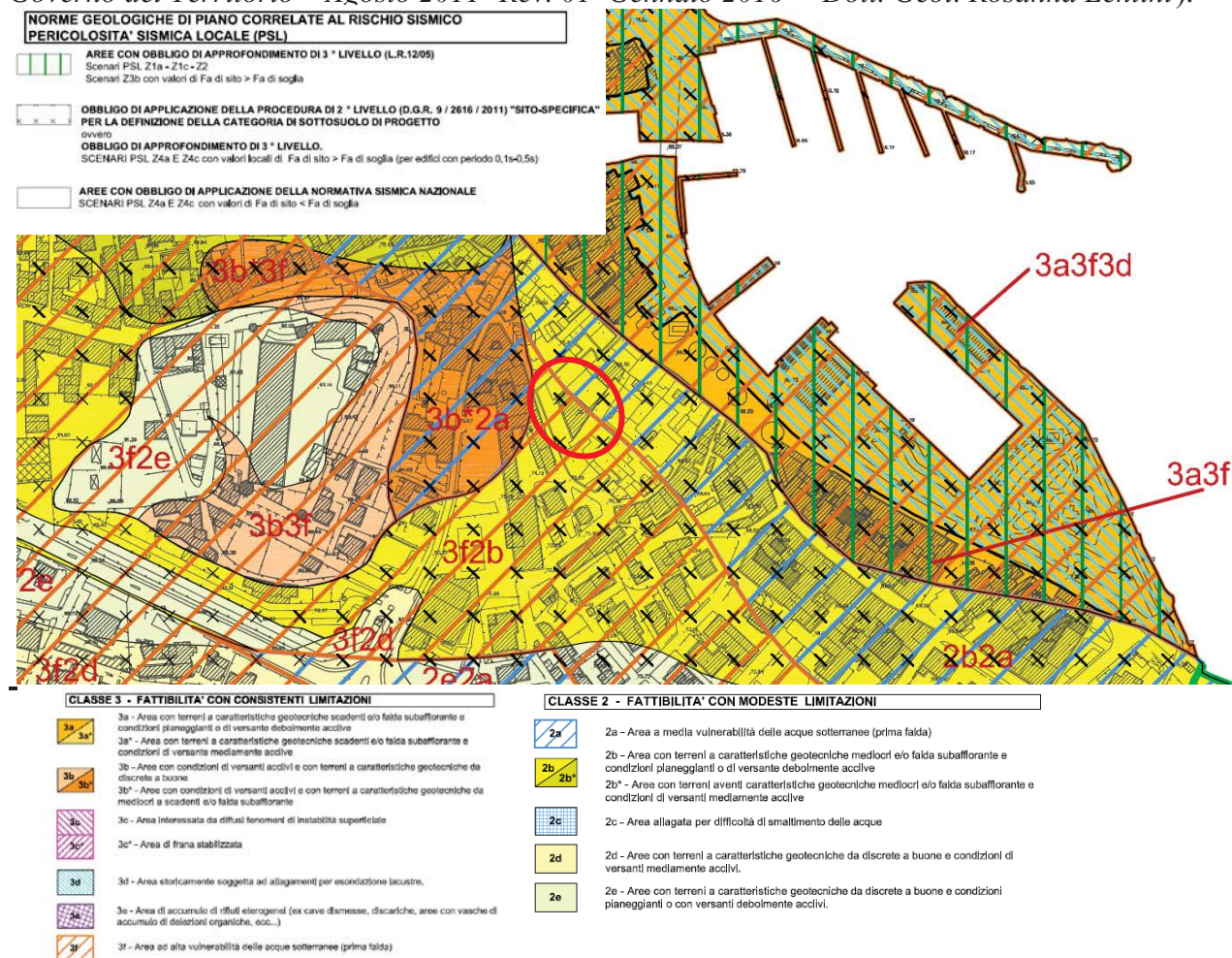
In relazione ad una **maggiore organicità nella trattazione delle tematiche geologiche-**

**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 Brescia, nonché delle aree di pericolosità e rischio individuate dal PGRA.

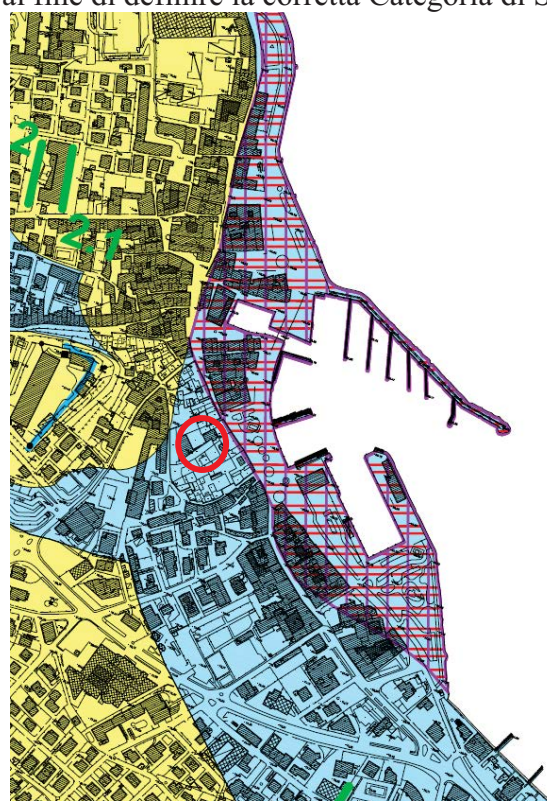
Pertanto, in ottemperanza alla D.G.R. 9/2616/2011 ed alla D.G.R. 10/5001/2016 è stata presa preliminare visione della Classe di Fattibilità, di Vincolo e di Pericolosità Sismica ad oggi vigenti per l'area di progetto in relazione alle Norme di PGT del territorio Comunale di Cellatica.

Il sito di progetto ricade nella **Classe di Fattibilità 3f, 2a e 2b** definite come “Area ad alta vulnerabilità delle acque sotterranee”, “Area a media vulnerabilità delle acque sotterranee” e “Aree con terreni a caratteristiche geotecniche mediocri e/o falda sub-affiorante 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 T12c “Carta della Fattibilità geologica per le azioni di piano” – Dott. Geol. R. Lentini – Agosto 2011, Rev.01 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 Z4a "Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi"** per il quale vengono segnalati valori di **Fa di sito superiori a quelli di "soglia" normativa** (Vedi retinatura Carta della Fattibilità vigente, sopra riportata) con **obbligo di valutazione del rischio sismico sito-specifica applicando l'analisi di 2° livello** (ai sensi dell'All. 5 della D.G.R. 9/2616/2011) al fine di definire la corretta Categoria di Sottosuolo da assumere in progetto.



**SCENARI DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE**  
(Rif. Tab. 1, All. 5 della D.G.R. 9/2616 del 30/11/2011)

**AMPLIFICAZIONI CORRELATE AD EFFETTI DI INSTABILITA'**

- Z1a - Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi
- Z1c - Zona potenzialmente franosa o esposta al rischio di frana

**AMPLIFICAZIONI CORRELATE AD EFFETTI DI CEDIMENTI E LIQUEFAZIONI**

- Z2a - Zona con terreni di fondazione saturi particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili)
- Z2b - Zona con depositi granulari fini saturi

**AMPLIFICAZIONI TOPOGRAFICHE**

- Z3a - Zona di ciglio H > 10 m (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)
- Z3b - Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo (appuntite - arrotondate)

**AMPLIFICAZIONI LITOLOGICHE E GEOMETRICHE**

- Z4a - Zona di fondovalle o di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi
- Z4c - Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (comprese le coltri loessiche)

- Stendimenti di sismica multicanale eseguiti nel 2011 per l'aggiornamento dello Studio Geologico per il P.G.T. comunale.
- Stendimenti di sismica multicanale eseguiti per lavori precedenti allo Studio Geologico dell'Agosto 2011
- Stendimenti di sismica multicanale acquisiti successivamente all'Agosto 2011 per lo Studio di Microzonazione Sismica

Estratto da: Tav. SG T07 "Carta della Pericolosità Sismica Locale" – Dott. Geol. R. Lentini – Agosto 2011, Rev.02 Gennaio 2016

Nello stesso studio non si segnala la presenza, presso l'area d'interesse, di **Normative di vincolo di tipo geologico** 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*).



**AREE SOGGETTE A VINCOLI DI POLIZIA IDRAULICA**

**RETICOLO IDROGRAFICO PRINCIPALE** (DGR X2591 allegato A)

**FASCIA AD ALTO GRADO DI TUTELA** del Reticolo Idrico Principale (pari a 10 m da ciascun lato del corpo idrico. Per i tratti intubati: 1 m da ciascun lato del corpo idrico)  
 Rif. Doc. di Piano RIM DPI (EN-ET) - Art. 1-3

**RETICOLO IDROGRAFICO MINORE DI COMPETENZA COMUNALE** (DGR X2591 all.D)

**FASCIA AD ALTO GRADO DI TUTELA** del Reticolo Idrico Minore (pari a 10 m da ciascun lato del corpo idrico. Per i tratti intubati: 1 m da ciascun lato del corpo idrico)  
 Rif. Doc. di Piano RIM DPI (EN-ET) - Art. 1-3

**FASCIA A MEDIO GRADO DI TUTELA** del Reticolo Idrico Minore (pari a 4 m da ciascun lato del corpo idrico. Per i tratti intubati: 1 m da ciascun lato del corpo idrico)  
 Rif. Doc. di Piano RIM DPI (EN-ET) - Art. 2-3

**FASCIA A TUTELA DELLE AREE ESONDABILI**  
 Rif. Doc. di Piano RIM DPI (EN-ET) - Art. 4

**AREE SOGGETTE A VINCOLI DI SALVAGUARDIA DELLE CAPTAZIONI AD USO IDROPOTABILE**

- Zona di tutela assoluta dei pozzi comunali
- Zona di rispetto.

**AREE SOGGETTE A VINCOLI DERIVANTI DALLA PIANIFICAZIONE DI BACINO AI SENSI DELLA L. 183/89**

Quadro del dissesto come riportato nella Carta PAI-PGRA (Doc. di Piano SG T13)

- Aree interessate da fenomeni di instabilità dei versanti di tipo superficiale: frana attiva (Fa)
- Aree interessate da fenomeni di instabilità dei versanti di tipo superficiale: frana stabilizzata (Fs)
- Aree esondabili lungo le aste dei corsi d'acqua, a pericolosità media o moderata / bassa (Aree PAI-Em / PGRA-RSCM)
- Aree allagabili lungo la fascia costiera (Aree PGRA-ACL)

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 prevederà 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) da assumere in progetto per la definizione della più idonea tipologia fondazionale e per il calcolo e le verifiche delle fondazioni e delle strutture.

SOLO IN CASO DI FONDAZIONI DIRETTE si prevede lo sviluppo di alcuni elementi geotecnici per le Verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU) ed agli Stati Limite di Esercizio (SLE) ed il 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**”. Si rimanda in ogni caso alla Relazione di Calcolo delle Fondazioni ed alle Relazioni Strutturali per la predisposizione delle verifiche s.s..

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 3/2 e per gli scenari di PSL individuati sono state



utilizzate le campagne di indagine eseguite dalla scrivente entro l'area di progetto nel 2014, come integrate nel 2024.

Le indagini 2014 interessavano esclusivamente l'ala SE dell'edificio principale ed hanno previsto l'esecuzione di **n° 1 prova penetrometrica dinamica standard (DPHS/SCPT)** e di **n° 1 sondaggio a carotaggio continuo** con esecuzione in foro di **prove SPT** e **posa di piezometro** (ancora esistente).

Tenuto conto degli edifici interessati dal progetto attuale (edificio principale, palestra centrale e fabbricato SE) e della realizzazione di un ampliamento del primo e secondo piano interrato esistente, sono state eseguite **nuove indagini** mediante **n° 4 prove penetrometriche dinamiche standard (DPHS/SCPT)**.

Per la caratterizzazione geofisica e per la valutazione delle velocità  $V_{seq}$  di sito e la predisposizione degli approfondimenti sismici sono stati acquisiti **nuovi dati geofisici** mediante **n° 1 misura/registrazione di sismica passiva (tromografo) con stazione singola (HVSr-2024)** ed elaborazione del modello geofisico mediante utilizzo dello stendimento di sismica attiva con analisi delle onde superficiali (MASW-2014) e successiva analisi congiunta delle due tipologie di dati e quindi con maggiori vincoli interpretativi rispetto al 2014.

Tutte le indagini si sono svolte in ottemperanza alle normative di legge vigenti in materia secondo le *prescrizioni e gli oneri contenuti nelle raccomandazioni A.G.I. (1977)*.

Numerosi altri dati relativi alla natura litologica ed alle caratteristiche geotecniche e geofisiche dei terreni della zona derivano inoltre da vari studi geologici eseguiti dalla scrivente e corredati da indagini geognostiche presso contesti geologici omologhi del territorio comunale.

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:

- Tav. 1 Corografia con ubicazione dei pozzi e di precedenti indagini (scala 1:10.000)
- Tav. 2 Carta Geologica con elementi geomorfologici (Scala 1:5.000)
- Tav. 3A Planimetria piano terra esistente con ubicazione dei punti di indagine e degli edifici esistenti e degli ambiti oggetto di scavo (Scala 1:200)
- Tav. 3B Planimetria primo interrato con ubicazione dei punti di indagine e degli edifici esistenti (Scala 1:200)
- Tav. 3C Planimetria secondo interrato con ubicazione dei punti di indagine e degli edifici esistenti (Scala 1:200)
- Tav. 4A *Sezione Geologico-geotecnica schematica* - sezione B-B di progetto (Scala 1:200)
- Tav. 4B *Sezione Geologico-geotecnica schematica* - sezione C-C di progetto (Scala 1:200)
- Tav. 4C *Sezione Geologico-geotecnica schematica* - sezione D-D di progetto (Scala 1:200)
- Diagrammi prove penetrometriche
- Allegato fotografico prove penetrometriche
- Estratti da Relazione Geologica "Progetto preliminare di ristrutturazione edificio "EX-I.P.C." in Via Giosuè Carducci (Mapp. 426 Fg. 11) – Dott. Geol. Rosanna Lentini
  - ✓ Diagrammi prove penetrometriche
  - ✓ Stratigrafia sondaggio
  - ✓ Allegati Fotografici
  - ✓ Schede liquefazione
- Stratigrafie Pozzi

## **2 CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO**

L'area oggetto d'intervento, identificata dal *mappale n. 426 del Foglio n. 11* è ubicata in *Via Giosuè Carducci*, entro il centro storico di Desenzano del Garda (BS).

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 geotecniche dei terreni, si è articolato mediante una prima fase di acquisizione dei dati reperibili in letteratura e, in aggiunta, di quelli relativi a studi geologici ed indagini geognostiche eseguiti dalla scrivente in prossimità del sito d'intervento.

### **2.1 Inquadramento Geologico**

Il territorio di Desenzano del Garda si colloca entro il **Medio-Basso Garda Bresciano**, che si estende tra le cerchie moreniche originate nel Quaternario, a seguito del ritiro dei ghiacciai alpini trasfuenti dalla Valle dell'Adige e del Chiese e canalizzati nel solco strutturale gardesano preesistente e con andamento giudicariense. Esso riveste inoltre un importante significato geologico e morfologico essendo inserito nell'anfiteatro morenico meglio rappresentato e più esteso d'Italia.

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 moreniche 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* 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).

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 depressione 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 Lonato del Garda comprendono limitati lembi di depositi glaciali e fluvio-glaciali attribuiti al Wurm (cordone morenico di Maguzzano) e quindi diffusamente nel territorio depositi glaciali e fluvio-glaciali 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 fluvio-glaciali affioranti nell'area di Lonato all'Unità di Sedena del

Pleistocene Medio e Medio-Superiore e all'Unità di Solferino del Pleistocene Superiore.

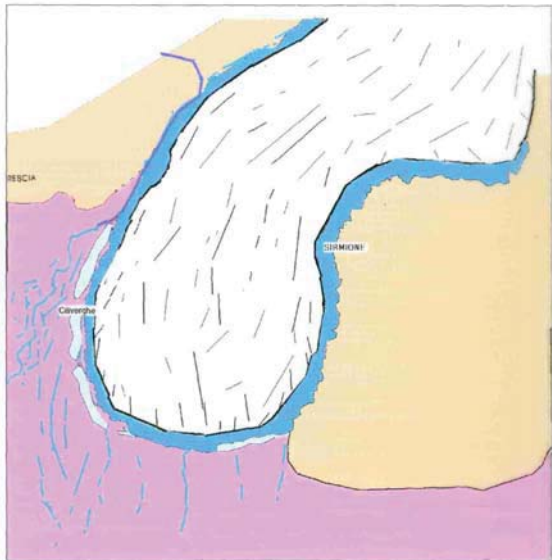


Fig. 17 - Fase morenica di Fanta

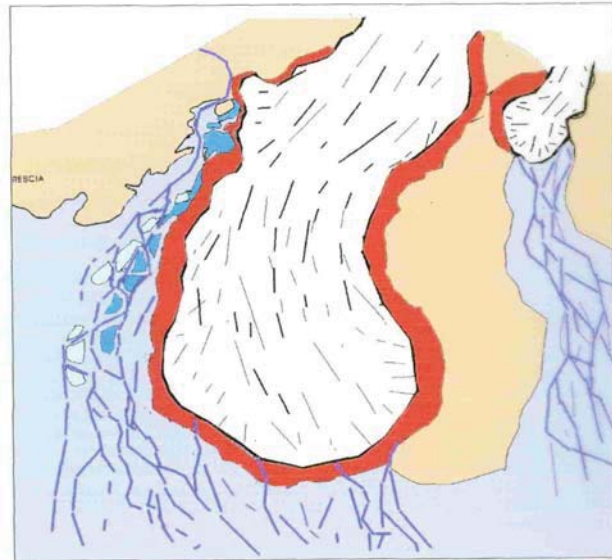


Fig 19 - Fase morenica di Carpenedolo

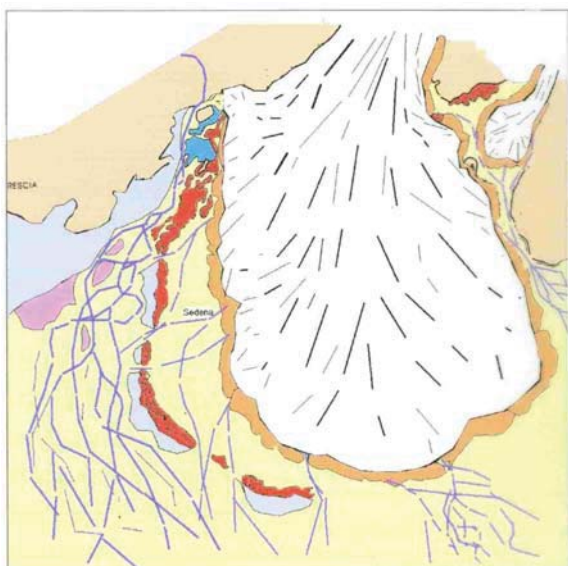


Fig. 20 - Fase morenica di Sedena.

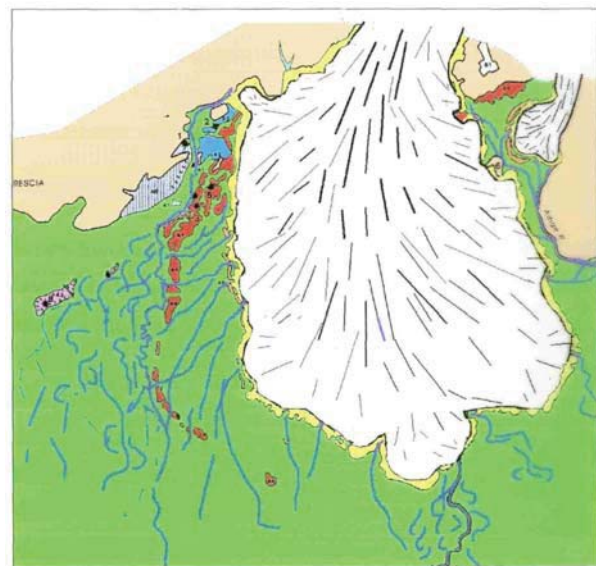


Fig. 21 - Fase morenica di Solferino

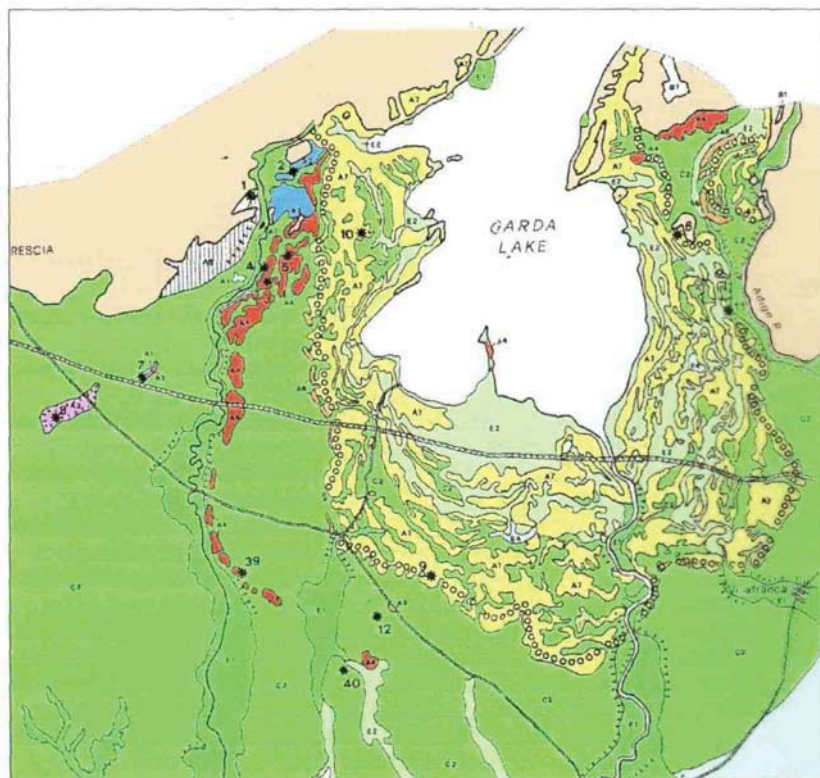


Fig. 23 - Disposizione attuale delle morene

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.

## 2.2 Inquadramento Strutturale

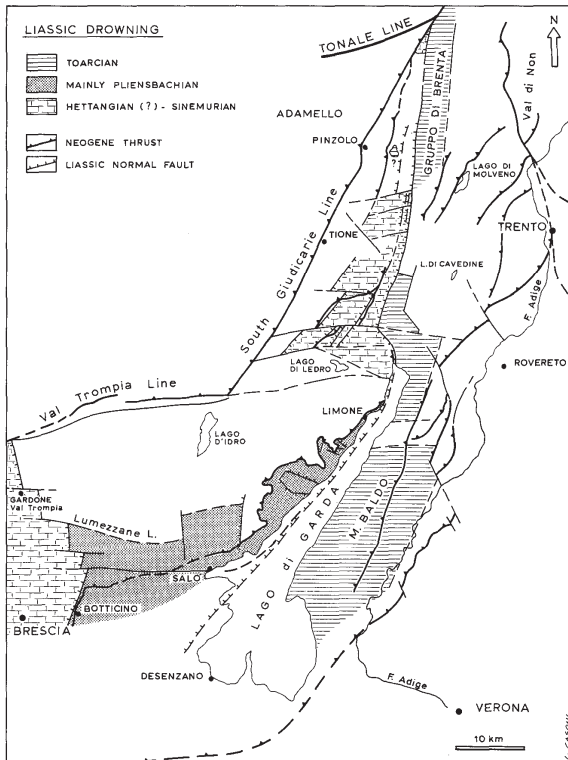


Fig. 5 - Sintesi dei principali elementi paleogeografici e paleotettonici del Lias nella Cintura Giudicariense (da Castellarin & Picotti, 1990).

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.

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.

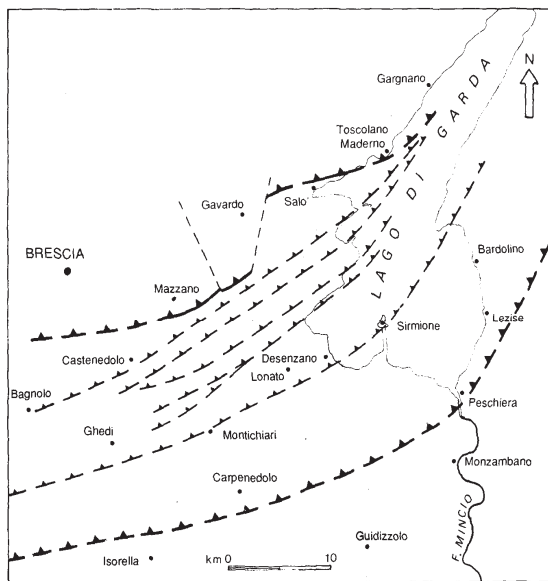


Fig. 7 - Sistema di embricazione nell'area del sottosuolo attorno alla sponda meridionale del Garda.

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*.

In particolare gli affioramenti del substrato roccioso a Sud di Salò sono da mettere in relazione ad un pronunciato sistema di *thrust*.

Tutti gli affioramenti delle formazioni paleogeniche presenti lungo la sponda occidentale del Lago a Sud di Salò (Rocca di Manerba, Isola del Garda, Scogli dell'Altare, Isola dei Conigli e Punta San Sivino) 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 neogeniche va sottolineato che il carattere di attività persiste anche durante il Plio-Pleistocene. 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 Successione stratigrafica

Viene di seguito elencata la successione delle unità stratigrafiche presenti con una descrizione delle principali caratteristiche litologiche. 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).

### COPERTURE QUATERNARIE

La successione stratigrafica delle unità presenti nel territorio in oggetto è rappresentata da terreni riferibili al Quaternario, a partire dal Pleistocene, che possono essere così schematizzati (dai più antichi ai più recenti):

### UNITA' GLACIALI

#### UNITÀ DI SOLFERINO – Usf (Pleistocene Superiore)

A questa unità sono riconducibili depositi glaciali, depositi fluvioglaciali e di contatto glaciale, depositi glaciolacustri e di depressione intramorenica. 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 (piane glaciolacustri), interposte con andamento irregolare tra i cordoni morenici.



### **Depositi Glaciali (Uslf 1)**

I depositi morenici di cordone delineano per le avanzate delle masse glaciali i fronti di massima espansione in corrispondenza dei quali si aveva l'accumulo caotico dei materiali glaciali.

Sono costituiti da *diamicton* massivi per lo più a supporto clastico (Dmc) ma talora a supporto di matrice (Dmm). Risultano frequentemente presenti anche grossi trovanti poligenici con dimensioni fino a vari m<sup>3</sup>.

Nell'ambito del complesso modello deposizionale morenico sono previste eterogeneità litologiche con variazioni nel contenuto di frazione fine che risultano talora molto accentuate anche in zone contigue. Così si possono ritrovare settori con litologia più francamente limoso-sabbiosa prevalente sullo scheletro granulare (Dmm). In questi casi i depositi glaciali assumono tipica colorazione grigia (più argillosa) o color ocra-nocciola (più limosa).

### **Depositi di Contatto Glaciale (Uslf3)**

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.

Si riconoscono nell'ambito geologico considerato:

#### **- Depositi fini, prevalentemente sabbioso limosi, limoso sabbiosi, limoso argillosi, argillosi (“morena di fondo”) (USlf3b)**

Si dispongono nel territorio desenzanese orientale e sudorientale estendendosi nell'entroterra da Montonale e San Martino in direzione del lago e raccordandosi quindi con la fascia costiera mediante un'ampia zona pianeggiante.

Sono costituiti da potenti successioni di materiali in prevalenza di colore grigio o grigio azzurro, essenzialmente limoso-argillosi, con scarsa frazione sabbioso-ghiaiosa.

In prossimità della zona perilacustre si possono avere zone caratterizzate da depositi fini di origine lacustre accumulati in conche residue in conseguenza dello spostamento della linea di riva del lago. In alcuni casi le recenti interpretazioni stratigrafiche hanno attribuito alcune delle piane orientali alle alluvioni oloceniche dell'Unità di Loamy (E2). Si ritiene tuttavia che sebbene rielaborati dai corsi d'acqua olocenici i depositi siano da attribuire alla morena di fondo.

Afferiscono a questa unità litostratigrafica anche i depositi che segnano le fasi di ritiro delle masse glaciali in corrispondenza delle quali la deposizione delle morene poteva assumere una certa omogeneità (morene di ritiro). Le morene di ritiro, quando presenti, sono poste di norma immediatamente a tergo dei cordoni morenici come nella zona di S. Martino della Battaglia. Sono pertanto rappresentate da depositi eterogenei in cui lo scheletro grossolano costituito da ghiaie e ciottoli non sempre prevale sulla matrice fine sabbioso-limosa, in cui risultano dispersi frequentemente anche grossi trovanti con dimensioni fino a vari m<sup>3</sup>.



### **Depositi fluvioglaciali delle cerchie interne (USlf4)**

Questi depositi costituiscono le aree pianeggianti maggiormente estese, interposte tra i cordoni morenici interni e sono rappresentati da ghiaie con ciottoli arrotondati a supporto di clasti o di matrice in genere sabbiosa e sabbie spesso a laminazione incrociata; sono presenti livelli e lenti di limi sabbiosi, soprattutto in superficie.

Frequentemente le piane fluvioglaciali si raccordano con le piane glaciolacustri e le depressioni intermoreniche entro cui scorre la Fossa Redone.

Si distinguono:

#### **- Depositi grossolani, prevalentemente ghiaiosi, ghiaioso-sabbiosi e sabbiosi (USlf4a)**

Occupano i settori pianeggianti occidentali e talora centrali ad andamento in alcuni casi meandri-forme, compresi prevalentemente entro i cordoni morenici più elevati e subordinatamente minori (Loc. Cimitero, Loc. Feniletto, Loc. Rovere-Campagne, Loc. Colombare di Desenzano, Loc. Machetto-Grattarola-Montonale, Patuzza), collegandosi in alcuni caso con la piana di contatto glaciale sud-orientale. Questi depositi si riscontrano anche entro un'ampia fascia perilacustre estesa a Sud del Porto di Desenzano. Sono contraddistinti da materiali grossolani di norma in potenti sequenze, essenzialmente ghiaioso-sabbiose in cui è stata operata una selezione granulometrica dall'ambiente alluvionale.

Talora possono comparire lenti o tasche di sequenze più fini sabbioso-limose collegate a diminuzioni di energia dell'ambiente alluvionale.

#### **- Depositi fini prevalentemente sabbioso limosi, limoso sabbiosi, limoso argillosi (USlf4b)**

L'ambiente di deposizione, condizionato da brusche variazioni di energia, ha determinato nette variazioni litologiche in senso verticale. Rappresentano i depositi di tracimazione dei corsi d'acqua fluvioglaciali delle cerchie occidentali costituendone talora la prosecuzione, come per la Piana del Venga, la Piana di Vallio e per alcune piane fluvioglaciali minori.

Possono rientrare in questa classe, date le medesime caratteristiche litologiche, anche i depositi riferibili al conoide che sfocia verso il Porto di Desenzano ed interessa parte del centro storico nonché parte dei depositi fluvioglaciali della piana del Cimitero di Desenzano.





## UNITA' POST-GLACIALI (OLOCENE)

### **Depositi lacustri (I1 –I2)**

Sono distribuiti in corrispondenza della fascia perilacustre orientale del territorio desenzanese e contraddistinguono un livello di innalzamento del Lago. Sono per lo più rappresentati da limi e limi argillosi a tratti torbosi (I1), verso la fascia più propriamente perilacustre e, localmente verso monte, da ghiaie e sabbie (I2),

Gli stessi materiali sono distribuiti diffusamente sui fondali del lago nella zona posta in corrispondenza della linea di riva, a valle dell'ambiente deposizionale di spiaggia.

Parte del centro storico di Desenzano (Via Roma, Piazza Malvezzi, Piazza Matteotti, Imbarcadere, Lungolago, Maratona) è stato ottenuto mediante successivi interventi di ricarica. I materiali di riporto accumulati al disopra di questi depositi secondo un'antica tecnica di consolidamento, diffusa anche in altri centri rivieraschi del Garda in contesti litologici e morfologici simili, ha permesso l'arretramento della linea di riva del lago.

### **Depositi di spiaggia recenti e attuali (ds)**

Sono rappresentati da depositi grossolani recenti ed attuali ghiaioso-sabbiosi distribuiti discontinuamente in adiacenza alla linea di costa dove danno origine ai lidi maggiormente estesi.

### **Materiali di riporto (r)**

Si tratta di materiali di riporto inerti, eterogenei, accumulati per lo più sul territorio per la realizzazione dei rilevati delle vie di comunicazione principali e secondarie o in prossimità di aree edificate e/o lungo la fascia costiera.

## **2.3.1 Successione Stratigrafica Locale**

L'area di progetto si colloca in un ambito collinare immediatamente a monte della fascia costiera ed è caratterizzata dalla possibile interferenza di diverse unità stratigrafiche. Si può pertanto ipotizzare una successione stratigrafica caratterizzata da interdigitazione di depositi fluvio-glaciali fini, limoso-sabbiosi (Uslf4b) e grossolani, ghiaioso-sabbiosi (Uslf4a) ma anche di depositi lacustri fini (I1) limoso-sabbiosi, localmente possono essere presenti **coltri di materiali di riporto o terreno rimaneggiato (r)** correlabili agli interventi antropici (edifici interrati e seminterrati, ecc.).

## **2.4 Assetto Geomorfológico Generale e Geomorfológico Locale**

Da un punto di vista **geomorfológico** il territorio in esame risulta inserito in un **ambito** che corrisponde **al settore collinare riferibile al contesto morenico ed alle sue varie fasi evolutive**.

Si tratta di una porzione di territorio con andamento piuttosto articolato. Tale ambito risulta caratterizzato da una cerchia collinare piuttosto continua (cerchia esterna dell'Unità di Solferino) e pronunciata, cui sono correlate le quote altimetricamente più rilevate del territorio comunale, e da alture collinari discontinue frapposte tra questa ed il Lago, a morfologia più blanda, che raggiungono quote di poco rilevate rispetto alle piane circostanti.

In tale ambito risultano altresì molto marcate le piane intermoreniche, ad andamento talora meandriforme. Le aree pianeggianti sono in parte riferibili alle antiche linee di deflusso degli scaricatori fluvio-glaciali, verso cui confluivano le acque di scioglimento dei ghiacciai durante le fasi di ritiro (piane fluvio-glaciali). Allo stesso modo l'arretramento delle lingue glaciali secondo più fasi di



stazionamento, può aver comportato la formazione di depressioni tra archi morenici adiacenti, con conseguente ristagno d'acqua ed individuazione di laghi di fronte glaciale e/o terrazzi di erosione (piane glaciolacustri o di depressione intramorenica) o di piane di contatto glaciale. La successiva tracimazione delle acque raccolte da questi bacini lacustri, attraverso uno o più tagli provocati negli archi di contenimento, può aver comportato il recapito delle acque verso gli scaricatori fluvio-glaciali più prossimi, con formazione talora di forme morfologiche tipiche assimilabili a conoidi. Gli scaricatori raccoglievano principalmente le acque di scioglimento della lingua glaciale riferibile alla fase di Solferino, che tendono a defluire incanalandosi con direzioni di deflusso circa verso S-SE.

Le alture collinari moreniche sono disposte in direzione dapprima circa NNW-SSE (cerchie esterne) e quindi variabile fino a circa NW-SE in funzione della dinamica di ritiro disposta all'incirca secondo l'andamento della linea di costa.

Le piane intermoreniche, più o meno estese, sono state modellate dapprima dai corsi d'acqua fluvio-glaciali e successivamente riprese da quelli olocenici. I corsi d'acqua olocenici, che solcano le aree di pianura e di valle intramorenica, sfruttano in gran parte i lineamenti morfologici ereditati e scorrono talvolta ai margini o entro piane fluvio-glaciali più ampie dell'attuale alveo. In corrispondenza delle depressioni intermoreniche maggiormente sviluppate e talora lungo la fascia costiera si formarono in epoca post-glaciale aree palustri o comunque di sedimentazione di depositi a granulometria fine.

La formazione del Lago di Garda ebbe una certa influenza sul modellamento della fascia costiera. Variazioni del livello del lago hanno più di una volta determinato un avanzamento della linea di riva. (C. Baroni "Note sulla paleogeografia olocenica della costa occidentale del Lago di Garda", Geogr. Fis. Din. Quat., 8 - 1985). Significativo, perché ampiamente documentato lungo la sponda del Garda, è il livello situato a circa 70 m s.l.m. riferibile al post glaciale.

Di conseguenza in prossimità della costa, le fasce depresse di origine glaciale poterono essere colmate con materiali lacustri. La fascia costiera del lago divenne un ambiente di deposizione di materiali fini associati ai depositi più grossolani delle spiagge.

Con il passaggio verso le attuali condizioni climatiche i fenomeni geomorfici legati all'idrografia superficiale ed alla gravità si sostituirono del tutto a quelli glaciali, apportando modifiche al paesaggio. Si è così impostata gradualmente la rete idrografica diretta, limitatamente, verso il Lago e più in generale verso il fronte esterno delle cerchie moreniche.

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.

#### 2.4.1 Geomorfologia Locale

Il **sito di progetto** si colloca a circa 150 m dalla linea di riva, al passaggio tra ambiti geomorfologici peculiari con collocazione presso un conoide fluvio-glaciale che taglia i cordoni morenici e confluisce verso la fascia costiera ed il golfo del Porto.

Il contesto è riferito all'area collinare del centro storico, intensamente urbanizzata e degradante verso il Lago, modellata originariamente dalla dinamica glaciale e fluvio-glaciale correlata al ritiro del ghiacciaio e successivamente mediante interventi antropici.

L'area è inserita in corrispondenza di lembi residui di rilievi collinari allungati in direzione da N-S (collina del Castello) a NW-SE (cordoni di Rivoltella) interrotti da un conoide di deiezione correlato



agli scaricatori fluvioglaciali; ad W-NW e SW si individuano degli ambiti di piana fluvioglaciale che si raccorda alla linea di costa del Lago. La fascia costiera è stata modellata dalle dinamiche lacustri ed anch'essa dalle numerose modifiche antropiche,

Il versante risulta nel complesso debolmente inclinato e oggetto di diffuse modifiche antropiche, mediante realizzazione di terrazzamenti artificiali con accumulo di materiali di riporto e realizzazione di muri di sostegno (a secco o in c.a.), avvenute già in epoca storica.

Il complesso di edifici oggetto di studio risulta adiacente alla sede stradale di Via Carducci e comprende il cortile interno del complesso scolastico dell'ex IPC e della palestra di pertinenza dello stesso e risulta delimitato a NE da un muro in c.a. di raccordo alla proprietà sottostante. Il piano di calpestio del piano terra dell'edificio principale e del cortile sono posti ad una quota di circa 72.5/73.0 m s.l.m.; la palestra ed alcuni edifici secondari (SE e NE) sono caratterizzati dalla presenza di interrati dislocati secondo un primo piano a quota 71.0 m s.l.m. ed un secondo piano a quota di 66,44. I manufatti con secondo interrato si correlano pertanto alla quota del cortile adiacente il confine Est dell'area di progetto

L'area d'intervento non appare interessata da significativi fenomeni geomorfici in atto e risulta pertanto stabile.

## 2.5 Idrografia

Il reticolo idrografico del territorio del Medio-Basso Garda appare complessivamente poco sviluppato; nell'ambito collinare retrostante la fascia lacustre l'assetto idrogeologico e le caratteristiche orografiche del territorio determinano la presenza di corsi d'acqua con andamento irregolare che prendono origine da estese zone di affioramento della falda freatica in corrispondenza delle piane intramoreniche (torbiere, zone umide/lagheti) o alla base dei versanti morenici (sorgenti).

I tracciati dei corsi d'acqua attraversano le aree collinari e raggiungono la costa lacustre con tratti a caratteristiche molto differenti. Le pendenze delle aste fluviali risultano molto limitate all'interno delle piane fluvioglaciali, di conseguenza il deflusso delle acque avviene lentamente, con scarsa capacità erosiva e tendenza a fenomeni di esondazione ed allagamento. Al contrario nei tratti in cui i corsi d'acqua attraversano i cordoni morenici, le pendenze divengono maggiori, le sezioni fluviali risultano piuttosto incise, con fenomeni di erosione spondale e flusso idrico talora notevolmente accelerato.

Il reticolo idrografico appare, di norma, poco gerarchizzato con aste di lunghezza limitata che sottendono versanti da mediamente a poco acclivi, con conseguenti tempi di corrivazione piuttosto brevi.

Nelle piane fluvioglaciali/intermoreniche è spesso presente una rete di fossi che convogliano le acque provenienti dai versanti verso l'asta principale.

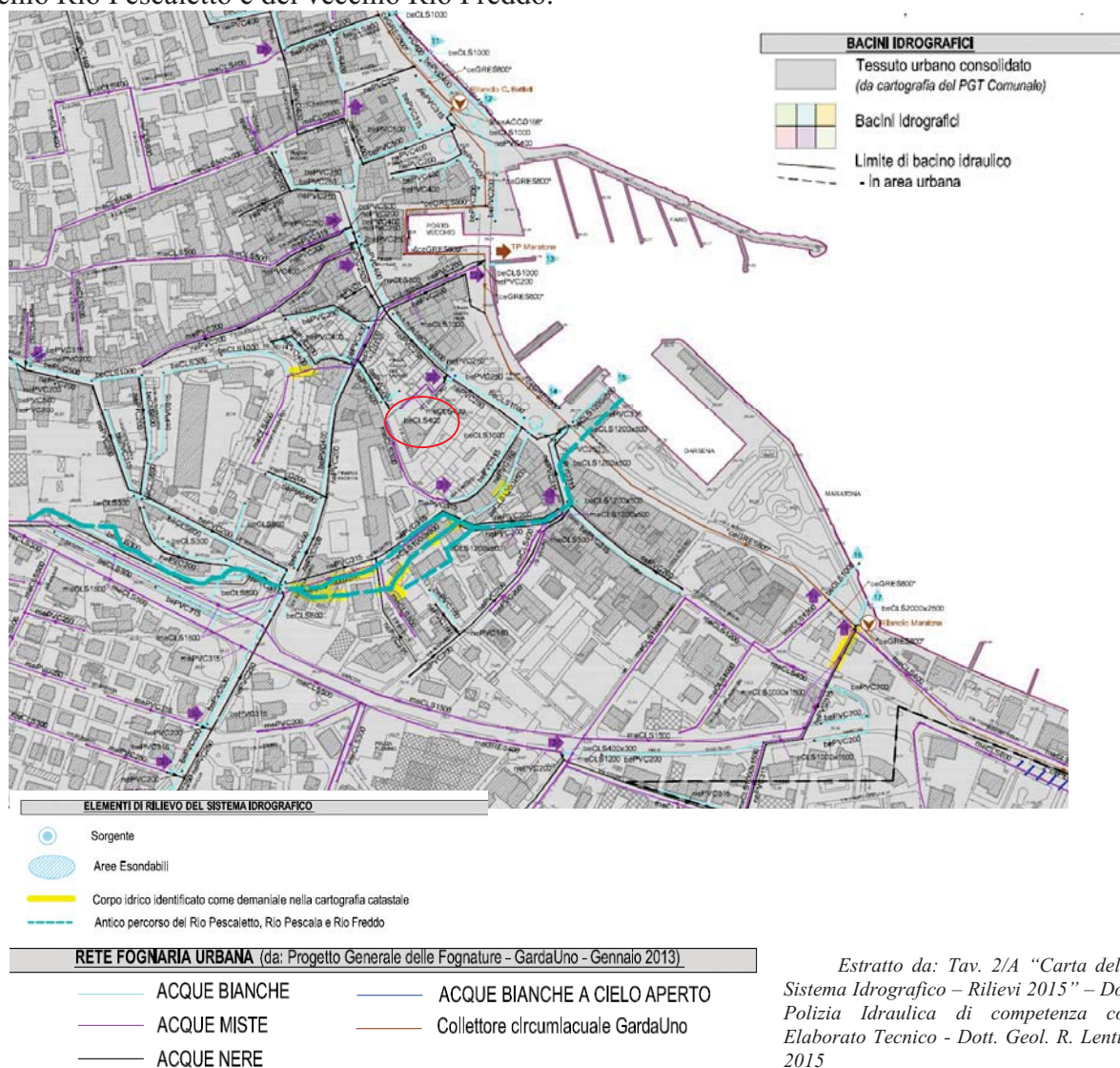
Un altro elemento rilevato è lo scorrimento delle acque fluviali all'interno di tratti tombinati e/o intubati soprattutto per attraversare le aree adiacenti la costa, laddove essa rappresenti una fascia più o meno intensamente urbanizzata; altrettanto caratteristico è l'alternarsi di tratti intubati e a cielo aperto. Le terminazioni dei tratti tombinati rappresentano sempre un punto critico della rete idrografica, inducendo una riduzione della sezione idraulica del corso d'acqua e, spesso, un punto di vulnerabilità rispetto ad eventuali ostruzioni (accumulo di materiali detritici). Talora il cattivo dimensionamento di questi tratti può provocare fenomeni di allagamento.



## 2.5.1 Idrografia Locale

L'idrografia della zona del centro storico di Desenzano del Garda è stata progressivamente obliterata dall'urbanizzazione nelle differenti epoche storiche. L'antico fossato del Castello era un tempo alimentato dai corsi d'acqua (Rio Pescaletto-Rio Freddo) che dai versanti dell'entroterra di Desenzano scendevano verso il lago. Da questo fossato si dipartivano alcuni piccoli canali che venivano sfruttati più a valle per la movimentazione di mulini. Lungo la rete stradale o entro le proprietà sono talora presenti opere di canalizzazione, in parte oramai afferenti alla rete fognaria delle acque bianche, che probabilmente ripercorrono l'andamento di alcuni tratti dell'antica rete idrografica.

L'area di studio si pone in prossimità dei rami intubati che hanno di fatto sostituito il percorso del vecchio Rio Pescaletto e del vecchio Rio Freddo.



Per il sito di intervento, che non interferisce con alcun elemento idrografico, non sono individuate aree soggette a problematiche di tipo idraulico significative.

Attualmente lo smaltimento delle acque all'interno dell'area di proprietà avviene per spaglio superficiale e/o mediante idonee reti di smaltimento.

## 2.6 Inquadramento Idrogeologico

La struttura idrogeologica del territorio in esame è rappresentata da vari tipi di **acquiferi superficiali**, cui corrispondono **falde sospese** circolanti nei **depositi glaciali** e nei **fluvioglaciali fini** e **falde da freatiche a semiconfinare circolanti nei depositi fluvioglaciali grossolani**.

Negli **ambiti collinari morenici** ed in particolare in questo settore di Desenzano d/G, sono presenti **falde sospese** circolanti nei depositi morenici e localmente nei depositi fluvioglaciali fini, talora a scarsa profondità dal p.c., alimentate dalle precipitazioni meteoriche, con debole grado di artesianesimo e con direzione di flusso da monte verso valle. Questi acquiferi trovano circolazione entro livelli maggiormente sabbioso-ghiaiosi e sabbioso limosi da mediamente permeabili a permeabili confinati in sequenze in prevalenza limoso-argillose a scarsa o nulla permeabilità. Si tratta di acquiferi per lo più non continui lateralmente, confinati verso il basso da sequenze argilloso limose o limoso argillose impermeabili, lievemente in pressione e a cui corrisponde produttività variabile.

Presso alcuni edifici posti nella collina su cui si sviluppa il centro storico di Desenzano sono presenti piccole sorgenti connesse a questo tipo di falde superficiali. Numerosi interventi di ristrutturazione, che hanno previsto significative operazioni di scavo hanno evidenziato abbondanti, seppure localizzati, fenomeni di circolazione d'acqua a profondità variabile ed in ogni caso d'interesse progettuale (primi 4-8 m dal p.c.). Ben noti sono inoltre fenomeni di filtrazione idrica lungo le pareti di monte degli edifici di Via San'Angela Merici. Anche recenti indagini geognostiche ed interventi di scavo in Via Mazzini, in Via Monte Grappa, in Via Fosse Castello ed in Via S. Angela Merici hanno riscontrato locale, ma abbondante, presenza di circolazione d'acqua entro i primi 2-5 m dal p.c.

Alle falde sospese circolanti entro livelli e lenti maggiormente permeabili, che caratterizzano di norma i depositi morenici, possono aggiungersi falde, anch'esse superficiali e discontinue, circolanti entro materiali di riporto accumulati in relazione alle numerose modifiche antropiche di urbanizzazione e di modifica della rete idrica superficiale e sotterranea, eseguite anche in tempi storici. Non si può altresì escludere che un certo contributo alla filtrazione idrica provenga da perdite delle reti idrauliche e fognarie private o comunali, in uso o relitte.

Nelle piane fluvioglaciali o di contatto glaciale/glaciolacustri e nella piana costiera sono talora presenti, sempre a scarsa profondità dal p.c., **falde di tipo sospeso ovvero freatiche/semiconfinare superficiali**, che permeano sia i depositi grossolani sia i terreni sabbioso-limosi, permeabili, limitati alla base dal substrato morenico poco permeabile. Si tratta di falde alimentate dalle precipitazioni meteoriche e dalle acque provenienti dalle falde sospese circolanti entro i depositi morenici presenti nei rilievi collinari. La presenza di livelli permeabili, che si prolungano fino a Lago, può determinare, per lo più localmente, un sostanziale collegamento tra le acque del bacino lacustre e quelle di falda, i cui livelli piezometrici risultano quindi in equilibrio. La falda è, in tal caso, soggetta ad oscillazioni stagionali piuttosto marcate legate alle precipitazioni meteoriche ed alle variazioni del livello del lago. Il deflusso sotterraneo della falda freatica segue in generale un debole gradiente topografico in direzione degli elementi idrografici drenanti e quindi, in caso di collegamento con il bacino lacustre, verso la linea di costa.

Al contrario le falde cui attingono i pozzi produttivi della zona afferiscono ad **acquiferi profondi di tipo multistrato**, posti a profondità elevate, che risultano avere un'alimentazione di tipo distale, non direttamente collegata alle precipitazioni meteoriche. Esse risultano piuttosto produttive e sono dotate di un notevole grado di artesianesimo. I corpi acquiferi sono costituiti anche in questi casi da

intervalli più francamente sabbioso-ghiaiosi, dello spessore di una decina di metri, intercalati entro la sequenza morenica semipermeabile o impermeabile, che possiedono una certa continuità in profondità.

### 2.6.1 Idrogeologia locale

**L'area di progetto si inserisce in un contesto di piana fluvioglaciale prossimo alla fascia costiera** e può essere interessata da **acquiferi superficiali sia di tipo freatico/semiconfinato che di tipo sospeso**, di norma discontinui e poco produttivi ma localmente dotati di una discreta estensione areale e potenza e, talora, correlati al bacino lacustre. Si rimanda al Cap. 4 per maggiori dati sito-specifici.



### 3 SISMICITA'

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

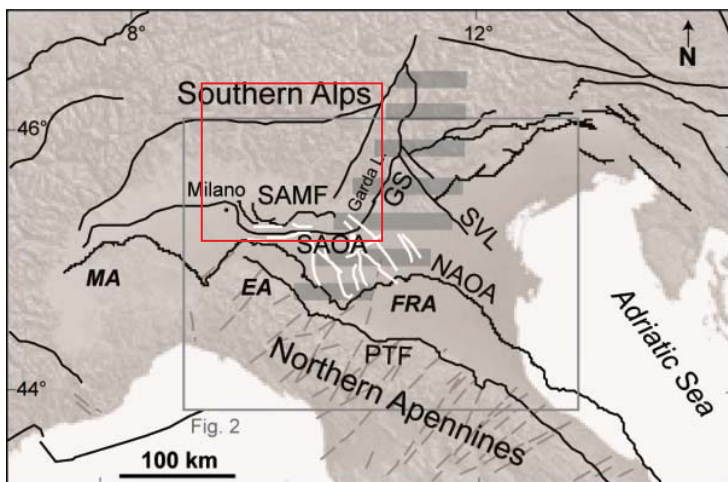
Nel settore settentrionale della pianura è presente il sistema di sovrascorrimenti S-vergenti che costituiscono la continuazione in pianura delle Prealpi Lombarde. Nella fascia meridionale si ha invece un pronunciato sistema di embricazione N-vergente che costituisce l'avanfossa essenzialmente pliocenica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

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

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

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

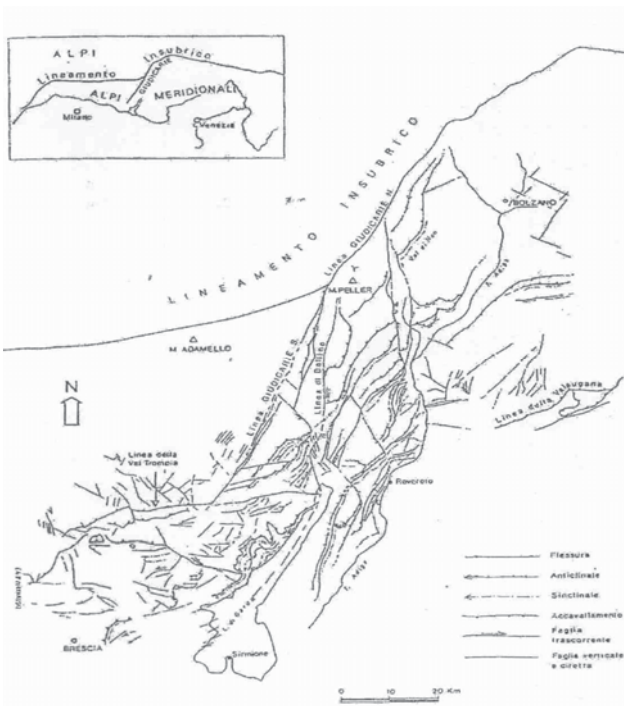
Pertanto attraverso alcuni milioni di anni il progressivo moto di avvicinamento della Placca Africana e della Placca Europea ha determinato prima **la nascita delle Alpi e degli Appennini** e poi ne ha sollevato le porzioni assiali creando il paesaggio montuoso che oggi conosciamo, secondo un meccanismo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



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

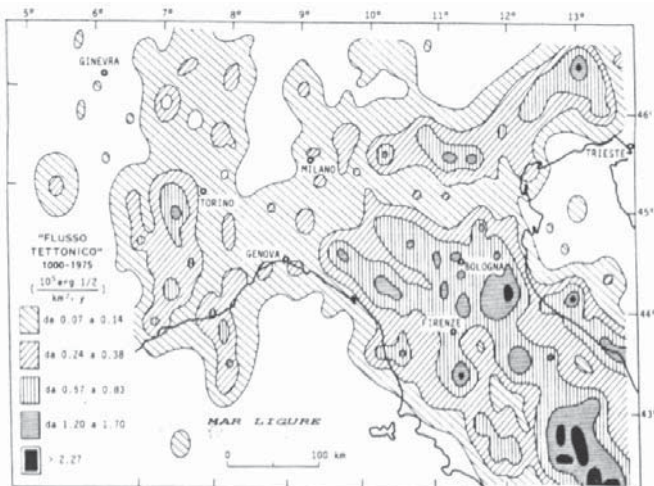


**Figura 1** – “Strutture del Sistema delle Giudicarie e Val Trompia a S del Lineamento Insubrico” Schema semplificato da numerosi Autori in Castellarin (1981).

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).

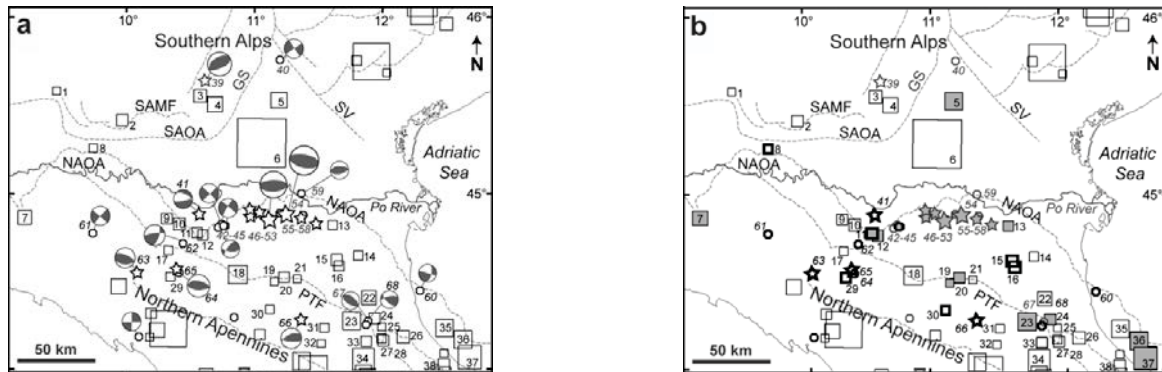
Secondo alcuni autori la localizzazione comune dell’area di Verona e di Brescia, e più in generale di questa porzione dell’area padana, rispetto al campo tensionale residuo in atto sarebbe dunque la causa principale della loro sismicità.

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 sviluppatasi 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.



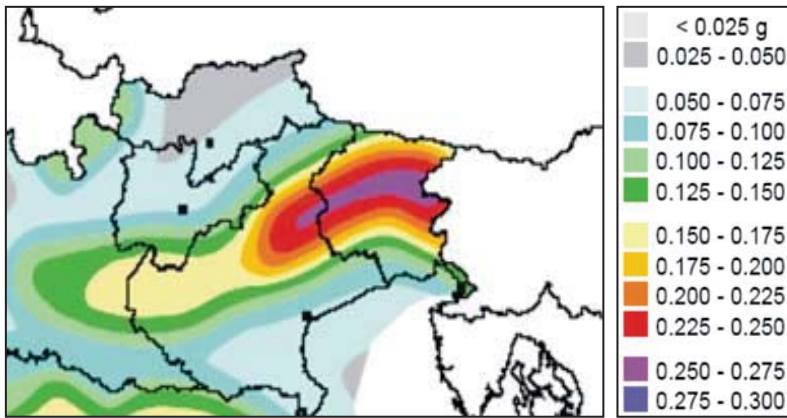


**Figura 4 bis** (tratta da *The Seismotectonics of the Po Plain (Northern Italy)*: *Tectonic Diversity in a Blind Faulting Domain* - Paola Vannoli, Pierfrancesco Burrato, Gianluca Valensise); Terremoti storici e strumentali (CPTI11, Bollettino Sismico Italiano e ISIDE). I terremoti storici con  $M \geq 5.3$  sono rappresentati con quadrati. I terremoti strumentali con  $M \geq 5.0$  sono rappresentati con stelle; quelli con  $4.5 \leq M < 4.9$  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).

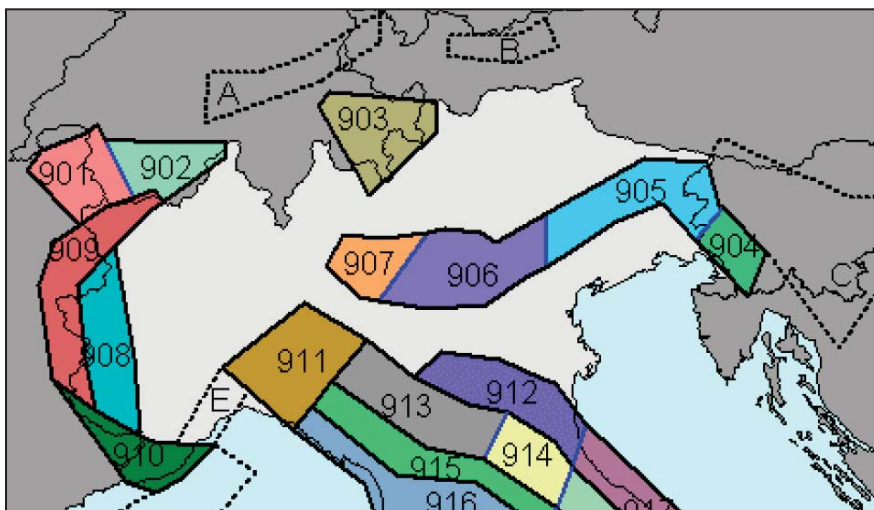
Al di sotto dei sedimenti della Pianura Padana esistono quindi strutture tettoniche attive e capaci di generare terremoti, come testimonia sia la sismicità strumentale dell'area, sia il verificarsi di importanti terremoti storici (Figura 4 bis). Recentemente, i *thrust* sepolti dell'Appennino Settentrionale 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.

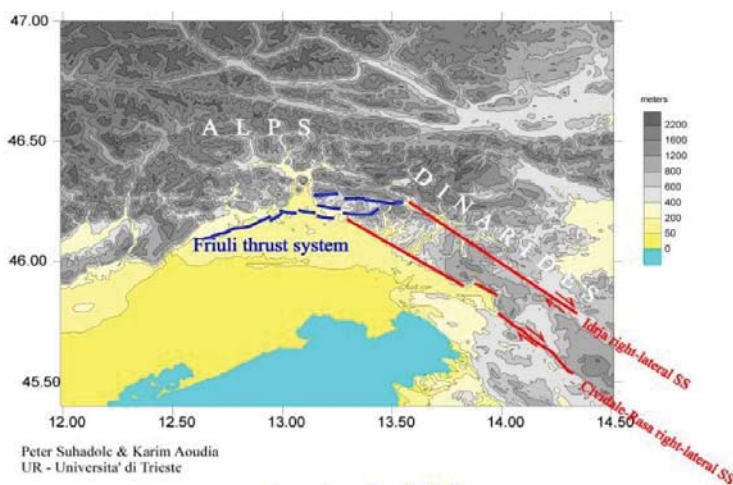
L'andamento delle aree sismiche cui afferisce il territorio gardesano pur seguendo l'andamento del margine prealpino, possiede infatti massima intensità in corrispondenza del Sistema Friulano.



**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).

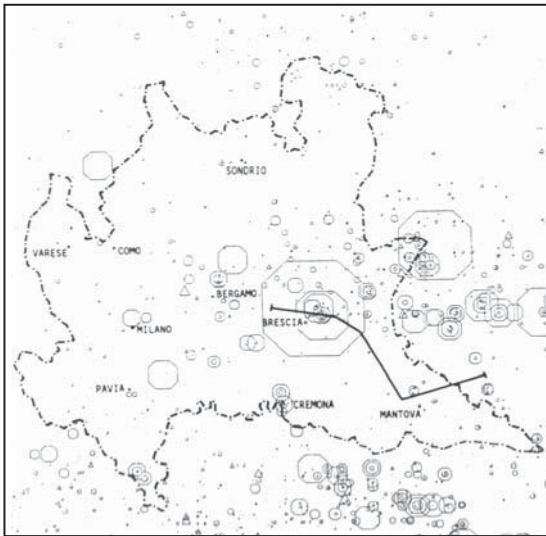


**Figura 5** – Schema strutturale della giunzione Alpi-Dinaridi.

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
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

N	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	AE	Lat	Lon	Msp	ZS9
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
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	

N	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	AE	Lat	Lon	Msp	ZS9
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	
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		LECCHESE	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

N	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	AE	Lat	Lon	Msp	ZS9
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
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.

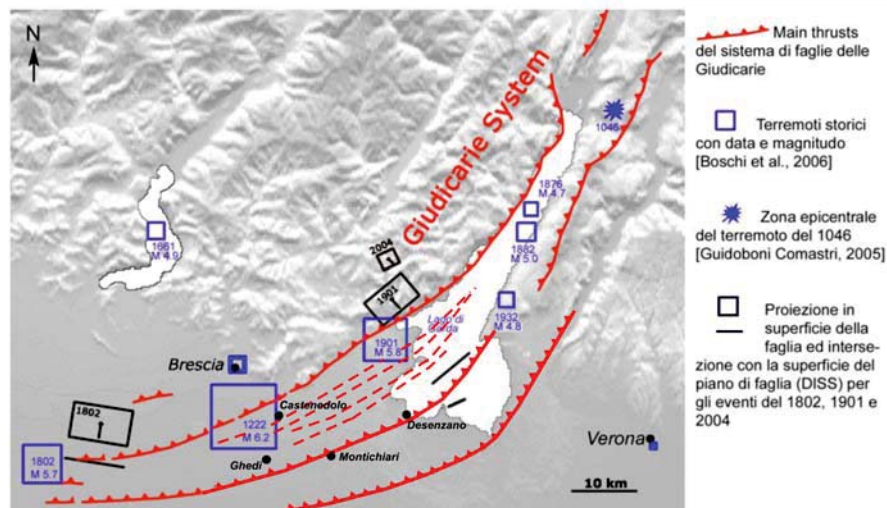
Successivamente al 2002 (anno di riferimento della tabella in allegato) si sono verificati altri eventi, seppure di magnitudo non elevata, con epicentro nel Bresciano (area sebina e area gardesana meridionale). Si segnala invece per intensità l’evento sismico verificatosi il 24/11/04, con magnitudo 5.2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

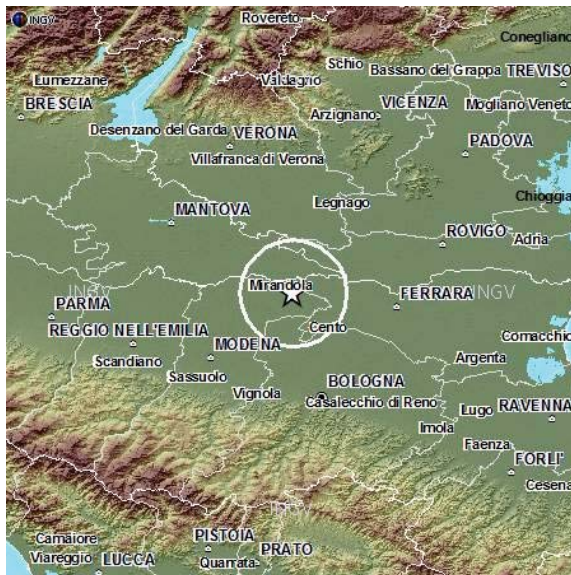
Tali sismi così come quelli con le massime intensità storiche riscontrate nei comuni del sud-ovest della Provincia di Mantova, sono da collegarsi con la vicinanza all'area sismogenetica del Reggiano-Ferrarese - Parmense (zone sismogenetiche ZS9 → 912-913, Figura 4) e con la presenza dell'edificio appenninico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

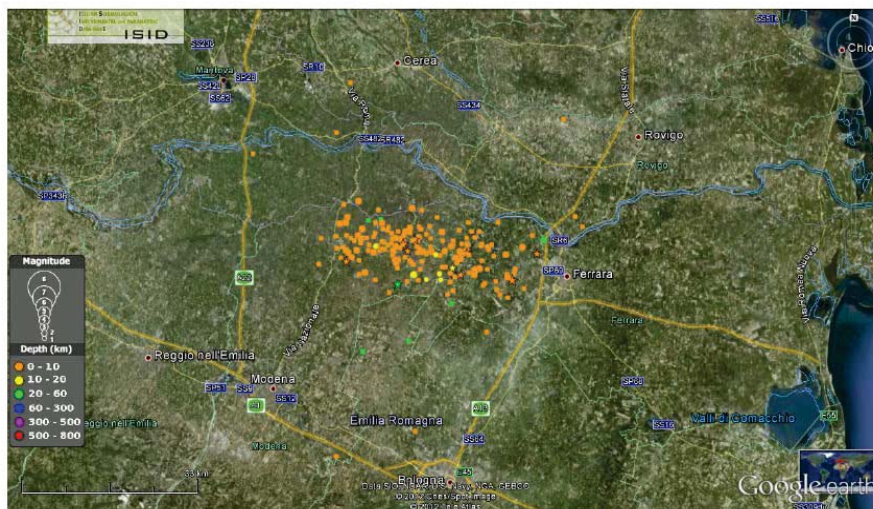
In primavera si è attivata la **sequenza sismica di Modena-Ferrara del Maggio 2012** che ha compreso il terremoto del 20 Maggio 2012 di magnitudo 5.9, avvenuto alle ore 04:03:52 italiane, con area epicentrale posta presso Finale Emilia-Mirandola (MO) (Figura 12), nel distretto sismico *Pianura Padana 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).

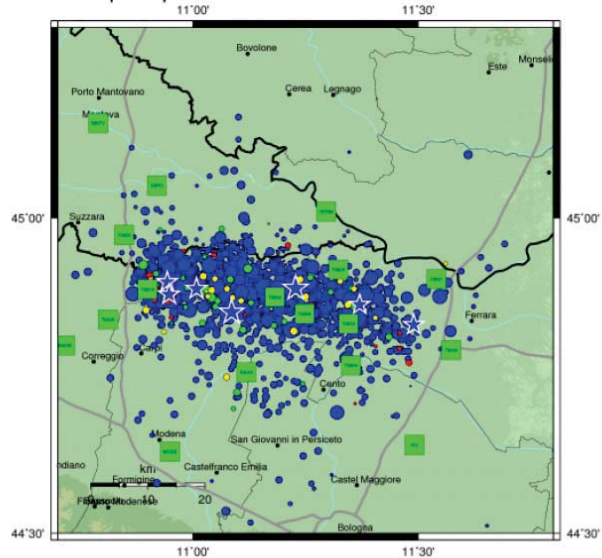
La serie sismica è proseguita intensamente fino alla data del 07 Giugno 2012 con un numero complessivo di 1587 eventi.



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

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).



Aggiornata al 2012-06-07,05:45:01 UTC, numero di eventi 1587

	Oggi	Ieri	2gg fa	Precedenti
MI < 3.0	18	28	39	1302
3.0 <= MI < 4.0	1	0	0	166
4.0 <= MI < 5.0	0	0	0	26
MI >= 5.0	0	0	0	7

**Stato della rete**

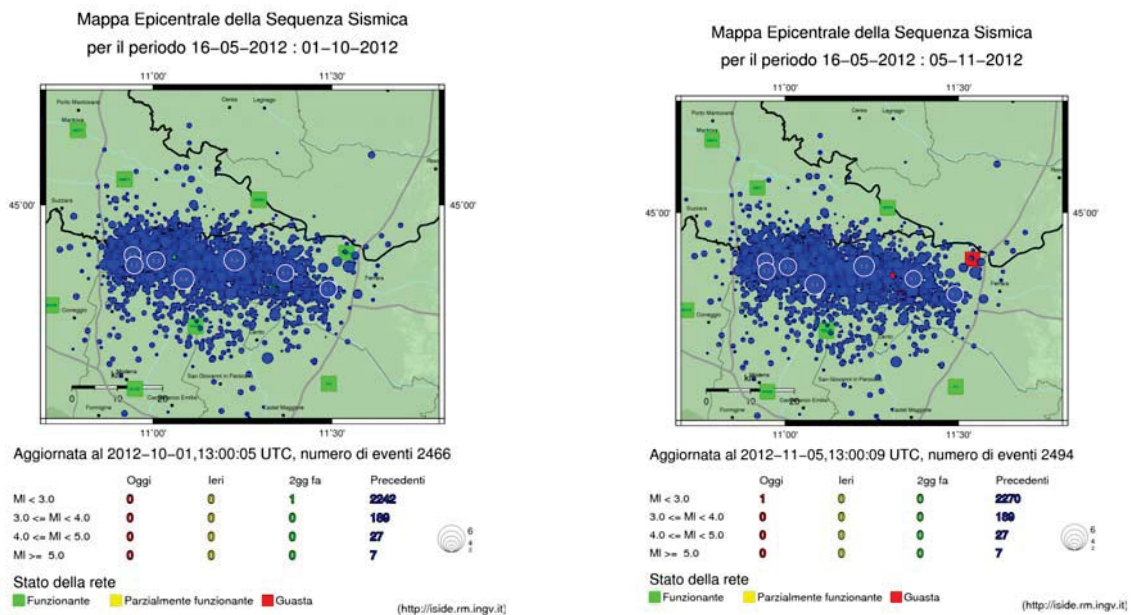
■ Funzionante   
 ■ Parzialmente funzionante   
 ■ Guasta

(<http://iside.rm.ingv.it>)

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.

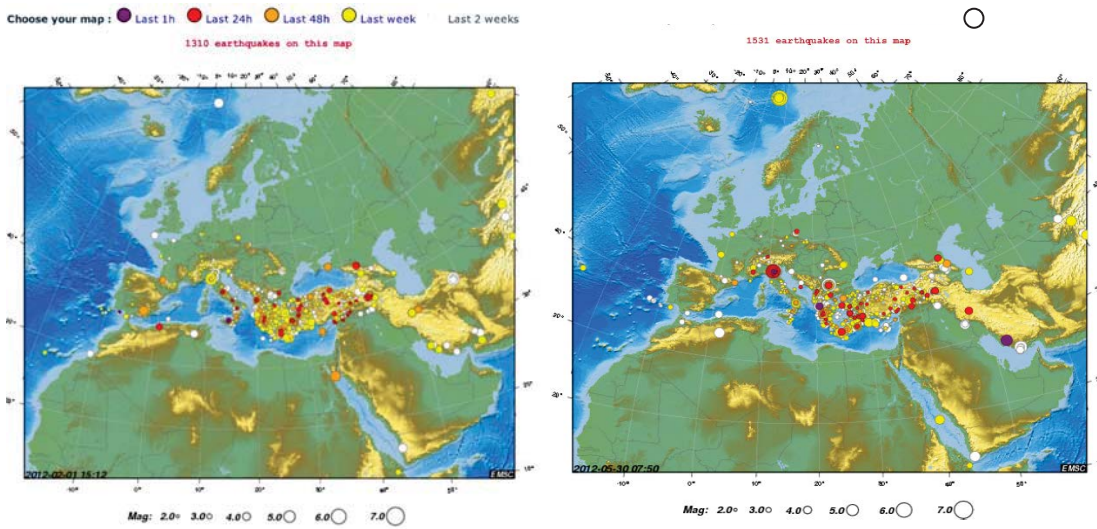


Nel comunicato di aggiornamento *Terremoti in Pianura Padana* redatto il 5 Novembre 2012 dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia e consultabile sul sito internet <http://terremoti.ingv.it/it/ultimi-eventi/842-terremoti-in-pianura-padana-emiliana.html> si evidenzia come non vi sia stato negli 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.



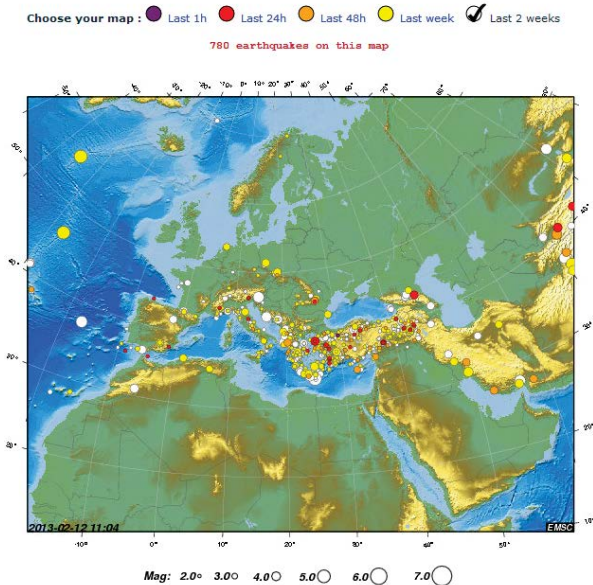
**Figura 16** – (fonte: Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia – Comunicato del 01/10/2012 e Comunicato del 05/11/2012).

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).



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

E-mail: [info@lentinirosannageologia.it](mailto:info@lentinirosannageologia.it) - Sito Web: [www.lentinirosannageologia.it](http://www.lentinirosannageologia.it)

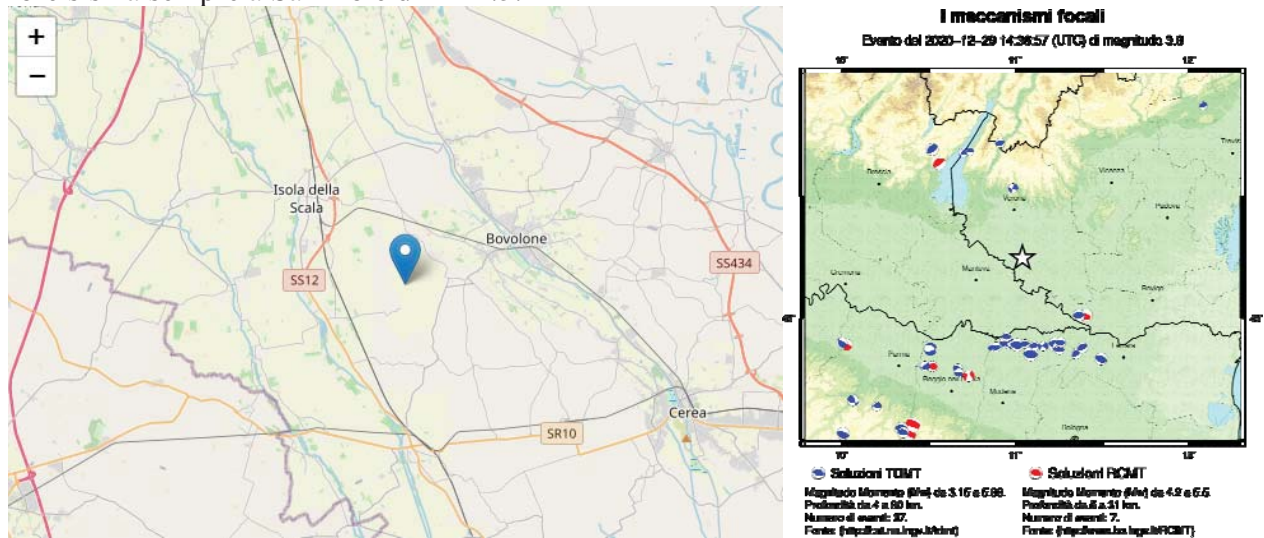
E-mail dedicate: [amministratore@lentinirosannageologia.it](mailto:amministratore@lentinirosannageologia.it) - [ufficiotecnico@lentinirosannageologia.it](mailto:ufficiotecnico@lentinirosannageologia.it)

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

### 3.2 Sismicità recente

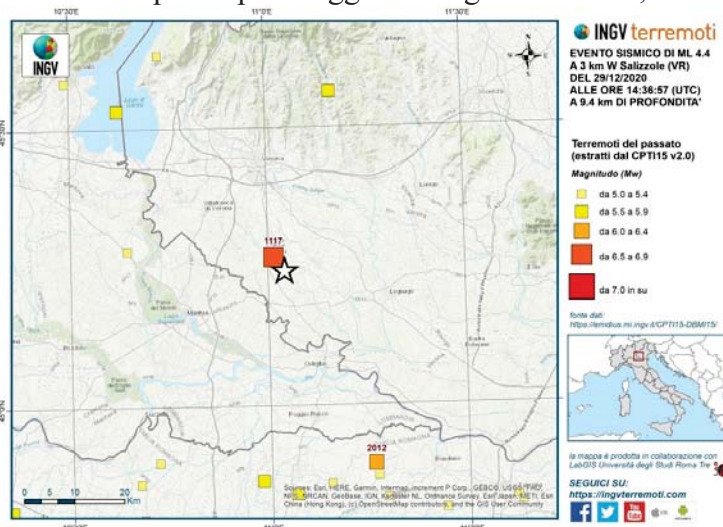
L'area bresciana/gardesana è stata interessata negli **ultimi anni** da numerosi eventi sismici di **Magnitudo  $M > 2$** , con aree epicentrali tra le provincie di Brescia, Trento e Verona.

Di recente in provincia di Verona un terremoto di **magnitudo  $M_w 3.9$**  è stato registrato dalla Rete Sismica Nazionale alle ore 15:36 italiane del giorno **29 dicembre 2020**. L'epicentro è stato localizzato a 3 km da Salizzole (VR), 22 km a S di Verona e 52 km a SW di Vicenza e ipocentro a una profondità di 9 km. L'evento è stato preceduto da due terremoti di magnitudo  $M_l$  3.4 e 2.8 e seguito da una scossa alle 16.26 di  $M_l$  2.3 nella medesima giornata; infine nella giornata del 11/01/2021 è stato registrato un ulteriore sisma sempre a Salizzole di  $M_l$  1.5.



Area epicentrale del sisma del 29/12/2020 ore 14:36 UTC ( $M_w = 3.9$ ) (fonte INGV)

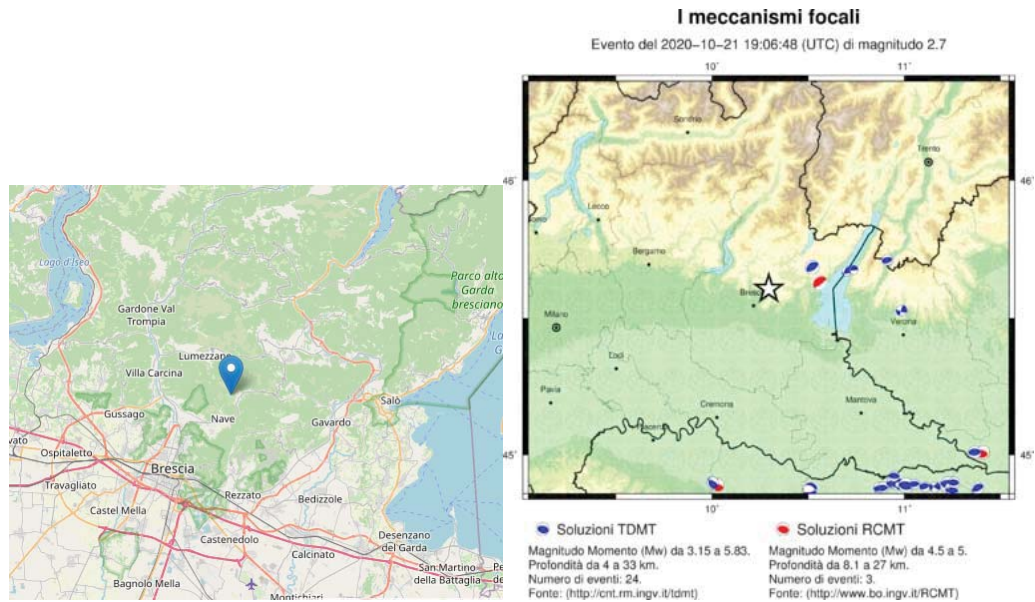
In un raggio di 25 km dalla localizzazione di questo terremoto sono noti una decina di terremoti, di energia relativamente moderata ( $M_w < 5$ ), primo fra tutti quello del 25 aprile 1907 (a Bovolone,  $M_w$  4.8 e localizzato a pochi chilometri dal terremoto odierno), che produsse danni molto leggeri in diverse località. Molto prossima alla localizzazione odierna è un terremoto ben più importante per la storia sismica italiana, quello avvenuto nel primo pomeriggio del 3 gennaio 1117, di  $M_w$  stimata 6.5.



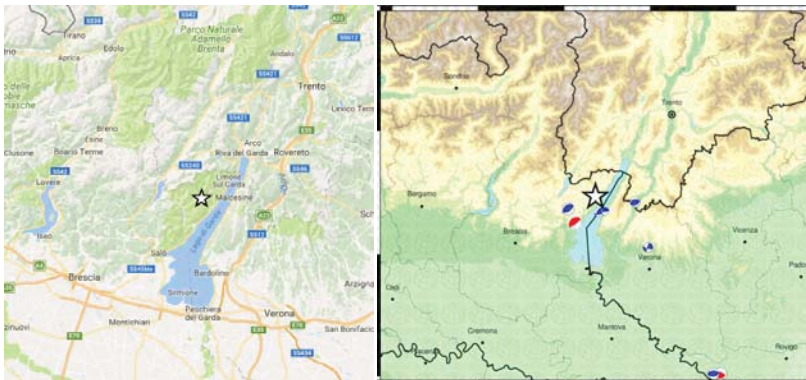
La sismicità storica nell'area estratta dal Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15) (fonte INGV)



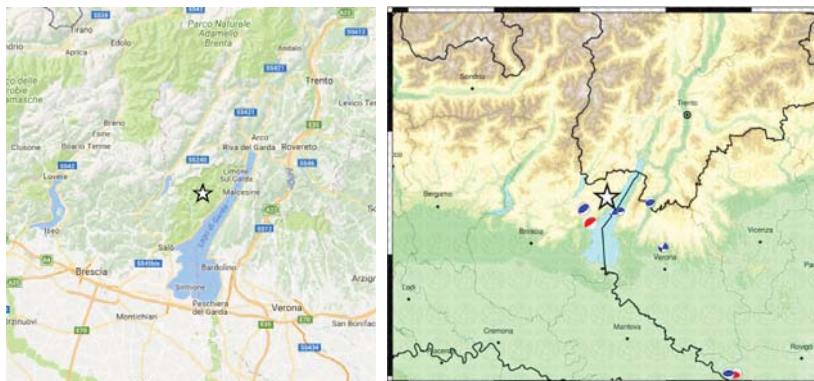
In provincia di Brescia si segnala un terremoto di **Magnitudo 2.7** del **21/10/2020** ore 21:06:48 con epicentro localizzato a 2 km in direzione Ovest da Caino (BS), e profondità a circa 9 km.



Una 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).

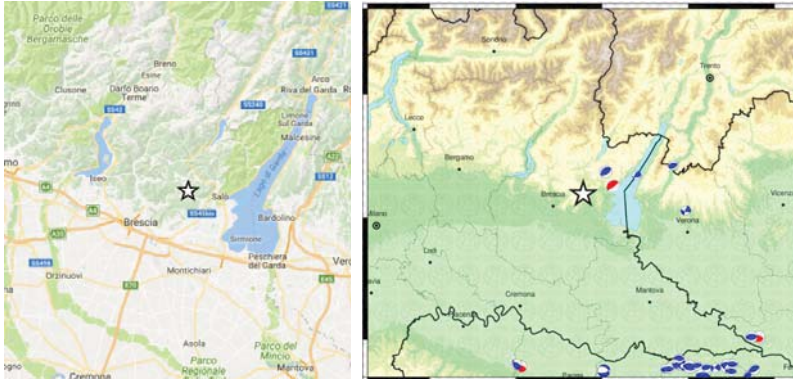


**Figura 19a:** Area epicentrale del sisma del 03/09/2017 ore 11:15 ( $M=3.4$ ) e ore 11:18 ( $M=2.3$ ) - Meccanismo Focale



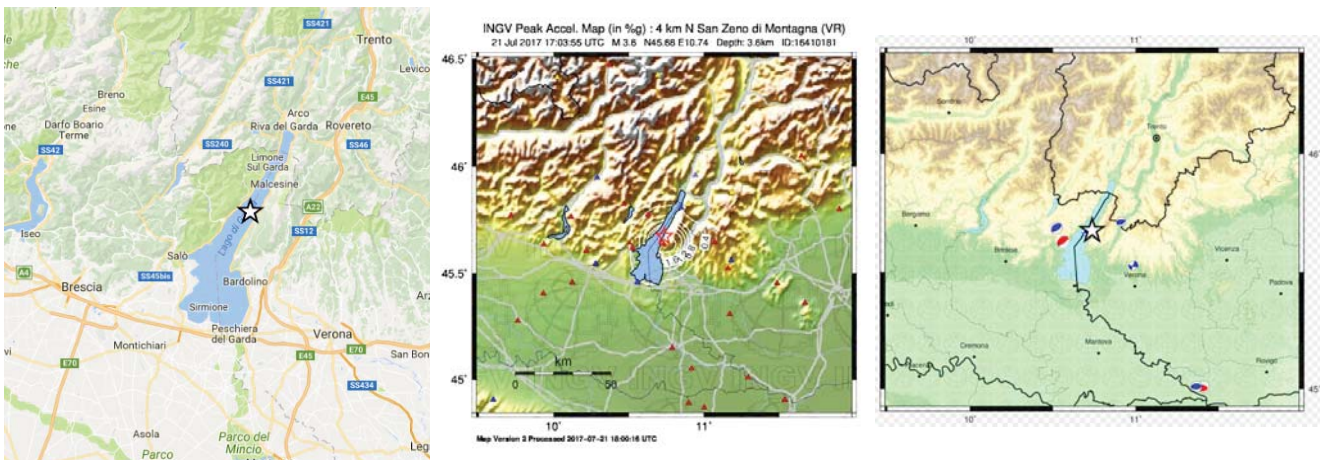
**Figura 19b:** Area epicentrale del sisma del 03/09/2017 ore 11:22 ( $M=2.2$ ) - Meccanismo Focale

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).

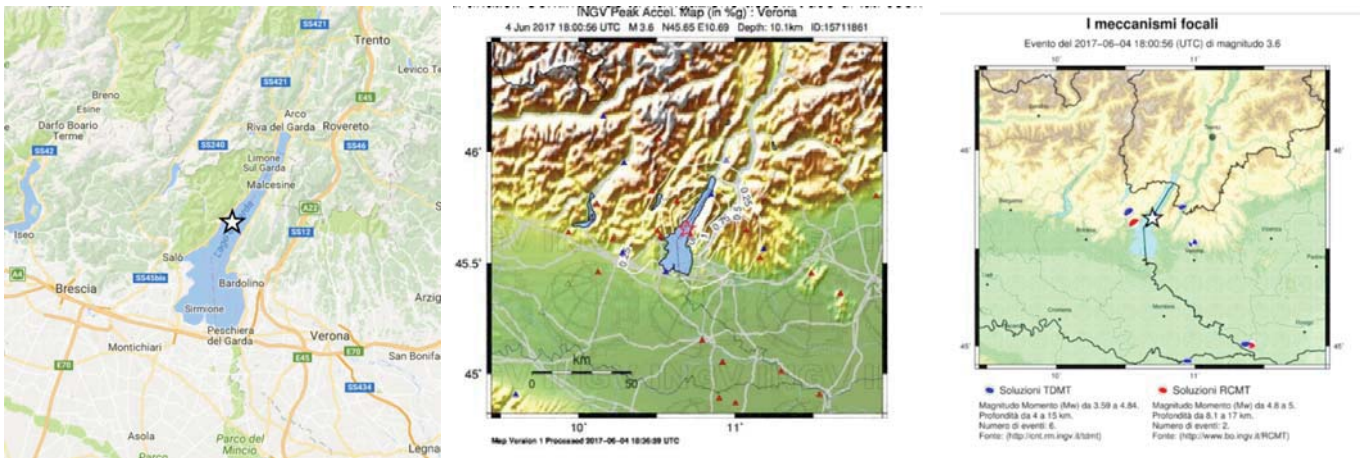


**Figura 19c:** Area epicentrale del sisma del 23/07/2017 ore 20:07 ( $M= 2.5$ ) - Meccanismo Focale

Si segnalano inoltre nel distretto sismico *Zona Lago di Garda* due **sisimi 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

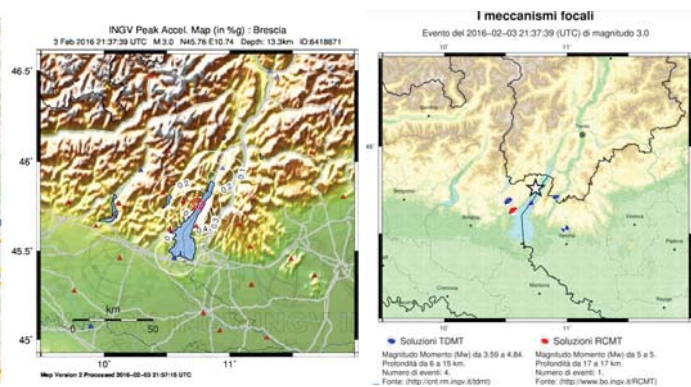


**Figura 19e:** Area epicentrale del sisma del 04/06/2017 ore 20:00 ( $M = 3.6$ ) - Mappa di scuotimento – Meccanismo Focale

**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  $\varepsilon$  che di regola è unitario, salvo che per “terreni particolarmente compressibili” per i quali si consiglia di incrementare  $\varepsilon$  fino a 1.3.

L'Ordinanza PCM n° 3274 del 20/03/03 e Norme Tecniche allegate, che inserisce il territorio di **Desenzano d/G 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.

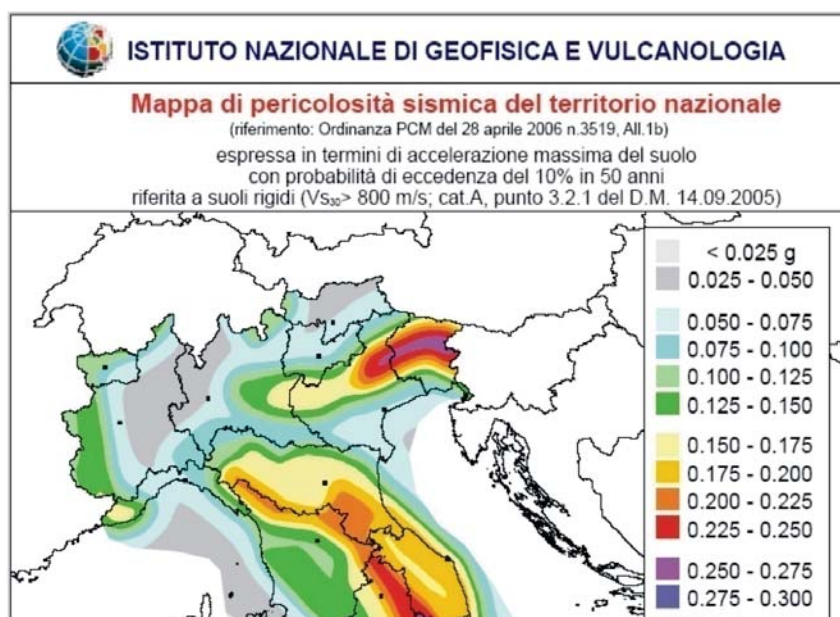


In ogni caso la normativa sismica ed i parametri relativi a ciascun territorio risultano in veloce e continua revisione, soprattutto nell'ambito della convenzione tra INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) e DPC (Dipartimento Protezione Civile) che prevede l'assistenza per il completamento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

Già l'**Ordinanza PCM 3519 del 27/04/06** fornisce una revisione dei valori di  $a_g$  sul territorio nazionale ed inserisce il **territorio di Desenzano d/G 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).

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

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

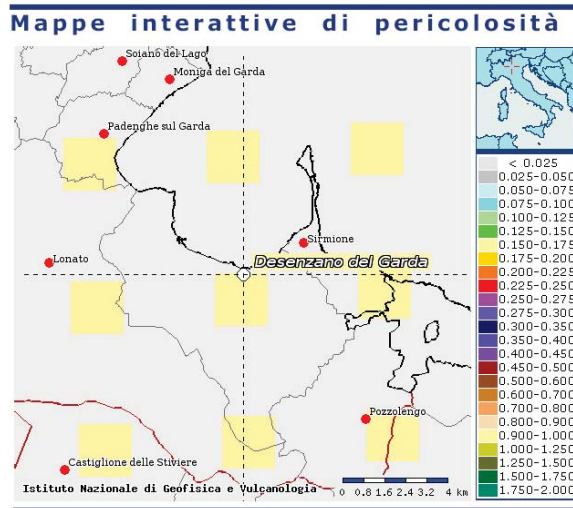


I dati riportati nell'All. B del D.M. 14/01/2008 coincidono con quelli riportati nell'Ord. 3519/2006, e sono in ogni caso determinabili mediante le coordinate geografiche e l'utilizzo di programmi applicativi, quali "Spettri-NTC ver.1.0.3" (vedi paragrafi successivi).

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 **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:



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 (ai sensi del DPR 380/2001 come modificato dalla L. 55 del 14/06/2019), 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) o l'Attestazione di avvenuto Deposito di cui all'Art.7 comma 1 della L.R. 33/2015, da rilasciare a carico dei Comuni all'atto del deposito stesso.

Spetta in ogni caso al Progettista la definizione delle normative cui risulta assoggettato l'intervento di progetto e la classificazione della tipologia di intervento ai sensi dell'art. 94 bis del D.P.R 380/2001 e s.m.i..

## **4 CAMPAGNA DI INDAGINE GEOGNOSTICA – Approfondimento sulle caratteristiche Geotecniche-Geofisiche dei Terreni**

Vengono di seguito esposte le metodologie ed i risultati delle campagne d'indagine eseguite entro l'area di progetto nel 2014 (porzione SE) e nel 2024 (cortile principale interno), finalizzate 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.

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.

Le campagne d'indagine possono essere considerate idonee ad ottemperare a quanto richiesto dal contesto geologico come descritto nei precedenti capitoli di inquadramento (Cap. 2) ed in ogni caso per la Classe di Fattibilità cui si correlano modeste limitazioni d'uso ascrivibili alla presenza di terreni con caratteristiche geotecniche mediocri e consistenti/modeste limitazioni d'uso correlate ad elevata/media vulnerabilità della prima falda.

Si sottolinea tuttavia come in relazione all'edificato esistente le indagini sono state eseguite esclusivamente presso i cortili.

E' stata inoltre prevista l'acquisizione di dati geofisici entro il sito di interesse in funzione degli scenari PSL Z4b e dell'applicazione delle normative vigenti (D.M. 17/01/2018 – Norme sismiche di PGT) peraltro con obbligo di approfondimento sismico (Fa di sito > Fa di soglia).

### **4.1 Sondaggi a carotaggio continuo (Indagini 2014)**

Presso il cortile interno, è stato eseguito **n. 1 sondaggio a carotaggio continuo** mediante perforatrice idraulica cingolata (Beretta T41) e tecnica di avanzamento con carotiere semplice (diametro 131 mm) e di tubi di rivestimento (diametro 152 mm) e con recupero del 100% dei materiali attraversati.

Il sondaggio, ubicato in adiacenza all'arcata di ingresso esistente, è stato eseguito a partire dal p.c. attuale che coincide con una quota pari a +72,57 m s.l.m, prendendo come riferimento la Tav. Piante Stato di Rilievo "*Progetto Preliminare Ristrutturazione edificio EX-IPC*" 20 Ottobre 2014, ed è stato spinto fino alla profondità di 12,00 m.

In avanzamento con la perforazione, a differenti quote, sono state eseguite complessivamente **n. 4 prove S.P.T. in foro** con maglio a sganciamento automatico.

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



stratigrafie di sondaggio per i risultati relativi alle prove S.P.T. eseguite.

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

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

In corrispondenza del foro di sondaggio, ad esecuzione ultimata, è stato installato un **piezometro in PVC da 1+1/2"**, al fine di verificare la presenza di fenomeni di circolazione idrica. Per lo schema del piezometro e le letture piezometriche eseguite si rimanda alla stratigrafia del sondaggio ed al paragrafo §4.4. Il piezometro è stato cementato in superficie e chiuso mediante tappo a vite e protetto da fungo in PVC.

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

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

## 4.2 Prove penetrometriche dinamiche standard (DPSH-SCPT) – Indagini 2014 e 2024

### 4.2.1 Metodologia – Acquisizione dati

La prova penetrometrica dinamica, DPSH-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:

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

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





#### 4.2.2 Indagini 2014

E' stata eseguita **n. 1 prova penetrometrica dinamica standard**, mediante penetrometro DPHS "Pagani" TG 63/200, con avanzamento delle aste ogni 30 cm e dei rivestimenti.

La prova, la cui ubicazione è riportata nella planimetria in allegato, è stata eseguita nel cortiletto interno, posto a SE dell'edificio esistente. Entro il foro della prova è stato installato un **piezometro in PVC da 1/2"** per la misura di eventuali livelli d'acqua (vd. §4.4).

La prova **P1-2014**, il cui andamento è riassunto nel diagramma allegato, è stata spinta ad una profondità di -12,00 m rispetto al p.c., risultando sufficientemente rappresentativa dei terreni presenti e correlabile con il sondaggio e con altre prove eseguite in aree prossime a quella in oggetto e/o in contesti omologhi.

Prendendo come riferimento la Tav. Piante Stato di Rilievo "*Progetto Preliminare Ristrutturazione edificio EX-IPC*" - 20 Ottobre 2014), la prova P1 è stata eseguita ad una quota di +72,40 m s.l.m.m.

#### 4.2.3 Indagini 2024

Le prove, la cui ubicazione è riportata nella planimetria in allegato, sono state eseguite nel cortile interno principale su cui affacciano tutti gli edifici di progetto. Entro i fori di prova, laddove possibile è stato installato un **piezometro in PVC da 1/2"** per la misura di eventuali livelli d'acqua (vd. §4.4).

Le prove (**P1-2024, P2-2024, P3-2024 e P4-2024**), il cui andamento è riassunto nei diagrammi in allegato, sono state spinte ad una profondità massima di -12,60 m (P1-2024 e P2-2024) e -4,80/-5,40 m (P3-2024 e P4-2024) rispetto al p.c., risultando sufficientemente rappresentativa dei terreni presenti e correlabile con il sondaggio e con altre prove eseguite in aree prossime a quella in oggetto e/o in contesti omologhi.

Prendendo come riferimento la Tav. Piante Stato di Rilievo "*Studio di Fattibilità per il recupero dell'istituto scolastico "Ex Ragioneria"*", le prove sono state eseguite ad una quota di +72,91 m s.l.m.



### 4.3 Interpretazione dei dati

Le unità riconosciute sono state schematicamente nelle Tavv. 4A-4B-4C - Sezione Geologico-geotecniche schematiche, cui si rimanda per ogni maggiore dettaglio; possono essere distinte le seguenti unità con **riferimento al p.c. generale riferibile al piano terra attuale** (quota da Ril. Top. pari a circa +73,00 m s.l.m.):

#### Pavimentazione/Materiale di riporto/Massicciata di sottofondo

##### Unità R

**Da 0,00 m a -0,60/-0,90 m dal p.c.:** al di sotto di una pavimentazione in bitume dello spessore di 4 cm (S1) o direttamente dal piano di calpestio (P1) è presente la prima unità geotecnica rappresentata da materiale di riporto prevalentemente sabbioso-ghiaioso ed in subordinate limoso con possibile presenza di frammenti di laterizi e bitume frantumato, scarsamente addensato, asciutto e di colore grigio scuro-nerastro, avente caratteristiche geotecniche scadenti.

#### Depositi Fluvioglaciali fini (Unità geotecnica Fg-1)

**Da -0,60/-0,90 m a -1,50/4,50 m dal p.c.:** la seconda unità geotecnica è ascrivibile ai depositi fluvioglaciali a granulometria fine (unità litostratigrafica Us1f4b, vedi Carta Geologica e §2.3), costituiti da limi sabbioso-argillosi con rari ciottoli e trovanti. Localmente l'unità risulta dapprima da umida a molto umida, mentre a partire da una quota di circa -1,00 m dal p.c. diviene da molto umida a bagnata. L'unità si presenta scarsamente addensata (Nspt caratteristico → 2-5 e 3-6). Risulta altresì possibile che sia stato operato un certo rimaneggiamento a seguito degli interventi antropici e della realizzazione degli edifici dotati di piani interrati.

#### Depositi Fluvioglaciali grossolani (Unità geotecnica Fg-2)

**Da -1,50/-4,50 m a -12,60 m dal p.c.:** la terza unità geotecnica è ascrivibile ai depositi fluvioglaciali a granulometria medio grossolana (unità litostratigrafica Us1f4a, vedi Carta Geologica e §2.3) sabbiosi e ghiaioso-sabbiosi debolmente limosi, con ciottoli, blocchi e/o trovanti da mediamente addensati ad addensati (Nspt caratteristico → 21-50). Si segnalano livelli decimetrici più francamente limoso-sabbiosi, mediamente addensati (Nspt caratteristico → 16-24) e livelli metrici prevalentemente ghiaiosi e con grossi ciottoli, addensati (Nspt caratteristico → 32-45). Inizialmente l'unità risulta asciutta, mentre a partire da una quota di circa -7,00/-8,00 m dal p.c. diviene bagnata con presenza di una falda idrica superficiale piuttosto continua (vedi §4.4).

#### Depositi Fluvioglaciali/Lacustri fini (Unità geotecnica Fg-3)

**Localmente (Prova P1-2024) da -7,50 m a -12,60 m dal p.c.:** questa unità geotecnica è ascrivibile ai depositi fluvioglaciali/lacustri a granulometria fine (unità litostratigrafica Us1f4b/11, vedi Carta Geologica e §2.3), costituiti in prevalenza da limi sabbioso-argillosi. L'unità risulta presumibilmente da molto umida a bagnata per la presenza di una falda idrica superficiale piuttosto continua (vedi §4.4) e mediamente addensata (Nspt caratteristico → 10-16).

#### 4.4 Piezometri

In fase di indagine 2014 durante l'esecuzione del sondaggio e nella fase di recupero aste della prova penetrometrica sono stati riscontrati fenomeni di umidità/filtrazione idrica a pochi metri di profondità dal p.c.

Si è reso pertanto opportuno attrezzare il foro di sondaggio ed il foro di prova con piezometro a tubo aperto in PVC rispettivamente da 1+1/2" e 1/2"; si è scelto di porre in opera un piezometro a minore profondità (6 m) entro il foro della prova P1, al fine di verificare le modalità di circolazione delle falde più superficiali circolanti nell'unità Fg-1 rispetto alla falda circolante a profondità superiore a circa 7 m, entro l'unità Fg-2. Durante l'esecuzione delle indagini 2024 il piezometro S1 è stato rinvenuto in buono stato di conservazione ed è stato possibile eseguire una misura piezometrica. Si riassumono nella tabella seguente i dati raccolti e le misure eseguite:

PIEZOMETRI	UMIDITA'/FILTRAZIONE IDRICA RISONTRATA DURANTE L'INDAGINE (m dalla quota d'inizio foro)	PROFONDITÀ PIEZOMETRO (m da p.c.)	SCHEMA FILTRI (m da p.c.)		SOGGIACENZA (m dalla quota d'inizio foro)	
			CIECO	FESSURATO	03/11/2014	14/10/2024
<b>S1-2014</b>	tra - 1,00 m e -3,00 m (faldine sospese) da - 7,00/-8,00 m a fondo foro (falda superficiale piuttosto continua)	<b>-12,00</b>	0,00/-1,00	-1,00/-12,00	-7,55	-7,92
<b>P1-2014</b>	-1,80 (aste umide)	<b>-6,00</b>	0,00/-3,00	-3,00/-6,00	ASCIUTTO	

In fase di esecuzione delle prove penetrometriche nel 2024 e nella fase di recupero aste sono stati riscontrati fenomeni di umidità/filtrazione idrica entro la prova P2. Sono stati posti in opera piezometri da 1/2" entro i fori delle prove P2 e P3; nelle prove P1 e P4 la chiusura del foro a breve profondità dal p.c. non lo ha reso possibile. Si riassumono nella tabella seguente i dati raccolti e le misure eseguite:

PIEZOMETRI	UMIDITA'/FILTRAZIONE IDRICA RISONTRATA DURANTE L'INDAGINE (m dalla quota d'inizio foro)	PROFONDITÀ PIEZOMETRO (m da p.c.)	SCHEMA FILTRI (m da p.c.)		SOGGIACENZA (m dalla quota d'inizio foro)
			CIECO	FESSURATO	
	<b>14/10/2024</b>		CIECO	FESSURATO	<b>14/10/2024</b>
<b>P2-2024</b>	-7,00 (aste umide)	<b>-8,00</b>	----	-0,00/-8,00	-7,80
<b>P3-2024</b>	----	<b>-5,10</b>	----	-0,00/-5,10	ASCIUTTO

#### 4.4.1 Considerazioni sulle condizioni di circolazione d'acqua

Le misure eseguite nel 2014 testimoniano la locale presenza di **livelletti bagnati entro l'unità superficiale Fg-1, già a partire da circa -1,00/-1,80 m dal p.c. attuale**, tuttavia la sottostante **unità Fg-2 risulta inizialmente asciutta e solo a partire da circa -7,00/-8,00 m dal p.c. bagnata**, con livello piezometrico stabilizzato a -7,55 m dal p.c. nel punto di sondaggio (piezometro posto in opera fino a -12,00 m dal p.c.) e **piezometro asciutto (posto in opera fino a -6,00 m dal p.c.) in corrispondenza della prova SCPT.**

Le misure eseguite nel 2024 confermano il quadro sopra descritto seppure non riscontrino fenomeni di umidità a scarsa profondità dal p.c.

Pertanto, in accordo con il quadro idrogeologico ricostruito per l'area d'interesse (vedi §2.6) si ritiene che la circolazione d'acqua superficiale sia correlata dapprima e/o localmente da faldine sospese per lo più discontinue e scarsamente produttive circolanti entro un'unità comunque a medio-scarso permeabilità (Unità Fg-1) ed alimentate dalle aree collinari di monte; al contrario si ritiene che la circolazione d'acqua riscontrata a profondità di circa -7,50/-8,00 m dal p.c., in accordo con il quadro idrogeologico dell'ambito d'interesse e con i dati riferiti a siti limitrofi, sia correlabile a **falde superficiali** circolanti con una certa continuità entro le unità grossolane (Unità Fg-2), complessivamente a discreta permeabilità sovrastanti il substrato morenico a scarsa permeabilità (Unità G1).

Tali falde potrebbero risultare in comunicazione con le acque del bacino lacustre, in funzione del prolungarsi dell'unità ghiaioso-sabbiosa fino a Lago, ed i relativi livelli piezometrici risultano quindi in equilibrio. Il deflusso sotterraneo della falda freatica segue in generale un debole gradiente topografico in direzione degli elementi idrografici drenanti e quindi, in caso di collegamento con il bacino lacustre, verso la linea di costa.

Il piezometro risulta tuttavia in opera e potrà essere utilizzato per il monitoraggio dell'altezza di falda con misure periodiche della soggiacenza.

Si rimanda in ogni caso ad opportune **indagini integrative da eseguirsi anche in corrispondenza dei fabbricati esistenti per la progettazione esecutiva delle opere al fine di definire in maniera maggiormente dettagliata le modalità e l'entità della filtrazione idrica entro i primi 3-4 m dal p.c. e pertanto a profondità d'interesse progettuale.**



#### 4.5 Campionamento dei terreni per la Gestione materiali da scavo – Indagini 2014

Contestualmente all'esecuzione del sondaggio è stato eseguito nel 2014 il **prelievo di n. 3 campioni di terreno da sottoporre ad analisi chimiche** al fine di accertare le caratteristiche chimiche dei suoli presso il sito di progetto per l'eventuale produzione di terre e rocce da scavo ai sensi dell'art. 184 bis del D. Lgs 152/06 e s.m.i. ed in adempimento a quanto previsto dall'Art. 41bis della L. 98/2013.

Dalle cassette catalogatrici del sondaggio si è proceduto al prelievo di campioni in adempimento a quanto previsto dal D. Lgs. 152/2006 e s.m.i. e tenendo conto anche di quanto prescritto dall'All. 2 del D.M. 161/2011, in modo tale da rappresentare tutti gli orizzonti stratigrafici riconosciuti significativi rispetto alla profondità di sbancamento previsto (-3,00/-4,00 m dal p.c.).

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

Sondaggio	Sigla campione S1/C1 (A/B)	Sigla campione S1/C2 (A/B)	Sigla campione S1/C3 (A/B)
S1	0,00/-0,60 m (Materiale di riporto)	-1,00/-2,00 m (Depositi fluvioglaciali fini)	-2,00/-3,00 m (Depositi fluvioglaciali fini)

TABELLA 2: CAMPIONI PRELEVATI

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

Ciascun barattolo è stato etichettato con la sigla del campione, la data, la località e la profondità di prelievo.

In aggiunta, in relazione alla presenza di materiali superficiali di riporto, è stato prelevato **n. 1 campione di riporto tal quale** entro l'unità superficiale:

Sondaggio	Sigla campione S1/C1-TQ (A/B)
S1	0,00/-0,60 m (Materiale di riporto)

TABELLA 2: CAMPIONI PRELEVATI

Il campione tal quale è stato prelevato in doppia aliquota A e B, posto direttamente in buste di plastica ed etichettato con la sigla del campione, la data, la località e la profondità di prelievo.

Si sottolinea che, per quanto di propria conoscenza, non furono eseguite dalla Committenza, analisi dei campioni di terreno.

#### 4.6 Indagini Sismiche (MASW 2014 e HVSr 2024)

Per la ricostruzione della stratigrafica/sismostratigrafica presso il sito di intervento e per la valutazione delle **velocità  $V_{seq}$  di sito** e del **periodo/frequenza del sito T** sono stati acquisiti **dati geofisici mediante sismica attiva e passiva** entro il sito di progetto.



In particolare sono stati eseguiti:

- N. 1 **stendimento di sismica attiva multicanale MASW-2014** con acquisizione delle onde superficiale, anche a bassa frequenza;
- N. 1 **indagine sismica passiva mediante geofono tridimensionale ed analisi dei dati mediante metodologia HVSr-2024** (Horizontal to Vertical Spectral Ratio – Metodo di Nakamura).

La MASW (Multichannel Analysis of Seismic Waves) è una metodologia di indagine geofisica che consente l'individuazione di frequenza, ampiezza, lunghezza d'onda e velocità di propagazione delle onde sismiche superficiali (principalmente onde di Rayleigh) generate artificialmente.

La HVSr (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*) è una metodologia di indagine geofisica che consente in primo luogo di valutare la frequenza di vibrazione naturale di un sito e di conseguenza il suo periodo di sito (T). I dati acquisiti in campo libero potranno essere eventualmente confrontati con i valori stimati per le strutture di progetto.

Mediante l'analisi congiunta MASW-HVSr verrà eseguita la stima dei sismostrati e del parametro normativo  $V_{seq}$  attraverso metodi di modellazione diretta.

L'analisi congiunta permette la determinazione delle velocità delle onde di taglio verticali ( $V_s$ ) nei terreni al di sotto dello stendimento sismico con maggiori punti di vincolo interpretativo e fino a profondità maggiori di quelle di norma raggiungibili con la sola metodologia MASW.

L'elaborazione dei dati è stata quindi eseguita mediante il software winMASW 3C- 7.2 (creato dalla *Eliosoft*).

Il risultato finale è la determinazione, in corrispondenza dello stendimento sismico, del **profilo verticale medio della  $V_s$**  (velocità delle onde di taglio), necessario per l'applicazione delle procedure previste dalle normative regionali (All. 5 alla D.G.R. 9/2616/2011) e per la classificazione nelle categorie di suolo previste dalle normative (D.M. 17/01/18 e D.G.R.9/2616/2011).

Vengono qui di seguito riportati i dati, le procedure ed i risultati relativi alle indagini sismiche predisposte entro l'area d'interesse.



#### 4.6.1 Stendimento di sismica attiva con analisi delle onde superficiali ed elaborazione dati di tipo MASW

##### 4.6.1.1 Acquisizione dati - Strumentazione

L'acquisizione dei dati è avvenuta secondo le modalità “*common-shot gathers*”, utilizzando strumentazione “*Ambrogeo*” costituita da un sismografo multicanale ECHO 24/2010 a 24+1 canali, con collegati 24 geofoni verticali OYO GEOSPACE con frequenza di 4,5 Hz.

L'indagine è realizzata disponendo lungo una linea retta, a intervalli regolari, una serie di geofoni collegati ad un sismografo. Una fonte puntuale di energia, quale mazza battente su piastra metallica o cannoncino sismico, produce treni d'onda che attraversano il terreno con percorsi, velocità e frequenze variabili.

L'energizzazione è stata ottenuta mediante massa battente manovrata a mano (mazza da 8 kg mod. SIS-020-000) agente a percussione su un piattello di battuta in alluminio (SIS-021-000), collocato all'esterno dello stendimento dei geofoni.

La linea sismica MASW-2014, eseguita presso il sito di progetto, ha previsto un allineamento con **n° 24 geofoni con distanza pari a 1,00 m**; lo **shot 3** utilizzato per l'analisi sismostratigrafica (vedi §4.6.3), è stato ubicato 2 m all'esterno rispetto all'ultimo geofono.

Il passaggio del treno d'onda sollecita la massa inerziale presente nel geofono, l'impulso così prodotto viene convertito in segnale elettrico e acquisito dal sismografo. Il risultato è un sismogramma che contiene molteplici informazioni quali tempo di arrivo ai geofoni rispetto all'istante di energizzazione, frequenze e relative ampiezze dei treni d'onda.

Per ciascun punto di energizzazione viene applicato in fase di acquisizione dei dati lo *stacking* di 2 *shot* successivi. Per l'elaborazione dati è stato utilizzato il software winMASW 3C 7.2 (Eliosoft) nella sezione “*single-component analysis (Rayleigh/Love + HV)*”.

##### 4.6.1.2 Cenni sulla metodologia MASW

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 ( $\lambda$ ), 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”. Anche l’utilizzo associato di altre metodologie di analisi sismica (quali ad esempio la sismica passiva con analisi HVSR) e delle indagini geognostiche (prove penetrometriche, ecc.) permette di vincolare maggiormente il modello interpretativo e di riconoscere in maniera corretta il “modo fondamentale” ed i “modi superiori”.

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 soprattutto se associata ad indagini di sismica passiva ed indagini geognostiche.

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).

#### 4.6.1.3 Metodi di analisi dei dati con procedura MASW

La stima dell’andamento in profondità delle velocità  $V_s$ , mediante acquisizione sismica multicanale, viene ottenuta a partire dalle 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

La **determinazione delle curve di dispersione e quindi dello spettro di velocità** può essere eseguita mediante tre metodi:

- f-k
- $\tau$ -p
- *Phase Shift*

Il metodo *Phase Shift* non è influenzato dal *processing* dei dati, mantiene ottime *performance*, in termini di chiarezza del segnale, anche con un numero di tracce estremamente ridotto e ha tempi di calcolo minori rispetto al metodo  $\tau$ -p. La riduzione del numero di tracce provoca invece un sensibile scadimento della qualità dello spettro calcolato tramite trasformata  $\tau$ -p e forte *aliasing* nello spettro f-k. E’ spesso utile determinare le curve di dispersione attraverso più metodi, al fine di enfatizzare porzioni di segnale più facilmente poste in evidenza da un metodo piuttosto che da un altro.





La **ricostruzione della distribuzione verticale delle Vs** rappresenta quindi il passo successivo, cruciale, e comporta alcuni passaggi piuttosto articolati.

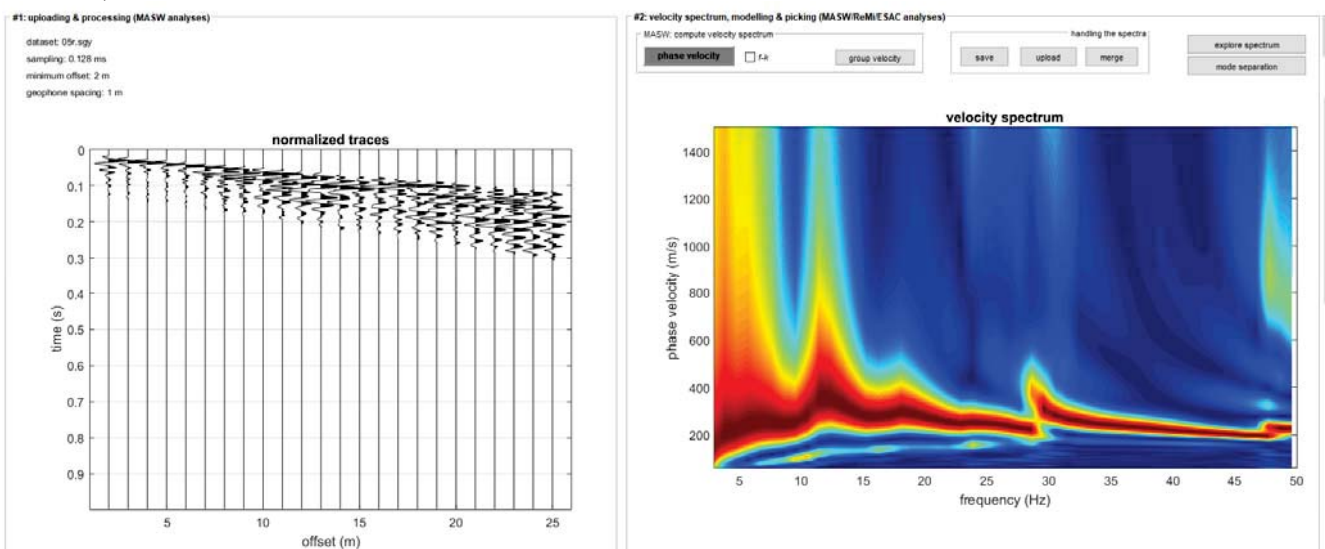
La curva di dispersione dipende infatti, oltre che dalla velocità delle onde di taglio (Vs), anche dallo spessore degli strati, dalla velocità delle onde di compressione (Vp) e dalla densità del terreno.

$$V(f) = F(Vs, \text{spessore}, Vp, \text{densità})$$

Ciò implica che la determinazione delle Vs a partire dalla curva di dispersione e quindi dalla Velocità di fase [V(f)], costituisce un problema spiccatamente non lineare. Per la sua risoluzione bisogna quindi procedere ad una linearizzazione del problema (che comporta un certo grado di approssimazione) o all'utilizzo di algoritmi basati su un approccio non lineare (e.g. Algoritmi Genetici).

#### 4.6.1.4 Determinazione spettro di velocità e curva di dispersione

La prima operazione eseguita è la lettura del file acquisito in campagna (common-shot gather 05r.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 specifico per l'elaborazione del modello sismostratigrafico verrà utilizzata il *modelling* diretto mediante l'analisi congiunta di dati MASW e HVSR (vedi §4.6.3).

#### 4.6.2 Indagini di sismica passiva (HSVR) in campo libero

La HSVR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*) è una metodologia di indagine geofisica che consente in primo luogo di valutare la **frequenza di vibrazione naturale di un sito** e di conseguenza il **periodo di sito (T)**.

Successivamente, come ulteriore sviluppo ed in caso di segnale con specifiche caratteristiche o di analisi congiunta con altre metodologie di analisi sismica e/o indagini geognostiche, essa può permettere la stima dei sismostrati e del parametro normativo Vs30 attraverso un processo di inversione del problema iniziale.

I dati acquisiti in campo libero potranno essere eventualmente confrontati con i valori stimati per l'edificio e le strutture di progetto.

Per l'elaborazione dati è stato utilizzato il software winMASW 3C 7.2 (Eliosoft) nelle sezioni "passive seismics (ReMi, ESAC & HSVR)" e successivamente "single-component analysis (Rayleigh/Love + HV)".

##### 4.6.2.1 Acquisizione dati - Strumentazione

L'indagine viene realizzata disponendo in posizione orizzontale un geofono tridirezionale, infiggendolo nel terreno con appositi puntali regolabili. Il geofono viene orientato con l'asse Y rivolto a Nord per poter valutare la direzionalità di eventuali sorgenti di rumore dominanti.

Nella campagna di indagine in oggetto è stata predisposta **n° 1 registrazione (HSVR 1)** della lunghezza di 1200 secondi (20 min), **ubicata nell'area antistante il manufatto esistente**; l'ubicazione è stata prevista a circa metà dello stendimento di sismica attiva.

Il geofono 3D è stato posizionato a quota del piano campagna su terreno vegetale. Nel sito di indagine non sono state rilevate fonti di rumore antropico o naturale (moto ondoso del Lago) in grado di interferire significativamente con il segnale sismico acquisito.

Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un Geofono 3D di superficie – Modello 3DLG-2, dotato di un geofono tridirezionale frequenza propria di risonanza pari a 2 Hz, collegato allo strumento tramite cavo elettrico schermato.

Geofono 3D- Modello 3DLG- 2 collegato alla centralina di acquisizione multicanale GEA 24



Lo strumento è in grado di acquisire simultaneamente sui 3 canali. La gestione del sismografo avviene tramite software proprietario installato su laptop, tramite il quale è possibile gestire tutte le operazioni di campagna attraverso le seguenti fasi:



- impostazione numero di canali e metodologia di indagine;
- impostazione frequenza e lunghezza di campionamento;
- selezione entità dell'amplificazione del segnale per ogni canale;
- impostazione filtri delle frequenze indesiderate;
- visualizzazione in tempo reale del segnale su tutti i geofoni attivi;
- visualizzazione del sismogramma con misura dei tempi di arrivo;
- memorizzazione di tutti i dati relativi all'acquisizione.

#### 4.6.2.2 Cenni sulla metodologia HVSR – Dati acquisiti

La **HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio)** è una metodologia di indagine geofisica che consente di valutare la **frequenza di vibrazione naturale di un sito**.

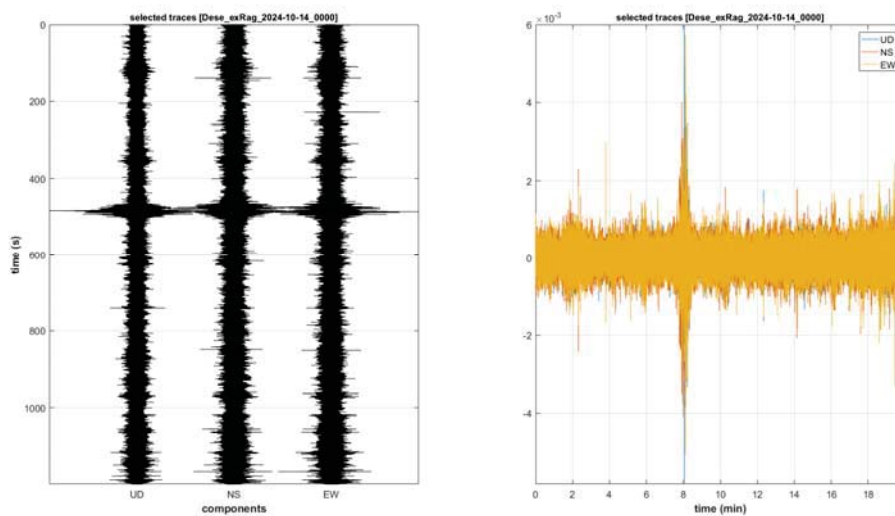
Le ipotesi alla base della tecnica sono: una concentrazione del contenuto in frequenza localizzato maggiormente in quelle basse (tipicamente al di sotto dei 20 Hz); assenza di sorgenti periodiche e/o con contenuto in alte frequenze; le sorgenti di rumore sono uniformemente distribuite intorno alla stazione di registrazione. Se queste sono soddisfatte, la tecnica può essere suddivisa nelle fasi che vengono di seguito illustrate.

Lo strumento acquisisce in continuo per almeno 20 minuti i segnali sismici in tre direzioni ortogonali tra loro provenienti dalle vibrazioni indotte nel terreno da fonti naturali o artificiali. Il passaggio del treno d'onda sollecita la massa inerziale presente nel geofono, l'impulso così prodotto viene convertito in segnale elettrico e acquisito dal sismografo.

Il risultato è un sismogramma che contiene molteplici informazioni quali i tempi di arrivo al geofono tridirezionale, le frequenze e relative ampiezze dei treni d'onda.

La successiva elaborazione dei dati acquisiti è stata effettuata con un software dedicato (*Winmasw 3C/7.2*) in grado di gestire le fasi di preparazione, analisi e restituzione finale.

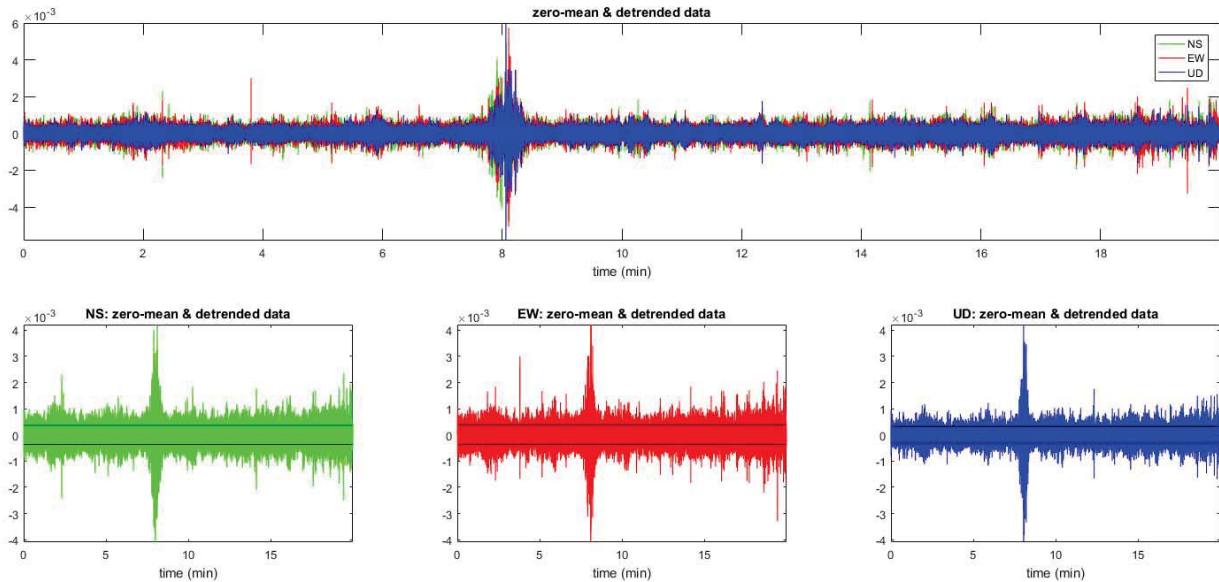
La fase iniziale consiste in un'operazione detta di *windowing*, in cui le tre tracce registrate vengono suddivise in finestre temporali di prefissata durata. Secondo le indicazioni del progetto SESAME tale dimensione, detta *Long Period*, deve essere almeno pari ai 20 secondi. Si ottiene così un insieme di finestre "long", che sono sincronizzate fra le tracce.



Dati acquisiti presso il sito di progetto: **Registrazioni delle tracce nelle tre direzioni spaziali**

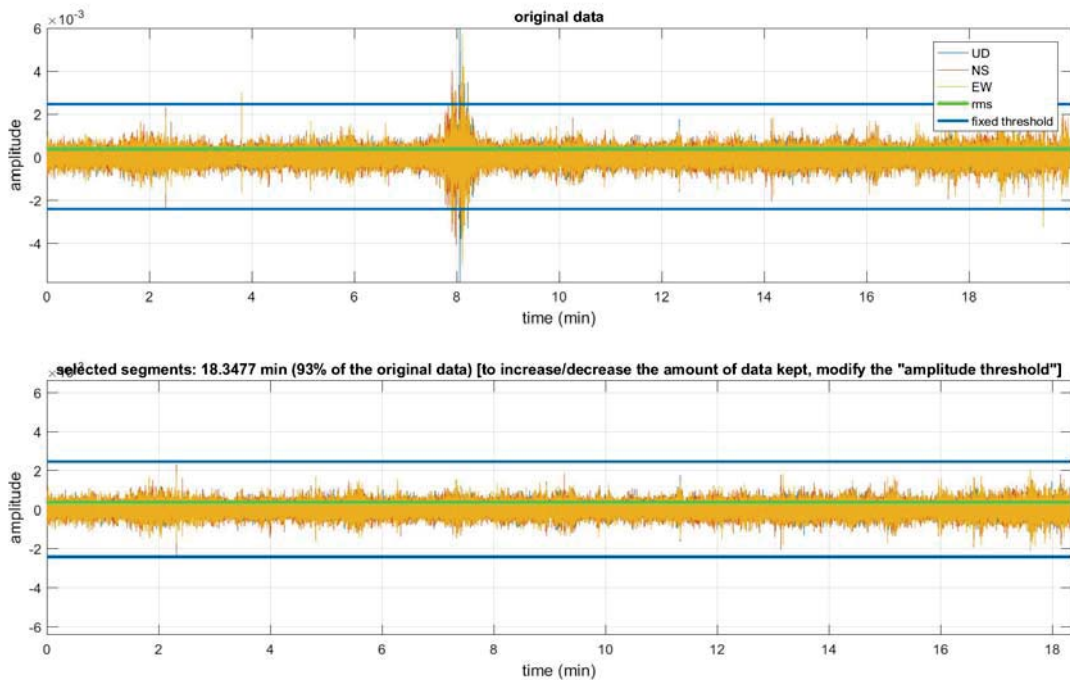


Queste finestre vengono filtrate in base a dei criteri che permettono di individuare l'eventuale presenza di transienti (disturbi temporanei con grandi contributi nelle frequenze alte) o di fenomeni di saturazione.



*Dati acquisiti presso il sito di progetto ed elaborazione*

Queste finestre vengono filtrate in base a dei criteri che permettono di individuare l'eventuale presenza di transienti (disturbi temporanei con grandi contributi nelle frequenze alte) o di fenomeni di saturazione.



*Dati acquisiti presso il sito di progetto ed elaborazione*



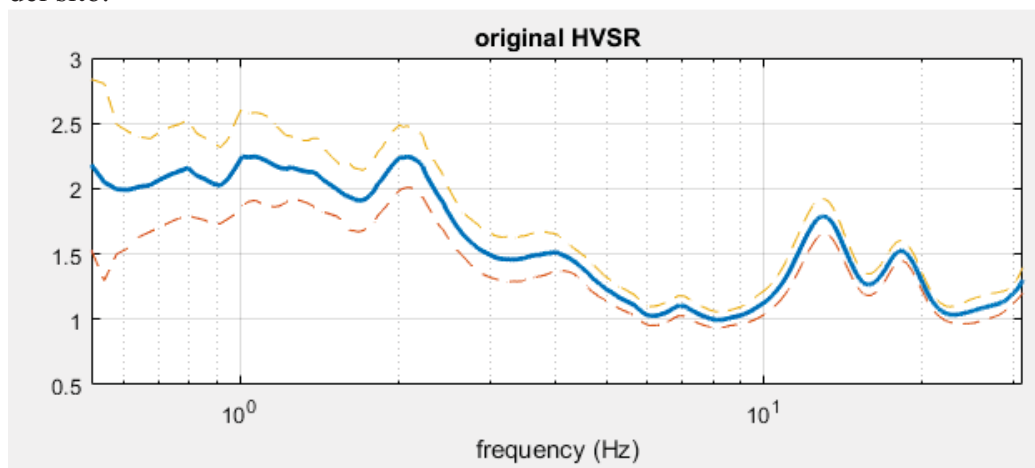
Per ciascuna delle finestre rimanenti, quindi ritenute valide, viene valutato lo spettro di Fourier. Quest'ultimo viene sottoposto a *tapering* e/o lisciamento secondo una delle varie tecniche note in letteratura e ritenute all'uopo idonee.

Successivamente si prendono in considerazione gli spettri delle finestre relative alle tracce orizzontali in coppia. Ovvero, ogni spettro di una finestra per esempio della direzione X, ha il suo corrispettivo per le finestre nella direzione Y, vale a dire che sono relative a finestre temporali sincrone. Per ognuna di queste coppie viene eseguita una somma tra le componenti in frequenza secondo un determinato criterio che può essere, ad esempio, una semplice media aritmetica o una somma euclidea.

Per ciascuna coppia di cui sopra, esiste lo spettro nella direzione verticale Z, ovvero relativo alla finestra temporale sincrona a quelle della coppia. Ogni componente in frequenza di questo spettro viene usato come denominatore nel rapporto con quello della suddetta coppia.

Questo permette quindi di ottenere il ricercato rapporto spettrale H/V per tutti gli intervalli temporali in cui viene suddivisa la registrazione durante l'operazione di *windowing*.

Eseguendo per ciascuna frequenza di tali rapporti spettrali una media sulle varie finestre, si ottiene il rapporto spettrale H/V medio, la cui frequenza di picco (frequenza in cui è localizzato il massimo valore assunto dal rapporto medio stesso) rappresenta la deducibile stima della frequenza naturale di vibrazione del sito.



*Rapporto H/V – Frequenza con intervallo di fiducia*

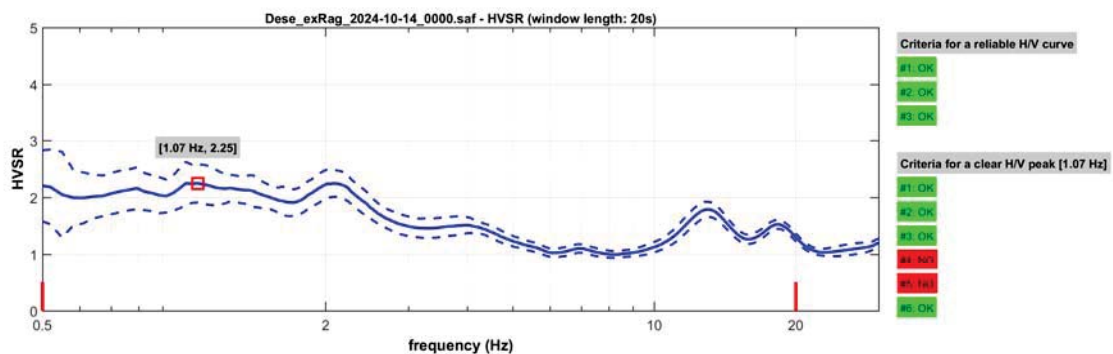
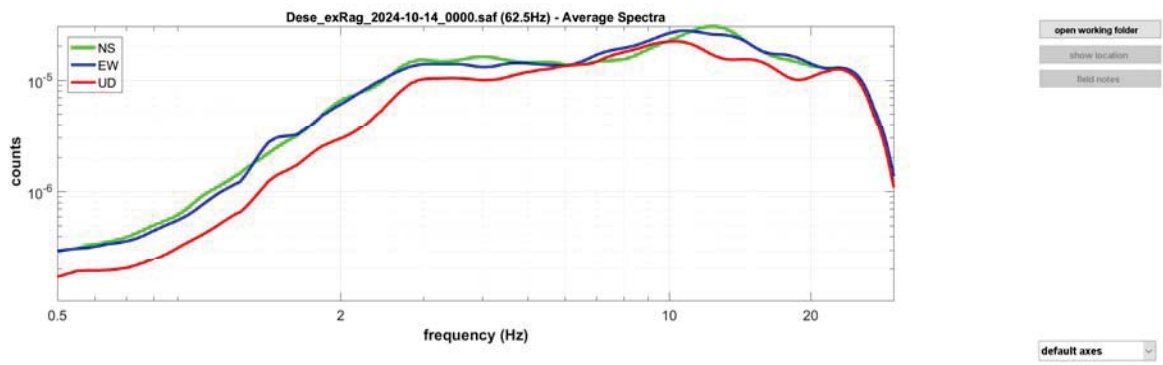
#### 4.6.2.3 Risultati – Periodi e Frequenze del sito

L'analisi dei rapporti spettrali evidenzia la presenza di un picco non molto marcato, ma ha consentito di stimare l'amplificazione naturale di sito individuando una frequenza significative in quella con maggiore rapporto spettrale H/V:

Periodo principale (sec)	frequenza picco principale (Hz)	rapporto spettrale H/V picco principale
0,91	1,1	2,2

Le analisi HVSR individuano pertanto il picco principale a circa 1,1 Hz che soddisfa parzialmente (4/6) i criteri SESAME; picchi secondari si riscontrano tra 10 e 20 Hz.

Dataset: Dese\_exRag\_2024-10-14\_0000.saf  
 DATA PROCESSING Date: 17 12 2024 Time: 10 48  
 Sampling frequency (Hz): 62.5 Window length (sec): 20  
 Minimum frequency soundly determined [5 cycles]: 0.25Hz  
 Length of analysed dataset (min): 20.0  
 Tapering (%): 5 Smoothing (%): 15



To model the HVSR (also jointly with MASW or ReMUESAC data), save the HV curve, go to the "Velocity Spectrum/a, Modeling & Picking" panels and upload the saved HV curve

**Spettri medi nelle tre direzioni spaziali e curva HVSR con applicazione dei criteri sesame**

##### SESAME criteria #####

In the following the results considering the data in the 0.5-20.0Hz frequency range

Peak frequency (Hz): 1.1 ( $\pm 0.6$ )

Peak HVSR value: 2.2 ( $\pm 0.3$ )

=== Criteria for a reliable H/V curve =====

- #1. [ $f_0 > 10/L_w$ ]: 1.069 > 0.5 (OK)
- #2. [ $n_c > 200$ ]: 2331 > 200 (OK)
- #3. [ $f_0 > 0.5\text{Hz}$ ;  $\sigma_A(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$ ] (OK)

=== Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled) =====

- #1. [exists  $f_-$  in the range [ $f_0/4, f_0$ ] |  $AH/V(f_-) < A_0/2$ ]: yes (considering standard deviations), at frequency 0.3Hz (OK)
- #2. [exists  $f_+$  in the range [ $f_0, 4f_0$ ] |  $AH/V(f_+) < A_0/2$ ]: yes (considering standard deviations), at frequency Hz (OK)
- #3. [ $A_0 > 2$ ]: 2.2 > 2 (OK)
- #4. [ $f_{\text{peak}}[Ah/v(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ ]: (NO)
- #5. [ $\sigma_{Af} < \epsilon(f_0)$ ]: 0.626 > 0.107 (NO)
- #6. [ $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ ]: 0.992 < 1.78 (OK)

Please, be aware of possible industrial/man-induced peaks or spurious peaks due to meaningless numerical instabilities.

Remember that SESAME criteria should be considered in a flexible perspective and that if you modify the processing parameters the results may change.



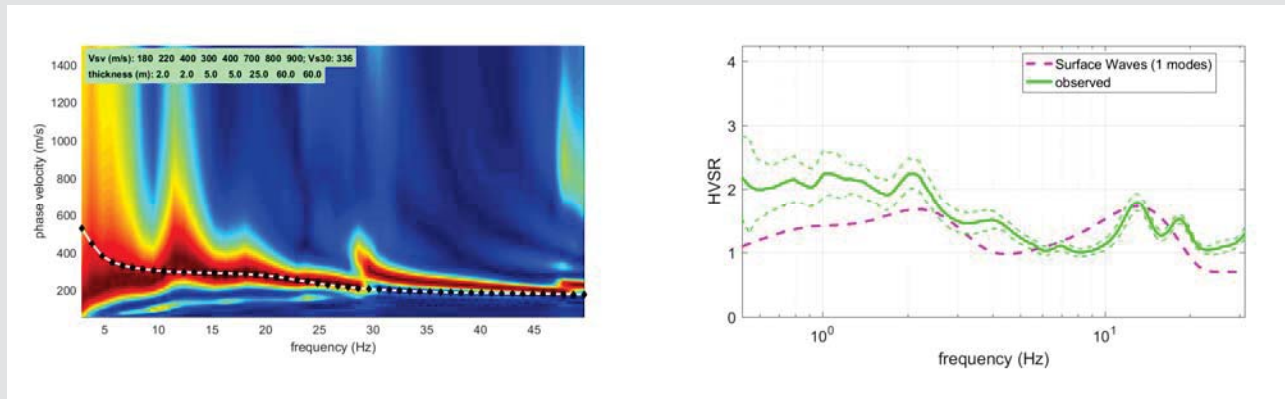
#### 4.6.3 Analisi congiunta indagini simiche MASW e HVSr – Modello Geofisico proposto

In relazione all'acquisizione di misure H/V finalizzate a definire empiricamente la frequenza di sito (vedi §4.6.2) ed all'elaborazione delle curve di dispersione date da misure MASW (vedi §4.6.1) si è proceduto ad una loro analisi congiunta al fine di determinare un profilo VS vincolato e spinto almeno fino a 30 m e, laddove possibile, fino al raggiungimento del *bedrock sismico*.

Si è pertanto proceduto avendo cura di far coincidere il più fedelmente possibile le curve di dispersione del modello con i segnali dello spettro di velocità e fare contestualmente coincidere la frequenza (trattando con non troppa testardaggine e rigore l'ampiezza) del principale picco della curva H/V (quello che tipicamente è legato al più profondo contatto litologico "significativo").

Il risultato ottenuto risulta pienamente soddisfacente avendo ottenuto un'ottima sovrapposizione tra le curve osservate e quelle derivanti dalla modellazione proposta.

Date Processing: 17 12 2024 Time: 11 26  
Dataset: 05r.sgy



##### Subsurface Model

Vs (m/s):	180	220	400	300	400	700	800	900
Thickness (m):	2.0	2.0	5.0	5.0	25.0	60.0	60.0	
<u>Approximate values for Density, Shear modulus, Vp and Poisson**</u>								
Density (gr/cm <sup>3</sup> ) (approximate values):	1.82	1.87	1.96	1.91	1.96	2.09	2.12	2.15
Shear modulus (MPa) (approximate values):	59	90	314	172	314	1022	1356	1739
Vp (m/s):	375	458	693	561	693	1143	1306	1470
Poisson:	0.35	0.35	0.25	0.30	0.25	0.20	0.20	0.20

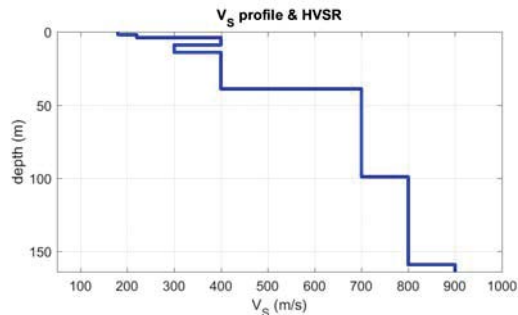
**\*\*Si sottolinea che i parametri geotecnici, sopra riportati, sono riferiti a moduli dinamici e quindi a condizioni di bassa deformazione. I valori ottenuti sono stati infatti stimati in base alle deformazioni indotte nel terreno dalla propagazione delle onde sismiche. L'entità ridotta di tali deformazioni 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.**

**ATTENZIONE! La classificazione del terreno è di pertinenza dell'utente, che ne deve valutare la tipologia sulla base della normativa vigente (NTC 2018) e del profilo verticale VS.**

winMASW 3C - 7.2 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](http://www.eliosoft.it)



Si riassume qui di seguito una sezione sismostratigrafica schematica estesa fino al substrato rigido:



Si ritiene che dal punto di vista sismico possano essere individuate le seguenti unità:

Unità Sismostratigrafica	Spessore	Vs
<b>Unità 1</b>		
≡Unità Geotecnica R	~2 m	180 m/sec
≡Unità Geotecnica Fg-1	~2 m	220 m/sec
<b>Unità 2</b>		
≡Unità Geotecnica Fg-2	~5 m	400 m/sec
<b>Unità 3</b>		
≡Unità Geotecnica Fg-3	~5 m	300 m/sec
<b>Unità 4</b>		
≡Unità Geotecnica FG/CG/GI	~25 m	400 m/sec
<b>Unità 5</b>		
≡Unità GI	~60 m	700 m/sec
<i>Bedrock sismico</i>	<i>Oltre circa -100 m dal p.c.</i>	<i>≥800 m/sec</i>

La sismostratigrafia definita risulta coerente con le indagini eseguite e con i dati stratigrafici raccolti, nonché con l'assetto geologico dei luoghi.



## **5 MODELLO GEOLOGICO-GEOTECNICO E GEOFISICO**

Mediante i dati raccolti 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 prove penetrometriche SCPT e sondaggi con esecuzione di SPT, presenta sempre un buon grado di affidabilità. Si ritiene in ogni caso necessario verificare le ipotesi fatte mediante un'estensione delle aree di indagine agli ambiti ad oggi non accessibili tenendo anche conto della variabilità intrinseca dell'assetto geologico degli ambiti di riferimento (vedi §7.1).

Il modello geofisico è stato ipotizzato correlando i dati geotecnici (§4.1, §4.2, §4.4) con quelli sismici (§4.6) acquisiti mediante stendimenti di sismica multicanale con registrazione attiva delle onde superficiali (metodologia MASW) e di sismica passiva (HVSr) con stazione singola ed elaborazione del modello geofisico mediante analisi congiunta, entro il sito di interesse.

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 (per quanto riguarda la distribuzione delle unità lungo le sezioni di progetto si rimanda alle Tavv. 4A-4B-4C - Sezione Geologico-geotecniche schematiche, in allegato), e prendendo come **quota di riferimento il p.c. generale coincidente con il cortile interno coincidente con quota +73,00 m s.l.m.:**

### **PAVIMENTAZIONE/MATERIALE DI RIPORTO/MASSICCIATA DI SOTTOFONDO (UNITA' R)**

**Da 0,00 m a -0,60/-0,90 m dal p.c.:** al di sotto di una pavimentazione in bitume dello spessore di 4 cm o direttamente a partire dal p.c. è presente la prima unità geotecnica rappresentata da materiale di riporto prevalentemente sabbioso-ghiaioso ed in subordine limoso, con frammenti di laterizi e bitume frantumato, scarsamente addensato, asciutto e di colore grigio scuro-nerastro, avente caratteristiche geotecniche scadenti e bassa velocità di propagazione delle onde s (Vs pari a circa 180 m/sec), non idoneo alla posa di alcuna struttura di fondazione.

### **DEPOSITI FLUVIOGLACIALI (Fg)**

#### **Depositi fluvioglaciali fini – Unità geotecnica Fg-1**

**Da -0,60/-0,90 m a -1,50/-4,50 m dal p.c.:** depositi fluvioglaciali a granulometria fine, costituiti da limi sabbioso-argillosi con rari ciottoli e trovanti. Localmente l'unità risulta dapprima da umida a molto umida, mentre a partire da una quota di circa -1,00 m dal p.c. diviene da molto umida a bagnata. L'unità si presenta scarsamente addensata (Nspt caratteristico → 2-5 e 3-6). Risulta altresì possibile che sia stato operato un certo rimaneggiamento a seguito degli interventi antropici e della realizzazione degli edifici dotati di piani interrati.



A questi terreni possono essere assegnati, nel complesso, i seguenti parametri geotecnici di resistenza:

$\gamma$ (*)	17-18 kN/m <sup>3</sup>	<b>Peso unitario del terreno sopra falda</b> (Terzaghi & Peck 1967 – Bowles, 1982)
<b>Cu (**)</b>	<b>0 kPa</b>	<b>Coazione non drenata</b>
<b>Dr</b>	<b>20%-25%</b>	<b>Densità relativa</b> (Terzaghi-Peck e Gibbs-Holtz)
$\phi$	23°-25°	<b>Angolo di resistenza al taglio efficace</b> (De Mello)
<b>Vs</b>	<b>220 m/sec</b>	<b>Velocità di propagazione delle onde s</b> (stimata sulla base dei dati sismici – analisi HVSR+MASW)

(\*) In relazione al modello idrogeologico ipotizzato e dei dati preliminari fin qui raccolti si ritiene che la spinta idrostatica in questa unità sia molto limitata (piezometri P1-2014 e P3-2024, profondo 5/6 m, asciutti e livello piezometrico in S1-2014 e P2-2024 pari a -7,5/-8,0 m dal p.c.) probabilmente in funzione dello spessore dei livelletti acquiferi e della loro presupposta discontinuità areale (circolazione a strati); si ritiene pertanto che difficilmente sia da attribuire all'unità Fg-1 il peso unitario immerso in falda. Si rimanda in ogni caso alle **verifiche, richieste in fase di progettazione esecutiva**, ed al Progettista delle strutture per la scelta, eventualmente in cautela, dei parametri di progetto.

(\*\*) Si sottolinea che i depositi fluvioglaciali finiscono possiedono caratteristiche geotecniche "miste" ( $C \neq 0$  e  $\phi \neq 0$ ) in funzione della presenza di frazione limoso-argillosa talora significativa che genera Coazione; si ritiene **cautelativamente** di considerare nullo il contributo della Cu, che risulta di difficile definizione in assenza di indagini di campo e di laboratorio molto più sofisticate ed onerose, non oggetto di incarico e non giustificate dalle esigenze di progetto.

### Depositi fluvioglaciali grossolani – Unità geotecnica Fg-2

Da -1,50/-4,50 m a -12,60 m dal p.c.: depositi fluvioglaciali a granulometria medio grossolana sabbiosi e ghiaioso-sabbiosi debolmente limosi, con ciottoli, blocchi e/o trovanti da mediamente addensati ad addensati (Nspt caratteristico  $\rightarrow$  21-50). Si segnalano livelli decimetrici più francamente limoso-sabbiosi, mediamente addensati (Nspt caratteristico  $\rightarrow$  16-24) e livelli metrici prevalentemente ghiaiosi e con grossi ciottoli, addensati (Nspt caratteristico  $\rightarrow$  32-45). Inizialmente l'unità risulta asciutta, mentre a partire da una quota di circa -7,00/-8,00 m dal p.c. diviene bagnata con presenza di una falda idrica superficiale piuttosto.

A questi terreni possono essere assegnati, nel complesso, i seguenti parametri geotecnici di resistenza:

$\gamma$	18-19 kN/m <sup>3</sup>	<b>Peso unitario del terreno sopra falda</b> (Terzaghi & Peck 1967 – Bowles, 1982)
$\gamma'$	8-9 kN/m <sup>3</sup>	<b>Peso unitario del terreno immerso in falda</b> (Terzaghi & Peck 1967 – Bowles, 1982)
<b>Cu</b>	<b>0 kPa</b>	<b>Coazione non drenata</b>
<b>Dr</b>	<b>60%-80%</b>	<b>Densità relativa</b> (Terzaghi-Peck e Gibbs-Holtz)
$\phi$	30°-33°	<b>Angolo di resistenza al taglio efficace</b> (De Mello)
<b>Vs</b>	<b>300-400 m/sec</b>	<b>Velocità di propagazione delle onde s</b> (stimata sulla base dei dati sismici – analisi HVSR+MASW)

### Depositi fluvioglaciali/lacustri fini – Unità geotecnica Fg-3

**Localmente (Prova P1-2024) da -7,50 m a -12,60 m dal p.c** depositi fluvioglaciali/lacustri a granulometria fine, costituiti in prevalenza da limi sabbioso-argillosi. L'unità risulta presumibilmente da molto umida a bagnata per la presenza di una falda idrica superficiale piuttosto continua e mediamente addensata (Nspt caratteristico → 10-16).

A questi terreni possono essere assegnati, nel complesso, i seguenti parametri geotecnici di resistenza:

$\gamma'$	8-9 kN/m <sup>3</sup>	<b>Peso unitario del terreno immerso in falda</b> (Terzaghi & Peck 1967 – Bowles, 1982)
<b>Cu (**)</b>	<b>0 kPa</b>	<b>Coesione non drenata</b>
<b>Dr</b>	<b>50%-60%</b>	<b>Densità relativa</b> (Terzaghi-Peck e Gibbs-Holtz)
$\phi$	27°-29°	<b>Angolo di resistenza al taglio efficace</b> (De Mello)
<b>Vs</b>	<b>300 m/sec</b>	<b>Velocità di propagazione delle onde s</b> (stimata sulla base dei dati sismici – analisi HVSR+MASW)

(\*\*) Si sottolinea che i depositi fluvioglaciali/lacustri fini possiedono caratteristiche geotecniche "miste" ( $C \neq 0$  e  $\phi \neq 0$ ) in funzione della presenza di frazione limoso-argillosa talora significativa che genera Coesione; si ritiene cautelativamente di considerare nullo il contributo della Cu, che risulta di difficile definizione in assenza di indagini di campo e di laboratorio molto più sofisticate ed onerose, non oggetto di incarico e non giustificate dalle esigenze di progetto.

In base ai dati sismostratigrafici si può stimare che oltre circa 13-14 m dal p.c. e fino a circa 40 m dal p.c. siano presenti unità sismostratigrafiche con velocità di propagazione medio-elevate (**Vs pari a circa 400 m/sec**) correlabili presumibilmente ai **depositi fluvioglaciali/di contatto glaciale o glaciali** oltre circa 40 m dal p.c. sono presenti unità sismostratigrafiche con velocità molto elevate ( $V_s > 700-800$  m/sec) correlabili ai **depositi glaciali** sovraconsolidati ed al *Bedrock Sismico*.



## **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.**

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 Z4a **“Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi” per il quale vengono segnalati valori di Fa di sito superiori a quelli di “soglia” normativa** (Vedi retinatura Carta della Fattibilità vigente, sopra riportata) con obbligo di valutazione del rischio sismico sito-specifica applicando l’analisi di 2° livello (ai sensi dell’All. 5 della D.G.R. 9/2616/2011) al fine di definire la corretta Categoria di Sottosuolo da assumere in progetto.

L’area di progetto non è stata altresì classificata entro alcuno scenario di pericolosità sismica Z2 - **Terreni di fondazione particolarmente scadenti (poco addensati, granulari, fini, con falda superficiale)**; 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.

E’ stata in ogni caso 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.



## 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).

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

#### 6.1.1.1 Categoria di sottosuolo secondo le NTC 2018

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	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> 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	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , 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	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> 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	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , 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	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Tenuto conto dei dati sismostratigrafici (vd §4.6.3) e del Modello Geotecnico-Geofisico (Cap. 5) ed 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 o dalla quota di testa palo; ai fini della progettazione ed in considerazione della prescrizione di appoggio delle fondazioni sull'unità Fg-2 è stato considerato quale riferimento il tetto della stessa unità.

Solo per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{seq}$  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 a partire dal piano di riferimento per le fondazioni ed in base al modello geofisico proposto può quindi essere assegnata al sito di progetto:

$$V_{seq} = V_{S30} = 385 \text{ m/sec m/sec}$$

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

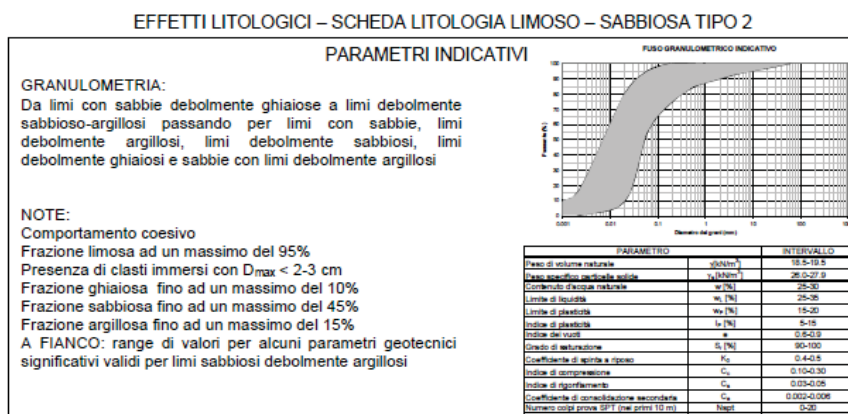
### 6.1.1.2 Approfondimento Sismico Analisi di 2° Livello (All.5 D.G.R. 9/2616/2011) – Definizione della Categoria di Sottosuolo di progetto

Sono state quindi 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.

Si segnala che le analisi di 2° livello sito specifiche eseguite in riferimento all'applicazione dell'All. 5 della D.G.R. 9/2616/2011 fanno riferimento a valori soglia e Categorie di Sottosuolo definite sulla base delle metodologie delle NTC 2008. Ad oggi tuttavia non si hanno schede e valori soglia differenti rispetto a quanto definito nella D.G.R. 9/2616/2011.

Il primo passo della procedura prevede la definizione della scheda di valutazione (All. 5 - D.G.R. 9/2616 del 2011) più idonea alla stima degli effetti litologici. Nell'elaborazione dei dati sono state utilizzate le schede, tenuto conto in via prioritaria delle descrizioni litologiche solo se compatibili con i campi di validità riportati nei diagrammi Z-Vs (secondo quanto indicato dalla normativa) per  $V_s < 600$  m/sec.

Ai fini di una maggiore esplicitazione delle scelte fatte si specifica che, per il sito di interesse, è stata ritenuta adeguata la SCHEDA LITOLOGIA LIMOSO-SABBIOSA tipo 2.



*Estratto da All. 5 alla D.G.R. 9/2616/2011*

In accordo con la procedura, le successioni stratigrafiche di riferimento, lo spessore e la velocità di ciascuno strato definiti nei modelli geofisici, sono stati riportati nelle “*Schede di Stima degli Effetti Litologici*” (in allegato); è stato considerato un periodo di sito sia derivante dalle formule previste dalla normativa regionale che sulla base dei dati sismici di HVSR.

L’analisi sito-specifica di 2° livello eseguita a partire dalla quota del piano di fondazione (circa -4,00 m dal p.c.), consente di ricalcolare il  $V_{s30}$  di sito non considerando le unità sismostratigrafiche superficiali a bassa velocità. È possibile ricalcolare il  $V_{s30}$  di sito pari a 385 m/sec che corrisponde a una **Categoria di Sottosuolo B**. L’analisi ha quindi verificato che:

- per edifici con periodo  $T$  compreso tra 0,1 e 0,5 s si ottiene un valore di  $F_a$  di sito superiore al valore di soglia previsto per la categoria di sottosuolo **B**; il valore di  $F_a$  di sito risulta quindi non compatibile con quello di soglia per la Categoria di Sottosuolo B e si dovranno utilizzare i parametri della **Categoria di sottosuolo C**.

- per edifici con periodo compreso tra 0,5 s e 1,5 s si ottiene sempre un valore  $F_a$  di sito inferiore a quello di soglia normativo e compatibile con quello di soglia previsto per la **Categoria di sottosuolo B**.

### 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 pianeggiante, 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 SABBIOSO - TIPO 2**

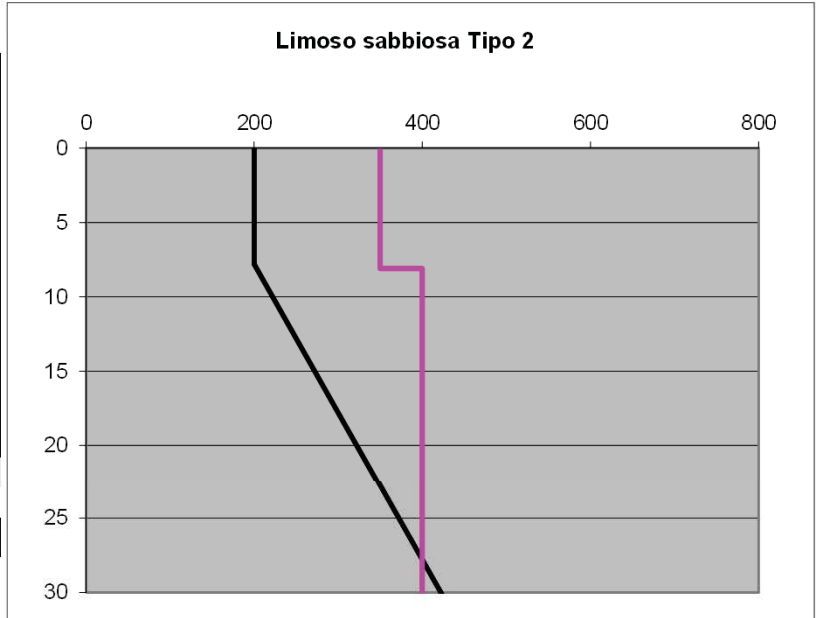
Prof base	Nspt	Vs
0		
8,1		350
35,5		400
55,5		700
55,5		700
55,5		700
55,5		700
55,5		700
55,5		700
55,5		700
Oltre 55.5 m		> 800

<b>Vs 30</b>	<b>385</b>	<b>Cat. B</b>
--------------	------------	---------------

<b>PERIODO DEL SITO (*)</b>	
<b>T</b>	<b>0,443</b>

<b>PRIMO STRATO</b>	
Prof. base	8,1
Vs	350

<b>Curva caratteristica</b>	
n°	<b>3</b>



Limoso sabbiosa 2

		Profondità primo strato																																																											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	25	30	35	40	50	60																																						
velocità primo strato	200				1	1	1	1	1	1	1																																																		
	250				2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1																																													
	300				3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2																																												
	350				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3																																										
	400				3	3	3	3	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	3	3	3	3																																								
	500				3	3	3	3	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	3	3																																						
700				3	3	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	1,8
-------------------	-----

0,5 s < T < 1,5 s	1,4
-------------------	-----

**COMUNE DI desenzano d/g Ex Ragioneria Card**

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
-----	-----	-----	---

(\*) periodo di sito derivante dalla Normativa Regionale

Indagine: -

Località Desenzano d/G Ex Ragioneria Carducci  
 Cat. di sottosuolo ai sensi del D.M. 17/01/18: B

B Cat. di sottosuolo di sito ai sensi del D.M. 17/01/18

C 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

Ricerca per comune

LONGITUDINE	LATITUDINE
10,54011	45,46907

REGIONE  
Lombardia

PROVINCIA  
Brescia

COMUNE  
Desenzano del Garda

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

---

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Reticolo di riferimento



Controllo sul reticolo

- Sito esterno al reticolo
- Interpolazione su 3 nodi
- Interpolazione corretta

Interpolazione  
superficie rigata

Nodi del reticolo intorno al sito



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 60	SLD 101	SLV 949	SLC 1950

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	60	0,062	2,493	0,248
SLD	101	0,080	2,503	0,253
SLV	949	0,203	2,489	0,277
SLC	1950	0,263	2,431	0,288

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).

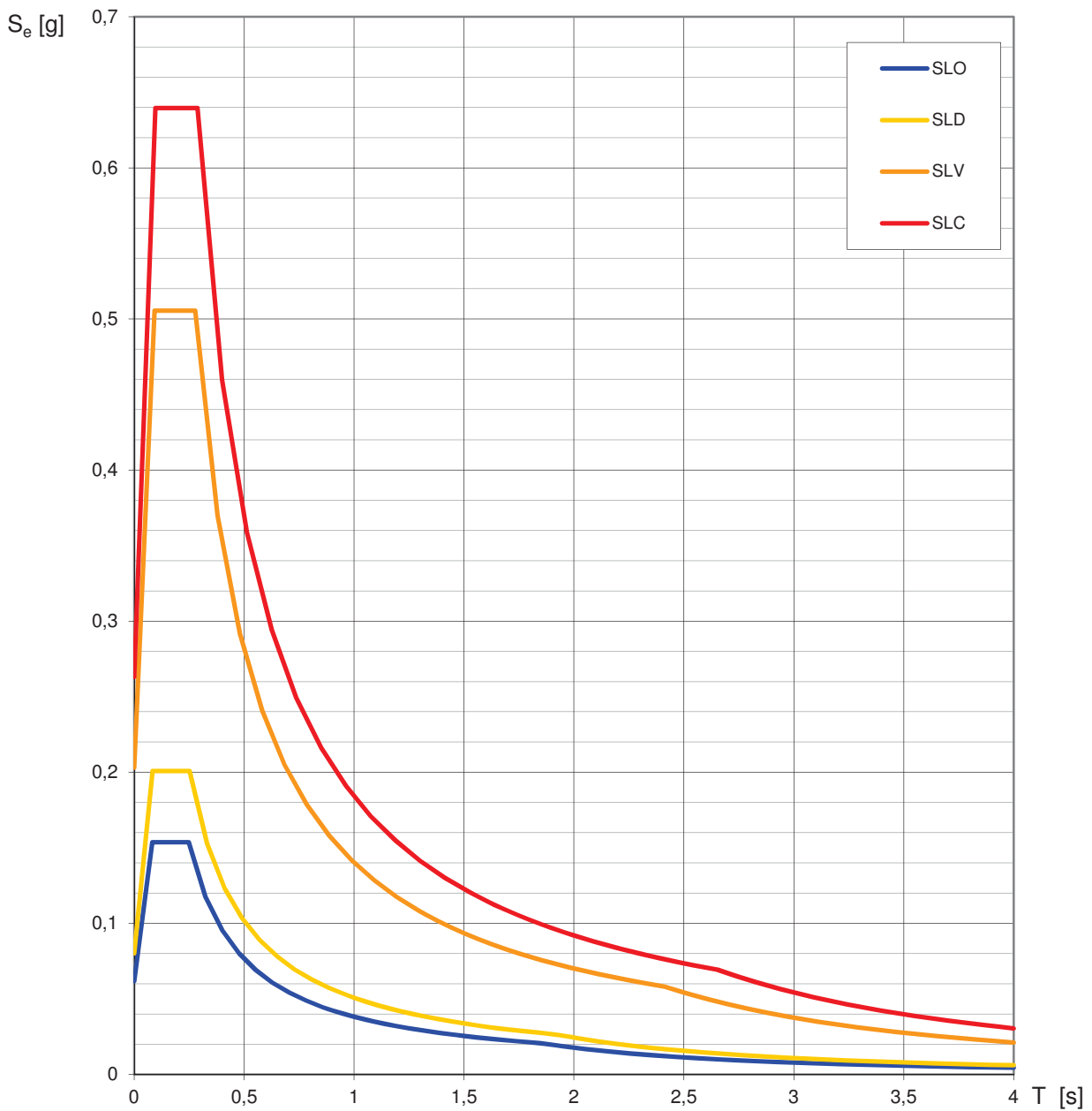
### 6.3 Amplificazione Stratigrafica ( $S_s$ ) e Topografica ( $S_t$ )

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  $C_c$

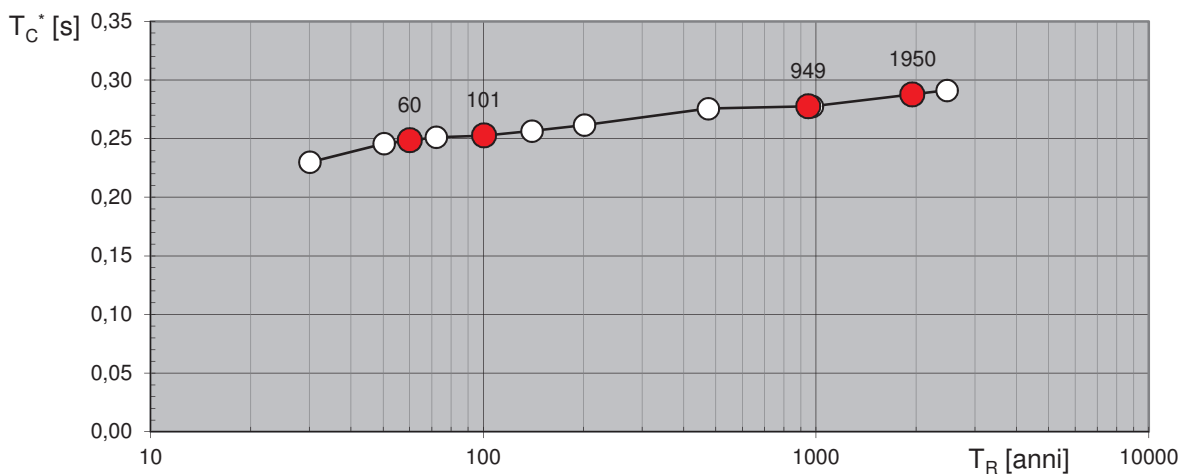
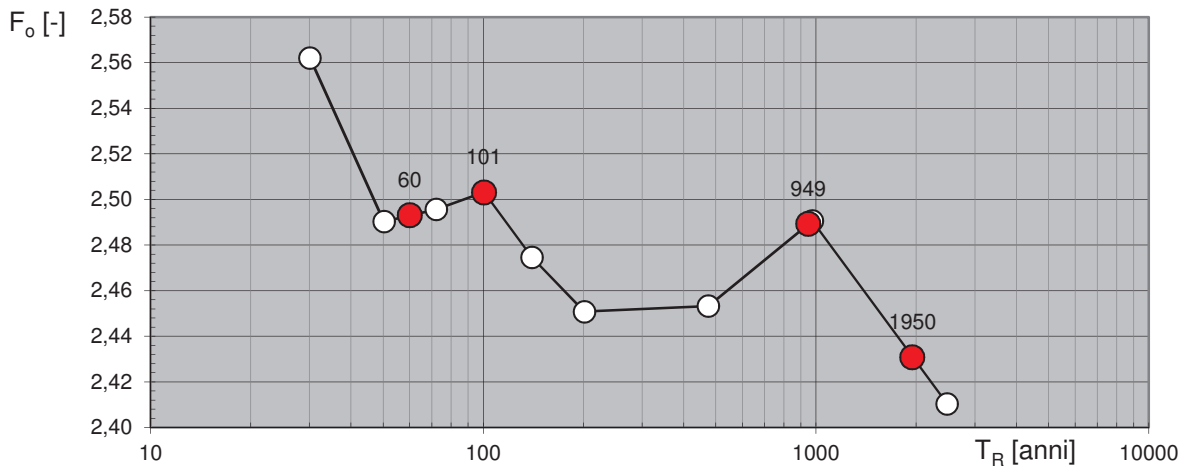
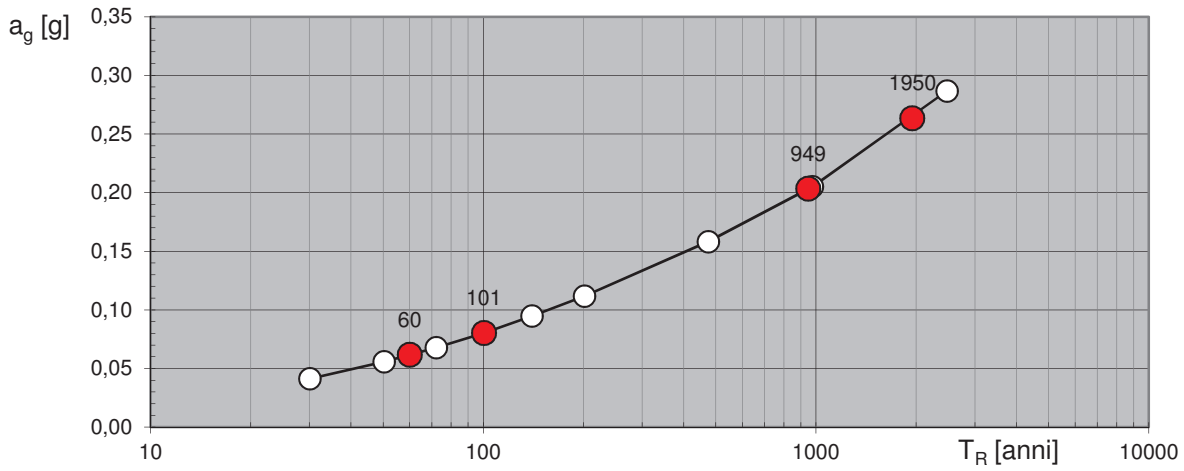
Categoria sottosuolo	$S_s$	$C_c$
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$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

<b>Categoria di sottosuolo B</b> <b>(edifici con periodo T compreso tra 0,5 s e 1,5 s)</b>	SLD	S <sub>s</sub>	1,200	SLV	S <sub>s</sub>	1,198
		C <sub>c</sub>	1,449		C <sub>c</sub>	1,422

<b>Categoria di sottosuolo C</b> <b>(edifici con periodo T compreso tra 0,1 e 0,5 s)</b>	SLD	S <sub>s</sub>	1,500	SLV	S <sub>s</sub>	1,397
		C <sub>c</sub>	1,654		C <sub>c</sub>	1,603

Tab. 3.2.V – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S<sub>T</sub>

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S <sub>T</sub>
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<sub>T</sub> 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 (*Studio della Componente Geologica Idrogeologica e Sismica del PGT – Dicembre 2009*) 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 saturi”; **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.

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'insacco di fenomeni di liquefazione in corrispondenza di  $a_g$  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 insacco 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 0,203 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 1,397** per lo spettro di progetto SLV). Si è pertanto considerato un **valore complessivo di accelerazione sismica orizzontale pari a 0,283591g**.

Tale valore di  $a_{g\ max}$  risulta superiore a quello previsto quale soglia di esclusione dal comma 1, 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).

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  $U_c > 3,5$ .

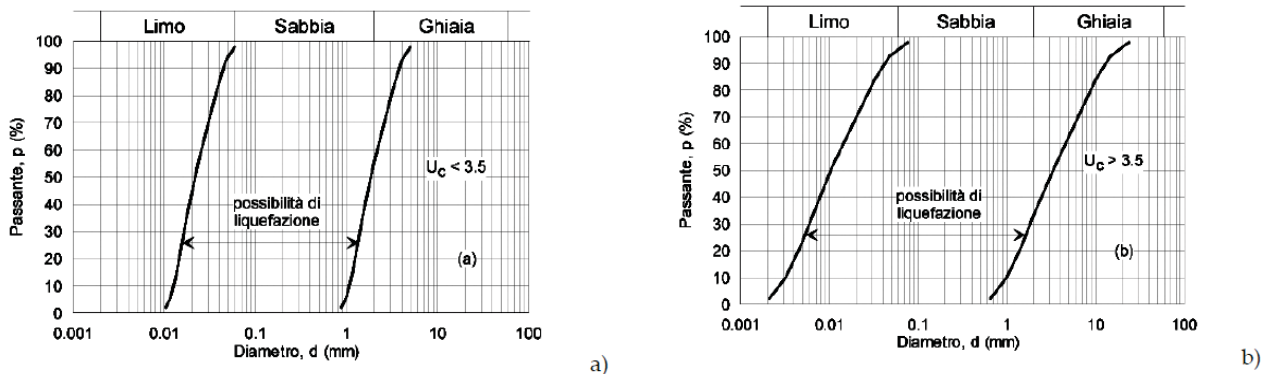


Fig. 7.11.1 – Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione

Per il sito di progetto si può ipotizzare la presenza di falde idriche entro i primi 15 m di profondità, che possono localmente possedere una certa continuità.

Il comma 3 non può essere applicato direttamente e non si può escludere del tutto che le litologie presenti siano riconducibili localmente al campo di potenziale liquefazione (comma 4), seppure tendenzialmente esse si collochino verso termini più francamente ghiaiosi.

**Si ritiene quindi, in via estremamente cautelativa, il sito di progetto soggetto alla verifica alla liquefazione ai sensi del D.M. 17/01/18 e si procede quindi all’analisi.**

### **6.4.3 Analisi di 3° Livello - Metodi di calcolo della suscettibilità alla liquefazione - Metodo di Seed e Idriss (1982).**

E' stato eseguito tramite il programma *Liquef 2.0 (Program Geo)* il calcolo per la valutazione del potenziale di liquefazione condotto mediante il criterio di Seed e Idriss (1982), considerando Magnitudo di riferimento  $M=5,000$  ricavata mediante l'operazione di "Disaggregazione della Pericolosità Sismica" (Progetto DPC-INGV-S1 – Spallarossa D., Barani S. – 2007).

Si è quindi tenuto conto di un valore di base di  $a_g$  pari a **0,203 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 **1,397** per lo spettro di progetto SLV). Si è pertanto considerato un **valore complessivo di accelerazione sismica orizzontale pari a 0,283591 g**.

Il metodo prescelto tiene conto di un coefficiente di sicurezza ( $F_s$ ) definito dal rapporto tra la resistenza alla liquefazione (R) e lo sforzo dinamico normalizzato alla quota di calcolo (T); si considera quindi di un valore di  $F_s$  minimo, oltre il quale un terreno è **non liquefacibile**. Cautelativamente si potrà tener conto di un valore soglia pari a  $F_s = 1,3$ .

Il metodo di calcolo di Seed e Idriss (1982) evidenzia un **indice di liquefazione complessivo pari a 0,0** significativo di rischio molto basso (vedi tabelle allegate); non sono altresì presenti neanche livelli singoli con valori al di sotto dei valori di sicurezza prescelto.



## **7 INTERVENTO DI PROGETTO – PROBLEMATICHE REALIZZATIVE - PRESCRIZIONI**

L'intervento di progetto interessa un complesso edilizio esistente e piuttosto articolato che consta di un edificio principale che si sviluppa in direzione N-S lungo Via Carducci con due ali una NE ed una SE, quasi interamente privo di interrato, di una palestra e delle relative pertinenze e di un edificio secondario allungato in direzione NE-SW, dotati di piani interrato.

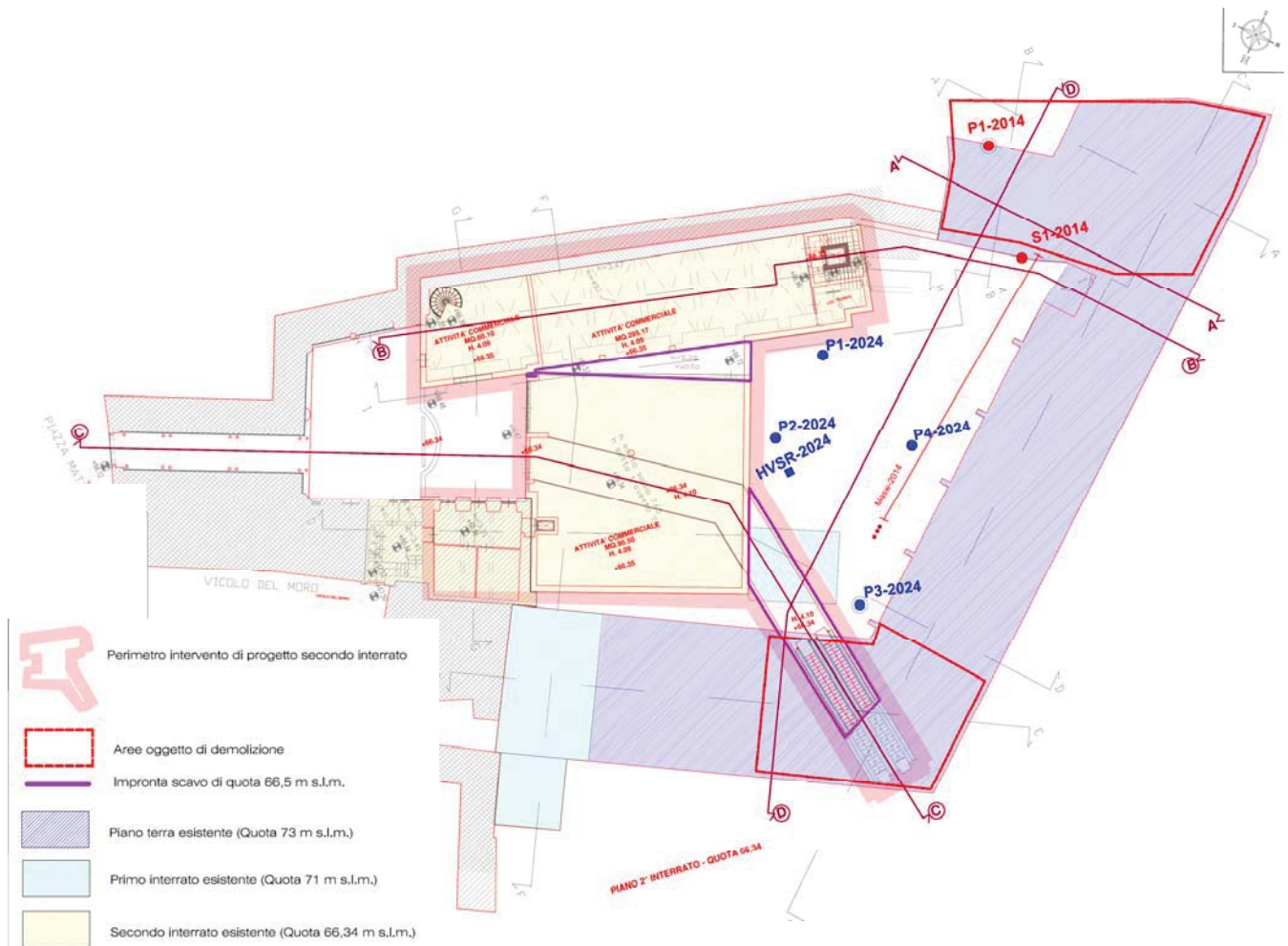
L'intervento, sinteticamente e per quanto di nostro più specifico interesse, consiste:

- nella **demolizione parziale e ristrutturazione dell'edificio principale** con attuale **quota di calpestio posta a circa 73 m s.l.m.**; il fabbricato presenta localmente **porzioni con primo piano interrato (quota 71 m s.l.m.)** e/o con **cavedio/fondazioni al secondo interrato (quota circa 66,5 m s.l.m.)**. Si prevede la realizzazione di una **autorimessa con un primo interrato (quota di progetto circa 71 m s.l.m.)** presso l'ala di SE, oggetto di demolizione, e l'ala di NE, solo parzialmente oggetto di demolizione e per la quale si ipotizza la presenza di cavedio/fondazioni alla quota di circa 66,5 m s.l.m..  
Si prevede inoltre la realizzazione di un **accesso mediante scala mobile presso l'angolo NW**, anch'esso oggetto di demolizione, **con raccordo tra Via Carducci ed il secondo piano interrato (quota circa 66 m s.l.m.)**
- nella **ristrutturazione della palestra esistente** con attuale **quota di calpestio posta a circa 66,5 m s.l.m.**  
Presso l'ingombro della palestra esistente si prevede una ristrutturazione per la conversione ad area dedicata ad attività commerciale con mantenimento delle fondazioni esistenti e del piano di calpestio esistente e la **realizzazione di un nuova soletta alla quota del primo interrato**, pari a circa 71 m s.l.m., **per la realizzazione delle autorimesse** che presumibilmente **poggerà su nuove strutture di fondazione**.
- Nella **ristrutturazione dell'edificio secondario di SE** con attuale **quota di calpestio posta a circa 66,5 m s.l.m.**  
Presso questo edificio si prevedono interventi prevalentemente architettonici interni per la conversione ad area dedicata ad attività commerciale, con puntuale realizzazione di un nuovo vano scala (estremità SW) e del raccordo con l'area commerciale (ex palestra).

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



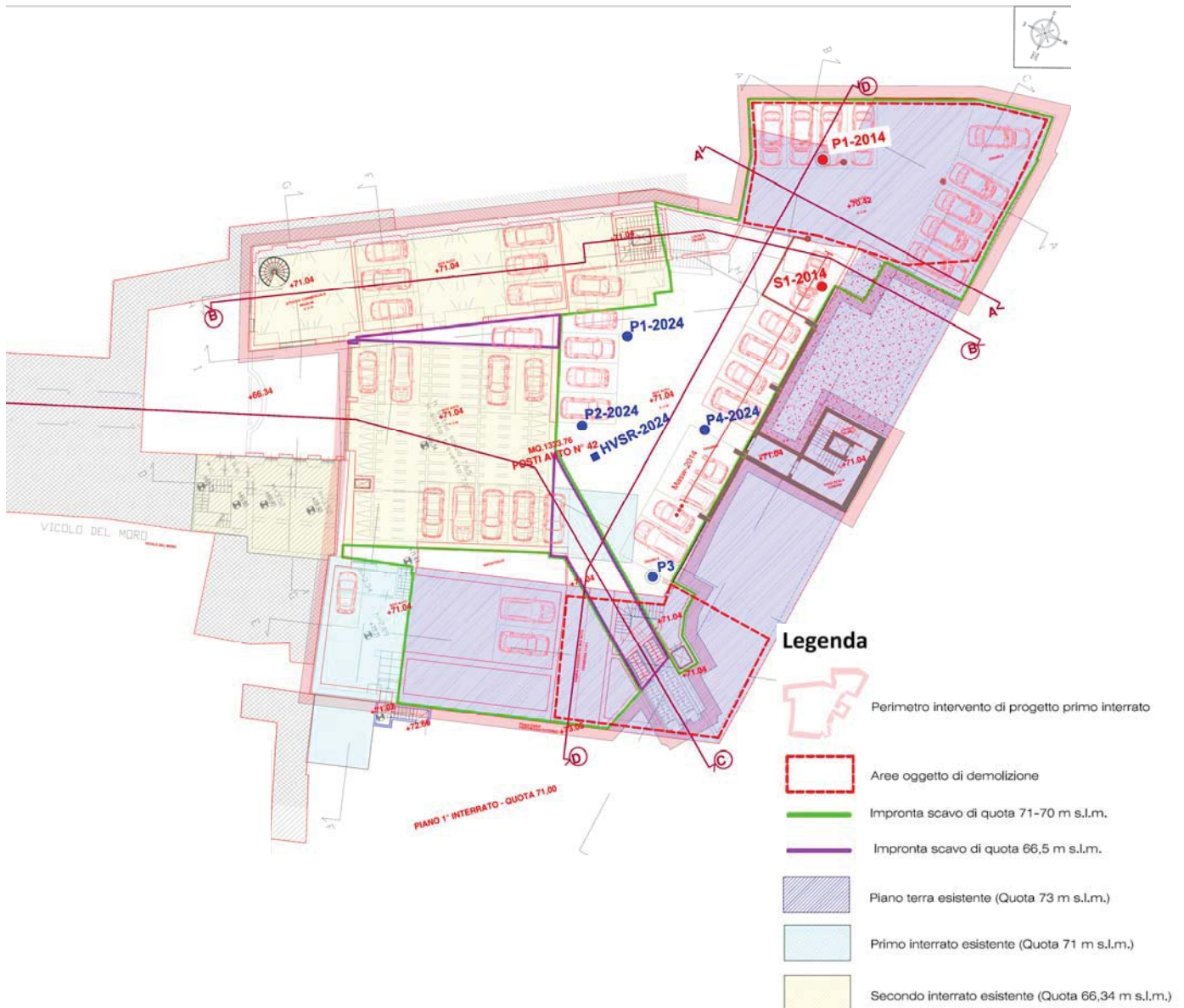
Nelle planimetrie in allegato (Tavv. 3A-3B-3C) si è cercato di esemplificare l'interazione tra gli edifici esistenti e gli interventi di progetto in funzione dei piani di riferimento del "secondo interrato", del "primo interrato" e del "piano terra", soprattutto al fine di definire ed evidenziare le aree oggetto di scavo e di realizzazione di nuove strutture di fondazione.



Gli **interventi presso il "secondo interrato"** sono di fatto limitati a strutture già esistenti allo stesso livello.

Gli **scavi** interessano un piccolo setto di raccordo tra i fabbricati ivi presenti, nonché la fascia di realizzazione della rampa di accesso mediante scale mobili.

Nuove **strutture di fondazione** potrebbero essere previste quale "rinforzo" delle fondazioni esistenti o a supporto dei nuovi solai (primo interrato) e della rampa di accesso mediante "scala mobile).



Gli **interventi presso il “primo interrato”** sono di fatto piuttosto estesi con realizzazione di una vasta area adibita ad autorimessa realizzata “ex novo” in corrispondenza del cortile esistente e delle ali SE e NE del fabbricato principale, per lo più oggetto di demolizione, nonché mediante la realizzazione di una nuova soletta in corrispondenza dei fabbricati esistenti dotati di interrato/cavedio.

Gli **scavi** interessano una vasta area con fronti perimetrali posti in fregio alle proprietà limitrofe (lato S e lato N) e localmente in fregio a Via Carducci; inoltre sono previsti fronti interni posti in adiacenza ai fabbricati esistenti e privi di interrato. Per quanto concerne il fabbricato principale e le sue ali saranno da verificare le reali quote di imposta delle fondazioni e/o la presenza di cavedi ad oggi non noti.

Si ritiene che siano previste nuove **strutture di fondazione a sostegno dell'intero piano autorimesse** realizzate a partire dalla quota di circa 66,5 m s.l.m. e 73 m s.l.m., per la porzione coincidente con i fabbricati esistenti, e dalla quota di circa 73 m s.l.m., per la porzione di nuova realizzazione.

Mediante la campagna di indagine ed i rilievi eseguiti è **stato possibile definire l'assetto geomorfologico e stratigrafico del sito di progetto (limitatamente ai cortili interni)**, che ricade in un contesto morenico prossimo alla fascia costiera, da sub-pianeggiante a debolmente acclive, modificato localmente in maniera significativa dall'intervento antropico in quanto storicamente e densamente urbanizzato.

Al di sotto di una coltre superficiale di **terreno rimaneggiato (Unità R)**, presente fino ad una profondità massima stimata di circa 0,60/0,90 m, è presente l'unità geotecnica rappresentata da **depositi fluvioglaciali (unità Fg), dapprima fini (limi sabbioso-argillosi → Sottounità Fg-1** fino a -1,50/-4,50 m dal p.c.) e probabilmente localmente rimaneggiati dall'attività antropica, scarsamente addensati e da umidi a molto umidi/bagnati, **e quindi grossolani (sabbia e ghiaia debolmente limosa con ciottoli → Sottounità Fg-2** fino almeno -12,60 m dal p.c.), da mediamente addensati ad addensati, da debolmente umidi a bagnati (a partire da circa -7,50 m dal p.c. attuale). Localmente è stata riscontrata la presenza, da -7,50 m a 12,60 m dal p.c. di riferibile a depositi Fluvioglaciali/Lacustri fini fini ((limi sabbioso-argillosi → Sottounità Fg-3)

Sulla base dei dati sismici raccolti e del contesto geologico di riferimento si ipotizza che a queste unità seguano, presumibilmente oltre i 13-14 m dal p.c. attuale, **depositi fluvioglaciali/di contatto glaciale o glaciali a da mediamente addensati ad addensati**, mentre i **depositi glaciali s.s.** e sovraconsolidati siano presenti oltre circa -40 m dal p.c. attuale.

Dai dati acquisiti è stata evidenziata la locale presenza di **livelletti bagnati entro l'unità superficiale FG-1, già a partire da circa -1,00/-1,80 m dal p.c. attuale**, tuttavia la sottostante **unità FG-2 risulta inizialmente debolmente umida e quindi, solo a partire da circa -7,00/-8,00 m dal p.c., bagnata**, con livello piezometrico stabilizzato a -7,5/-8,0 m dal p.c. nel punto di sondaggio (piezometro posto in opera fino a -12,00 m dal p.c.) e piezometro asciutto (posto in opera fino a -6,00 m dal p.c.) in corrispondenza della prova SCPT.

Pertanto si ritiene che la circolazione d'acqua superficiale sia correlata a faldine sospese circolanti entro un'unità comunque a medio-scarso permeabilità (Unità Fg-1) ed alimentate dalle aree collinari di monte, per lo più discontinue e scarsamente produttive; al contrario si ritiene che la circolazione d'acqua riscontrata a profondità di circa -7,5/-8,0 m dal p.c., in accordo con il quadro idrogeologico dell'ambito d'interesse e con i dati riferiti a siti limitrofi, sia correlabile a falde superficiali circolanti con una certa continuità entro le unità grossolane (Unità Fg-2), complessivamente a discreta permeabilità sovrastanti il substrato morenico a scarsa permeabilità (Unità G1). Tali falde potrebbero risultare in comunicazione con le acque del bacino lacustre, i cui livelli piezometrici risultano quindi in equilibrio; inoltre il deflusso sotterraneo della falda freatica segue in generale un debole gradiente topografico in direzione degli elementi idrografici drenanti e quindi, in caso di collegamento con il bacino lacustre, verso la linea di costa.

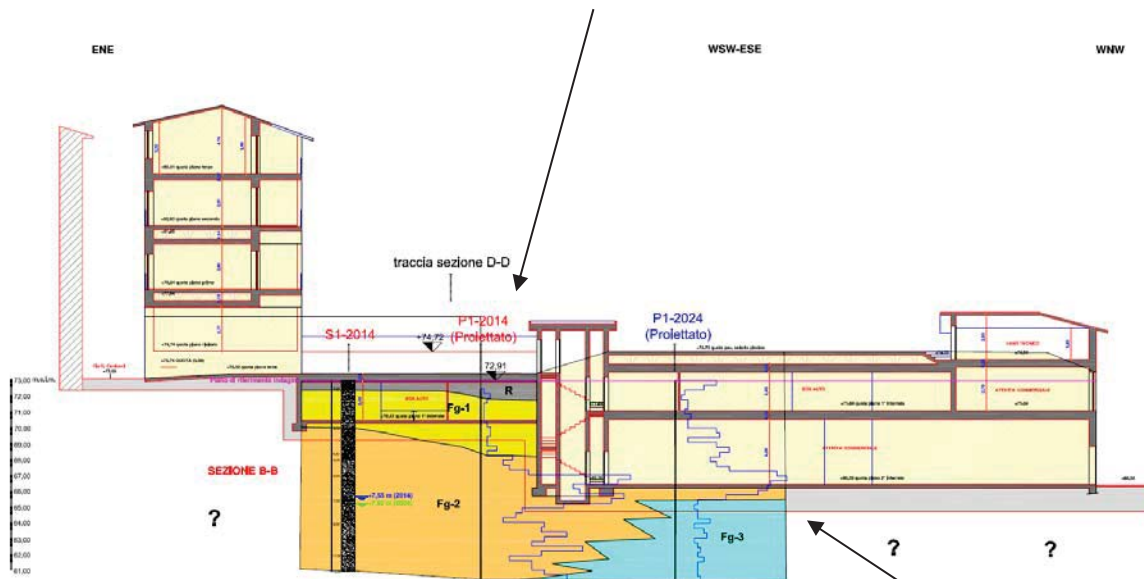


In relazione a tutto quanto sopra descritto ai fini della definizione delle unità geotecniche di appoggio delle fondazioni si può riassumere quanto segue:

➤ **Area box auto**

Per la quota di posa delle nuove strutture di fondazione previste a circa -3,00/-4,00 m dal p.c. attuale considerato coincidente all'incirca con il piano di calpestio dell'attuale piano terra (quota circa 73 m s.l.m.) si può stimare la presenza dell'unità Fg-2 (depositi fluvioglaciali grossolani da mediamente addensati ad addensati).

Pertanto le quote di posa previste permettono, il raggiungimento di unità geotecniche a buone/ottime caratteristiche geotecniche idonee all'appoggio di strutture di fondazione dirette.



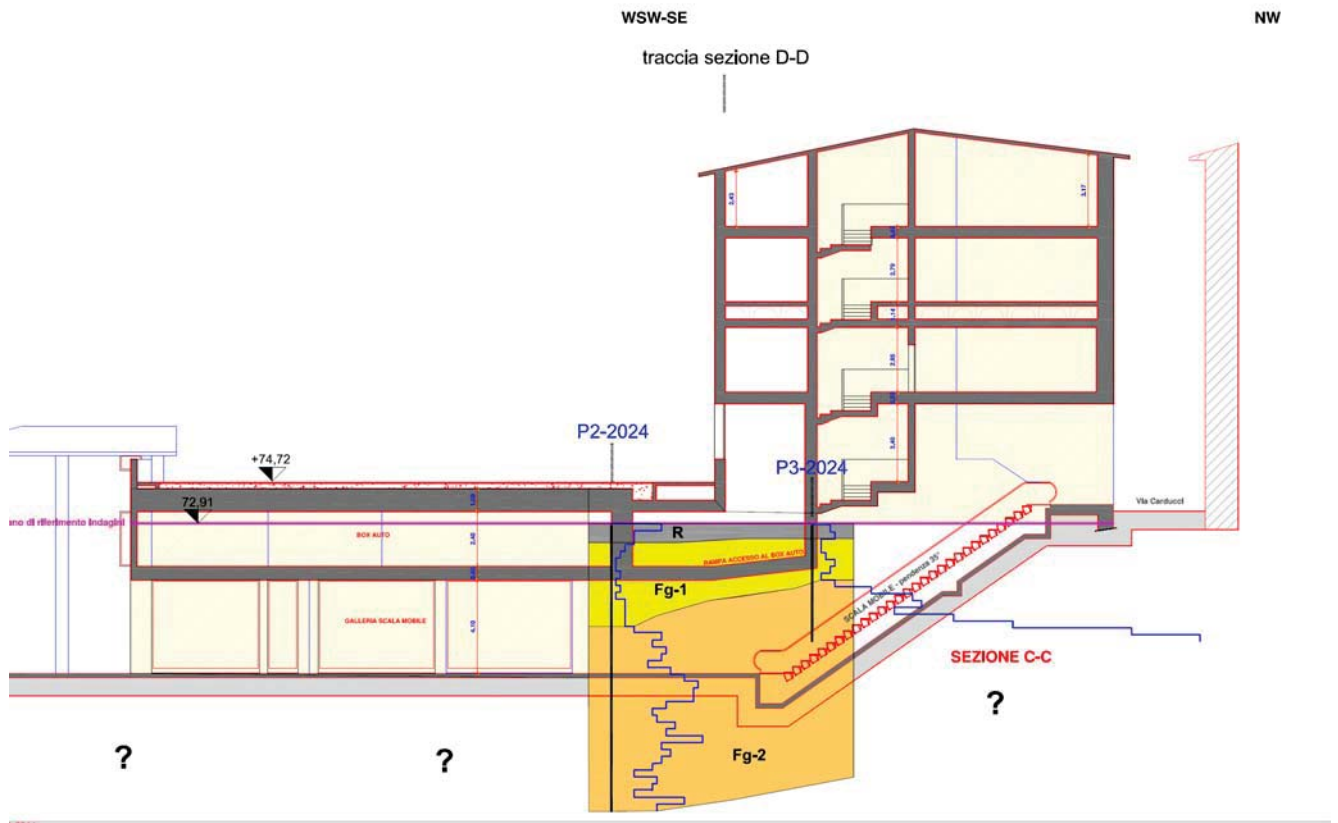
➤ **Area Commerciale e sovrastante Area Box**

Per la quota di posa delle nuove strutture di fondazione previste a sostegno della nuova soletta al primo interrato per la porzione coincidente con i fabbricati esistenti, si ipotizza la realizzazione a partire dalla quota di circa 66,5 m s.l.m. e 71/73 m s.l.m. e si può stimare la presenza dell'unità Fg-2 (depositi fluvioglaciali grossolani da mediamente addensati ad addensati) ed Fg-3 (depositi fluvioglaciali/lacustri fini mediamente addensati).

Sulla base dei dati ad oggi raccolti si può ipotizzare che le quote di posa previste permettano il raggiungimento di unità geotecniche a caratteristiche geotecniche variabili seppure idonee all'appoggio di strutture di fondazione dirette.

Si dovrà porre particolare attenzione alla verifica che il piano di appoggio delle fondazioni sia omogeneamente caratterizzato dall'unità geotecnica sopra definita **ed in ogni caso posto al di sotto della coltre superficiale di terreno rimaneggiato, dell'unità Fg-1, dei depositi fluvioglaciali fini a scadenti caratteristiche geotecniche e di eventuali lenti di terreno sabbioso-limoso, scarsamente addensato.** Tale prescrizione comporterà localmente operazione di bonifica (anche in sezione ristretta) 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.

Per quanto riguarda la **rampa d'accesso da via Carducci (scala mobile)** si ipotizza la realizzazione di fondazioni nastriformi riconducibili alle tipologie sopradescritte e co appoggio sull'unità geotecnica Fg-2.



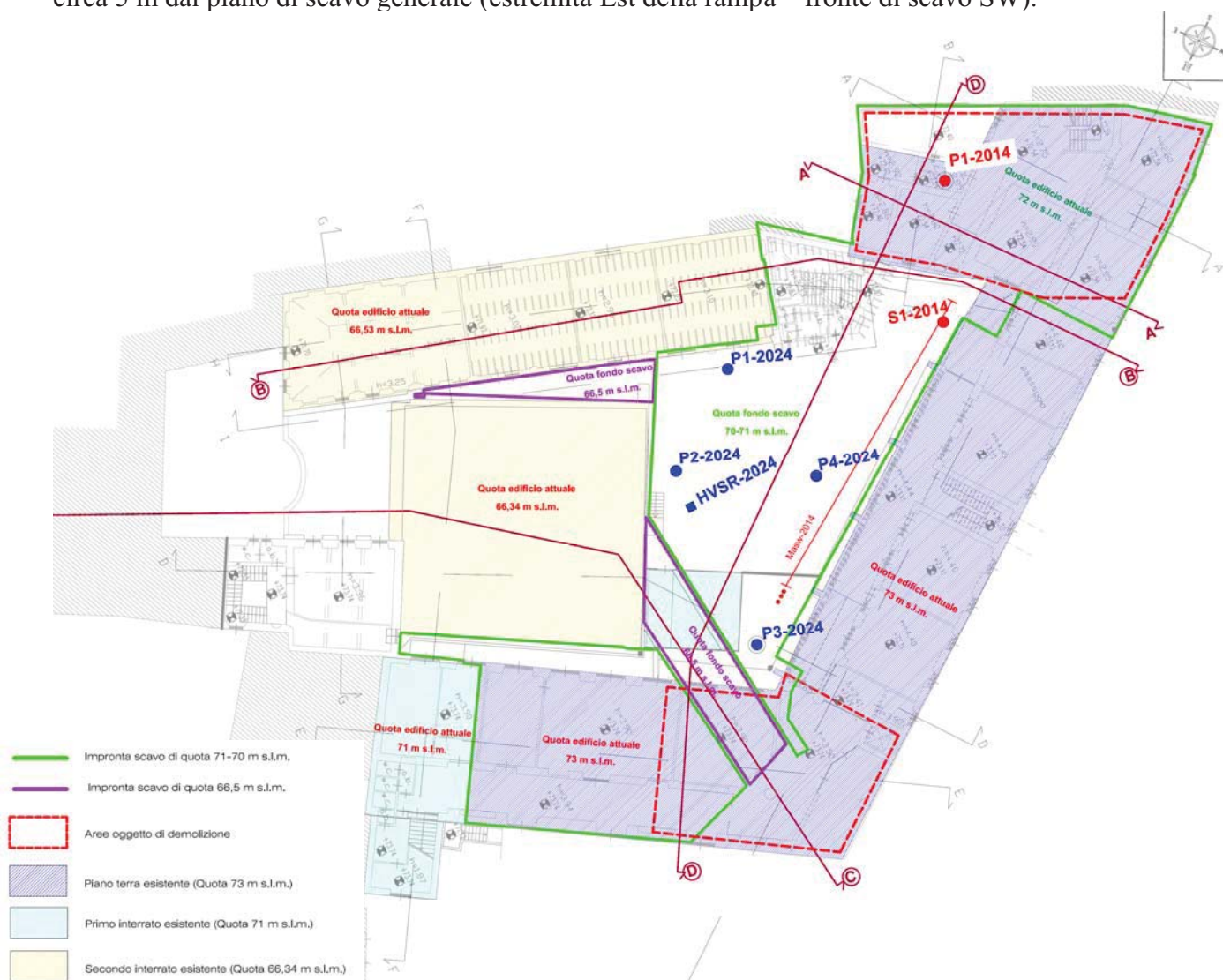
Non sono ad oggi previste **fondazioni al piano terra** anche in relazione alla mancanza di dati sulle fondazioni dell'edificio principale esistente; in caso contrario bisognerà attentamente valutare il piano di posa che dovrà presumibilmente coincidere con quello ipotizzato per i box auto.





L'intervento prevede la realizzazione di **scavi di altezza massima pari a circa 2/4 m condotti localmente in fregio alle proprietà limitrofe, alla sede stradale di Via Carducci, ai fabbricati esistenti privi di interrato** e potrebbero interferire con fenomeni di filtrazione idrica correlati a falde sospese superficiali; alla data delle indagini la presenza di acqua con maggiore continuità è stata rinvenuta a circa -7,5/-8,0 m dal p.c., e pertanto al di sotto del piano di fondo scavo.

Condizioni peculiari si riscontrano per la **realizzazione della rampa di accesso "scale mobili" di raccordo tra Via Carducci e le attività commerciali previste al secondo piano interrato**; lo scavo prevederà un approfondimento locale rispetto allo scavo del primo interrato con **altezza massima** pari a circa 5 m dal piano di scavo generale (estremità Est della rampa – fronte di scavo SW).



Gli scavi dovranno prevedere fronti con inclinazione rapportabili con le caratteristiche geotecniche dei terreni ed **idonee modalità realizzative con:**

- **predisposizione di opere di contenimento provvisionali** (berlinese di micropali), soprattutto nei tratti in adiacenza alla sede stradale, alle proprietà limitrofe ed alla porzione a maggiore altezza prevista per le scale mobili
- **opere di sottomurazione e scavo a campione** i fregio ai fabbricati privi di

interrato/cavedio.

Anche in relazione alla possibile interferenza con fenomeni di filtrazione idrica dovranno essere adottate idonee modalità realizzative (drenaggi lungo il perimetro ed al fondo dello scavo, con eventuale utilizzo di pompe, e/o la predisposizione di sistemi di abbattimento della falda).

**In ogni caso** in relazione all'assetto idrogeologico dell'area ed alla presenza di possibile filtrazione idrica superficiale, **per le opere interrato si consiglia un'adeguata impermeabilizzazione con guaine e giunti impermeabili da apporre alla base della fondazione, della pavimentazione e della porzione dei muri in elevazione al piano di calpestio.**

Si consiglia, oltre alla messa in opera di adeguati interventi di impermeabilizzazione del piano di calpestio degli interrati e dei muri laterali, di associare un **idoneo sistema di drenaggio**. Si potrà prevedere la realizzazione di uno o più pozzetti di raccolta delle acque di drenaggio, eventualmente muniti di pompa ad innesco automatico per l'abbattimento del livello di falda in concomitanza di periodi di piovosità intensa e/o prolungata.

## **7.1 APPROFONDIMENTI D'INDAGINE RICHIESTI IN FASE DI PROGETTAZIONE ESECUTIVA**

In relazione alla limitazione delle aree di indagine presso agli ambiti accessibili allo stato attuale (cortili interni) e del modello geologico ricostruito, caratterizzato da una talora marcata variabilità ed interdigitazione delle sottounità stratigrafiche e geotecniche sopradefinite, si ritiene necessario acquisire ulteriori dati presso gli ingombri degli edifici attuale ed in particolar modo presso l'attuale palestra.

Si ritiene indispensabile alla progettazione definitiva ed alla definizione del Modello Geologico-Geotecnico definitivo del terreno di fondazione del manufatto di progetto la predisposizione di un'indagine integrativa entro l'ingombro dei fabbricati attualmente non accessibili mediante n° 1-2 sondaggi a carotaggio continuo spinti fino ad almeno 10 m dal p.c. con esecuzione di prove SPT in foro e di n° 2-4 prove penetrometriche SCPT al fine di valutare in più punti lo spessore dell'unità geotecnica Fg-1 non idonea all'appoggio delle fondazioni.

In aggiunta si dovranno mettere in opera piezometri, intestati a diverse quote, per valutare dettagliatamente ed in più punti le modalità di circolazione idrica entro le profondità d'interesse progettuale e nel volume di terreno sottostante.



## **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.

Nei paragrafi a seguire verranno consigliati i parametri geotecnici da assumere in progetto per il calcolo e le verifiche delle fondazioni e delle strutture e verranno sviluppati alcuni elementi geotecnici per le Verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU) ed agli Stati Limite di Esercizio (SLE).

Si rimanda in ogni caso alla Relazione di Calcolo delle Fondazioni ed alle Relazioni Strutturali per la predisposizione delle verifiche s.s..



## 8.1 Parametri geotecnici di progetto – Fondazioni superficiali

I calcoli sono stati eseguiti in funzione di **fondazioni nastriformi e secondo le seguenti ipotesi:**

### ➤ Area box auto

Per la **quota di posa delle nuove strutture di fondazione previste a circa -3,00/-4,00 m dal p.c. attuale** considerato coincidente all'incirca con il piano di calpestio dell'attuale piano terra (**quota circa 73 m s.l.m.**) si può stimare la presenza **dell'unità Fg-2 (depositi fluvioglaciali grossolani da mediamente addensati ad addensati).**

Pertanto le quote di posa previste permettono, il raggiungimento di unità geotecniche a buone/ottime caratteristiche geotecniche idonee all'appoggio di strutture di fondazione dirette.

### ➤ Area Commerciale e sovrastante Area Box

Per la **quota di posa delle nuove strutture di fondazione previste a sostegno della nuova soletta al primo interrato per la porzione coincidente con i fabbricati esistenti**, si ipotizza la **realizzazione a partire dalla quota di circa 66,5 m s.l.m. e 71/73 m s.l.m.** e si può stimare la presenza **dell'unità Fg-2 (depositi fluvioglaciali grossolani da mediamente addensati ad addensati)** e **Fg-3 (depositi fluvioglaciali/lacustri fini mediamente addensati).**

Sulla base dei dati ad oggi raccolti si può ipotizzare che le quote di posa previste permettano il raggiungimento di unità geotecniche a caratteristiche geotecniche variabili seppure idonee all'appoggio di strutture di fondazione dirette.

Per quanto riguarda la **rampa d'accesso da via Carducci (scala mobile)** si ipotizza la realizzazione di fondazioni nastriformi riconducibili alle tipologie sopradescritte ed un appoggio sull'**unità geotecnica Fg-2 (depositi fluvioglaciali grossolani da mediamente addensati ad addensati).**

Si dovrà porre particolare attenzione alla verifica che il piano di appoggio delle fondazioni sia omogeneamente caratterizzato dall'unità geotecnica sopra definita **ed in ogni caso posto al di sotto della coltre superficiale di terreno rimaneggiato/materiale di riporto e dell'unità geotecnica Fg-1 prevalentemente limoso-sabbioso-argillosa, scarsamente addensata.** Tale prescrizione comporterà localmente operazione di bonifica con rimozione di un idoneo strato di terreno (anche in sezione ristretta), 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.



Ai fini della stima dei carichi limiti e di esercizio per fondazioni nastriformi si propone di assumere i seguenti parametri di progetto:

**Area Box Auto/rampa d'accesso - UNITÀ GEOTECNICA Fg-2**

$\gamma$	19 kN/m <sup>3</sup>	Peso unitario del terreno sopra falda
Cu	0 kPa	coesione non drenata
Dr	60%	Densità Relativa
$\phi$	30°	Angolo di resistenza al taglio efficace

**Area Commerciale e sovrastante Area Box UNITÀ GEOTECNICA Fg-2/Fg-3**

$\gamma$	19 kN/m <sup>3</sup>	Peso unitario del terreno sopra falda
Cu	0 kPa	coesione non drenata
Dr	60%	Densità Relativa
$\phi$	29°	Angolo di resistenza al taglio efficace

<b>C</b> edifici con periodo T compreso tra 0,1 e 0,5 s	<b>Categoria di Sottosuolo</b> (ai sensi del D.M. 17/01/2018)
<b>B</b> edifici con periodo T compreso tra 0,5 e 1,5 s	
<b>T1</b>	<b>Categoria Topografica</b> (ai sensi del D.M. 17/01/2018)

## 8.2 Fondazioni superficiali

I calcoli sono stati eseguiti in funzione di **fondazioni nastriformi con riferimento per il piano di posa alle prescrizioni/modalità realizzative di cui al Cap. 7 e §8.1**. Per le **dimensioni della fondazione** nei calcoli si è tenuto di varie geometrie e di un **Df pari a 0,50 m**.

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

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

in cui:

- $\gamma_1$  = peso di volume del terreno di fondazione
- $\gamma_2$  = peso di volume medio del terreno sopra il piano di posa
- $N_\gamma, N_q$  = fattori di capacità portante funzione di  $\phi$
- $q = \gamma_2 D_f$  = sovraccarico esistente ai bordi della fondazione
- $D_f$  = altezza della fondazione o del terreno di confinamento della stessa
- $B$  = lato minore della fondazione
- $s_\gamma, s_q$  = fattori di forma
- $Z_\gamma, Z_q$  = fattori correttivi sismici \*
- $d_q$  = fattori di profondità

\*:  $Z_\gamma = Z_q = (1 - k_h / \tan \phi)^{0,35}$  (Paolucci e Pecker - 1997)

$K_h = \beta_s a_{max} / g$  ( $\beta_s = 0,24 - NTC18$ )

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. Tali valutazioni possono altresì essere svolte nelle relazioni di calcolo strutturale e/o delle fondazioni predisposte dal Tecnico Progettista; in ogni caso si è tenuto conto di un ampio *range* di larghezze fondazionali anche al fine di avere delle stime in condizioni di eccentricità dei carichi.

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

#### Area Box Auto - UNITÀ GEOTECNICA Fg-2

		<b>CON SISMA (EFFETTO CINEMATICO)</b>
<b>B = 0,80 m</b>	<b><math>P_{lim M1} = 3,2 \text{ kg/cm}^2 = 314 \text{ kPa}</math></b>	<b><math>P_{lim M1} = 3,1 \text{ kg/cm}^2 = 304 \text{ kPa}</math></b>
<b>B = 1,00 m</b>	<b><math>P_{lim M1} = 3,5 \text{ kg/cm}^2 = 343 \text{ kPa}</math></b>	<b><math>P_{lim M1} = 3,3 \text{ kg/cm}^2 = 323 \text{ kPa}</math></b>
<b>B = 1,50 m</b>	<b><math>P_{lim M1} = 4,1 \text{ kg/cm}^2 = 402 \text{ kPa}</math></b>	<b><math>P_{lim M1} = 3,9 \text{ kg/cm}^2 = 382 \text{ kPa}</math></b>
<b>B = 2,00 m</b>	<b><math>P_{lim M1} = 4,8 \text{ kg/cm}^2 = 470 \text{ kPa}</math></b>	<b><math>P_{lim M1} = 4,5 \text{ kg/cm}^2 = 441 \text{ kPa}</math></b>

#### Area Commerciale e sovrastante Area Box UNITÀ GEOTECNICA Fg-2/Fg-3

		<b>CON SISMA (EFFETTO CINEMATICO)</b>
<b>B = 0,80 m</b>	<b><math>P_{lim M1} = 2,9 \text{ kg/cm}^2 = 284 \text{ kPa}</math></b>	<b><math>P_{lim M1} = 2,7 \text{ kg/cm}^2 = 265 \text{ kPa}</math></b>
<b>B = 1,00 m</b>	<b><math>P_{lim M1} = 3,1 \text{ kg/cm}^2 = 304 \text{ kPa}</math></b>	<b><math>P_{lim M1} = 2,9 \text{ kg/cm}^2 = 284 \text{ kPa}</math></b>
<b>B = 1,50 m</b>	<b><math>P_{lim M1} = 3,6 \text{ kg/cm}^2 = 353 \text{ kPa}</math></b>	<b><math>P_{lim M1} = 3,4 \text{ kg/cm}^2 = 333 \text{ kPa}</math></b>
<b>B = 2,00 m</b>	<b><math>P_{lim M1} = 4,2 \text{ kg/cm}^2 = 412 \text{ kPa}</math></b>	<b><math>P_{lim M1} = 3,9 \text{ kg/cm}^2 = 382 \text{ kPa}</math></b>

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 ( $\gamma_M$ ) 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:

### Area Box Auto - UNITÀ GEOTECNICA Fg-2

		<b>CON SISMA (EFFETTO CINEMATICO)</b>
<b>B = 0,80 m</b>	$P_{lim\ M2} = 1,5\ \text{kg/cm}^2 = 147\ \text{kPa}$	$P_{lim\ M2} = 1,4\ \text{kg/cm}^2 = 137\ \text{kPa}$
<b>B = 1,00 m</b>	$P_{lim\ M2} = 1,6\ \text{kg/cm}^2 = 157\ \text{kPa}$	$P_{lim\ M2} = 1,5\ \text{kg/cm}^2 = 147\ \text{kPa}$
<b>B = 1,50 m</b>	$P_{lim\ M2} = 1,8\ \text{kg/cm}^2 = 176\ \text{kPa}$	$P_{lim\ M2} = 1,7\ \text{kg/cm}^2 = 167\ \text{kPa}$
<b>B = 2,00 m</b>	$P_{lim\ M2} = 2,1\ \text{kg/cm}^2 = 206\ \text{kPa}$	$P_{lim\ M2} = 2,0\ \text{kg/cm}^2 = 196\ \text{kPa}$

### Area Commerciale e sovrastante Area Box UNITÀ GEOTECNICA Fg-2/Fg-3

		<b>CON SISMA (EFFETTO CINEMATICO)</b>
<b>B = 0,80 m</b>	$P_{lim\ M2} = 1,3\ \text{kg/cm}^2 = 127\ \text{kPa}$	$P_{lim\ M2} = 1,3\ \text{kg/cm}^2 = 127\ \text{kPa}$
<b>B = 1,00 m</b>	$P_{lim\ M2} = 1,4\ \text{kg/cm}^2 = 137\ \text{kPa}$	$P_{lim\ M2} = 1,3\ \text{kg/cm}^2 = 127\ \text{kPa}$
<b>B = 1,50 m</b>	$P_{lim\ M2} = 1,6\ \text{kg/cm}^2 = 157\ \text{kPa}$	$P_{lim\ M2} = 1,5\ \text{kg/cm}^2 = 147\ \text{kPa}$
<b>B = 2,00 m</b>	$P_{lim\ M2} = 1,9\ \text{kg/cm}^2 = 186\ \text{kPa}$	$P_{lim\ M2} = 1,7\ \text{kg/cm}^2 = 167\ \text{kPa}$

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 ( $\gamma_R$ ) (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 ( $\gamma_R = 2,3$ ).

### Area Box Auto - UNITÀ GEOTECNICA Fg-2

	<b>APPROCCIO 1</b>	<b>APPROCCIO 2</b>
	<b>Combinazione A2-M2-R2</b> <i>(Stabilità globale)</i>	<b>Combinazione A1-M1-R3</b> <i>(Collasso per carico limite fondazione-terreno)</i>
<b>B = 0,80 m</b>	$R_{d\ M2-R2} = 1,4\ \text{kg/cm}^2 = 137\ \text{kPa}$	$R_{d\ M1-R3} = 1,4\ \text{kg/cm}^2 = 137\ \text{kPa}$
<b>B = 1,00 m</b>	$R_{d\ M2-R2} = 1,5\ \text{kg/cm}^2 = 147\ \text{kPa}$	$R_{d\ M1-R3} = 1,5\ \text{kg/cm}^2 = 147\ \text{kPa}$
<b>B = 1,50 m</b>	$R_{d\ M2-R2} = 1,6\ \text{kg/cm}^2 = 157\ \text{kPa}$	$R_{d\ M1-R3} = 1,8\ \text{kg/cm}^2 = 176\ \text{kPa}$
<b>B = 2,00 m</b>	$R_{d\ M2-R2} = 1,9\ \text{kg/cm}^2 = 186\ \text{kPa}$	$R_{d\ M1-R3} = 2,1\ \text{kg/cm}^2 = 206\ \text{kPa}$
<b>CON SISMA (EFFETTO CINEMATICO)</b>		
	<b>APPROCCIO 1</b>	<b>APPROCCIO 2</b>
	<b>Combinazione A2-M2-R2</b> <i>(Stabilità globale)</i>	<b>Combinazione A1-M1-R3</b> <i>(Collasso per carico limite fondazione-terreno)</i>
<b>B = 0,80 m</b>	$R_{d\ M2-R2} = 1,3\ \text{kg/cm}^2 = 127\ \text{kPa}$	$R_{d\ M1-R3} = 1,3\ \text{kg/cm}^2 = 127\ \text{kPa}$
<b>B = 1,00 m</b>	$R_{d\ M2-R2} = 1,4\ \text{kg/cm}^2 = 137\ \text{kPa}$	$R_{d\ M1-R3} = 1,4\ \text{kg/cm}^2 = 137\ \text{kPa}$
<b>B = 1,50 m</b>	$R_{d\ M2-R2} = 1,5\ \text{kg/cm}^2 = 147\ \text{kPa}$	$R_{d\ M1-R3} = 1,7\ \text{kg/cm}^2 = 167\ \text{kPa}$
<b>B = 2,00 m</b>	$R_{d\ M2-R2} = 1,8\ \text{kg/cm}^2 = 176\ \text{kPa}$	$R_{d\ M1-R3} = 2,0\ \text{kg/cm}^2 = 196\ \text{kPa}$

### Area Commerciale e sovrastante Area Box UNITÀ GEOTECNICA Fg-2/Fg-3

	APPROCCIO 1	APPROCCIO 2
	Combinazione A2-M2-R2 (Stabilità globale)	Combinazione A1-M1-R3 (Collasso per carico limite fondazione-terreno)
<b>B = 0,80 m</b>	$R_{d\ M2-R2} = 1,2\ \text{kg/cm}^2 = 118\ \text{kPa}$	$R_{d\ M1-R3} = 1,3\ \text{kg/cm}^2 = 127\ \text{kPa}$
<b>B = 1,00 m</b>	$R_{d\ M2-R2} = 1,3\ \text{kg/cm}^2 = 127\ \text{kPa}$	$R_{d\ M1-R3} = 1,3\ \text{kg/cm}^2 = 127\ \text{kPa}$
<b>B = 1,50 m</b>	$R_{d\ M2-R2} = 1,5\ \text{kg/cm}^2 = 147\ \text{kPa}$	$R_{d\ M1-R3} = 1,6\ \text{kg/cm}^2 = 157\ \text{kPa}$
<b>B = 2,00 m</b>	$R_{d\ M2-R2} = 1,7\ \text{kg/cm}^2 = 167\ \text{kPa}$	$R_{d\ M1-R3} = 1,8\ \text{kg/cm}^2 = 177\ \text{kPa}$
<b>CON SISMA (EFFETTO CINEMATICO)</b>		
	APPROCCIO 1	APPROCCIO 2
	Combinazione A2-M2-R2 (Stabilità globale)	Combinazione A1-M1-R3 (Collasso per carico limite fondazione-terreno)
<b>B = 0,80 m</b>	$R_{d\ M2-R2} = 1,2\ \text{kg/cm}^2 = 118\ \text{kPa}$	$R_{d\ M1-R3} = 1,2\ \text{kg/cm}^2 = 118\ \text{kPa}$
<b>B = 1,00 m</b>	$R_{d\ M2-R2} = 1,2\ \text{kg/cm}^2 = 118\ \text{kPa}$	$R_{d\ M1-R3} = 1,3\ \text{kg/cm}^2 = 127\ \text{kPa}$
<b>B = 1,50 m</b>	$R_{d\ M2-R2} = 1,4\ \text{kg/cm}^2 = 137\ \text{kPa}$	$R_{d\ M1-R3} = 1,5\ \text{kg/cm}^2 = 147\ \text{kPa}$
<b>B = 2,00 m</b>	$R_{d\ M2-R2} = 1,5\ \text{kg/cm}^2 = 147\ \text{kPa}$	$R_{d\ M1-R3} = 1,7\ \text{kg/cm}^2 = 167\ \text{kPa}$

Allo stesso modo il Progettista dovrà applicare i coefficienti parziali dei casi A1 e A2 per le Azioni o per l'effetto delle azioni ( $\gamma_F$  o  $\gamma_E$  - 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:  $E_d \leq R_d$**  (si rimanda in proposito alle specifiche Relazioni Tecniche del progettista delle fondazioni e delle strutture).





## 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 il calcolo dei cedimenti è stato eseguito utilizzando il metodo di **Burland-Burbidge (1983)**:

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

in cui:

$q'$  = pressione efficace lorda (kPa)

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

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

$f_s, f_h, f_t$  = fattori correttivi di forma.

Il calcolo viene condotto tenendo conto di vari carichi di esercizio ipotetici e dei relativi cedimenti differiti nel tempo (20 anni). **Non si è tenuto conto della possibile presenza di carichi pulsanti.**

In relazione all'attuale stato di avanzamento della progettazione e delle relative tavole si sono stimati cedimenti rispetto ai 2 casi limite ipotizzabili. Si rimanda ad eventuali approfondimenti in una più avanzata fase di progettazione delle strutture di fondazione.

### **Area Box Auto - UNITÀ GEOTECNICA Fg-2**

(prof. posa fondazione circa -4,00 m da p.c. cortile attuale)

B = 0,80 m B = 1,00 m B = 1,50 m B = 2,00 m	$P_{\text{prog-eser}} = 1,20 \text{ kg/cm}^2 = 118 \text{ kPa}$	s = 1 mm s = 1 mm s = 1 mm s = 2 mm
B = 1,50 m B = 2,00 m	$P_{\text{prog-eser}} = 1,50 \text{ kg/cm}^2 = 147 \text{ kPa}$	s = 2 mm s = 2 mm
B = 1,50 m B = 2,00 m	$P_{\text{prog-eser}} = 1,80 \text{ kg/cm}^2 = 176 \text{ kPa}$	s = 2 mm s = 3 mm

Sulla base dei calcoli elaborati per i terreni di fondazione potranno essere utilizzati valori del coefficiente **k di Winkler dell'ordine di 6-12 kg/cm<sup>3</sup>**.

### **Area Commerciale e sovrastante Area Box UNITÀ GEOTECNICA Fg-2/Fg-3**

(prof. posa fondazione circa -1,00 m da p.c. palestra/cavedi/fabbricato secondario)

B = 0,80 m B = 1,00 m B = 1,50 m B = 2,00 m	$P_{\text{prog-eser}} = 1,20 \text{ kg/cm}^2 = 118 \text{ kPa}$	s = 1-3 mm s = 1-3 mm s = 1-4 mm s = 1-5 mm
B = 1,50 m B = 2,00 m	$P_{\text{prog-eser}} = 1,50 \text{ kg/cm}^2 = 147 \text{ kPa}$	s = 2-5 mm s = 2-6 mm

Sulla base dei calcoli elaborati per i terreni di fondazione potranno essere utilizzati valori del coefficiente **k di Winkler dell'ordine di 2-12 kg/cm<sup>3</sup>**.



Tutti i valori di  $k$  di Winkler soprariportati derivano dall'applicazione della seguente relazione:

$$k_{vm} = q_e / w_{el}$$

in cui

- $q_e$  = carico applicato in fondazione;
- $w_{el}$  = cedimento elastico medio corrispondente.

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, ecc.). Si rimanda al Progettista delle strutture l'assunzione in progetto di un valore di cedimenti e del  $k$  di Winkler, compreso nel *range* ipotizzato, anche in funzione delle cautele complessive adottate per la progettazione.

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 INTERVENTI DI SCAVO ED INTERVENTI DI DRENAGGIO-IMPERMEABILIZZAZIONE**

### **9.1 Modalità esecutive degli scavi in condizioni di sicurezza**

L'intervento prevede la realizzazione di **scavi di altezza massima pari a circa 2/4 m condotti localmente in fregio alle proprietà limitrofe, alla sede stradale di Via Carducci ed ai fabbricati esistenti privi di interrato.**

Condizioni peculiari si riscontrano per la **realizzazione della rampa di accesso "scale mobili" di raccordo tra Via Carducci e le attività commerciali previste al secondo piano interrato;** lo scavo prevede un approfondimento locale rispetto allo scavo del primo interrato con altezza massima pari a **circa 5 m dal piano di scavo generale**. Gli ulteriori scavi previsti con fondo posto alla quota del secondo interrato interessano piccolo setto di raccordo tra i fabbricati ivi presenti.

Gli scavi interesseranno presumibilmente le coltri di terreno rimaneggiato e/o riportato e quindi i depositi fluvioglaciali a caratteristiche geotecniche scadenti, raggiungendo solo alla base i depositi fluvioglaciali grossolani a buone caratteristiche geotecniche.

Si potrebbero avere interferenze con fenomeni di filtrazione idrica correlati a falde sospese superficiali (riscontrate nelle indagini del 2014); alla data delle indagini 2014 e 2024 la presenza di acqua con maggiore continuità è stata rinvenuta a circa -7,5/-8,0 m dal p.c., e pertanto al di sotto del piano di fondo scavo.

I fronti di scavo dovranno essere eseguiti in condizioni di sicurezza tenuto conto delle caratteristiche geotecniche dei terreni presenti e del contesto intensamente edificato in cui risulta inserito il sito di intervento.

In ogni caso, alla luce delle osservazioni eseguite, **l'esecuzione dei fronti di scavo** presso il sito di progetto non potrà che avvenire secondo inclinazioni elevate; si dovranno pertanto prevedere **idonee modalità realizzative con:**

- **predisposizione di opere di contenimento provvisoriale** (berlinese di micropali) nei tratti in adiacenza alla sede stradale, alle proprietà limitrofe ed alla porzione a maggiore altezza prevista per le scale mobili (estremità Est della rampa – fronte di scavo SW)
- **modalità di scavo a campioni e predisposizione di interventi di sottomurazione**, in fregio ai fabbricati privi di interrato/cavedio.

I dati raccolti hanno evidenziato la possibile presenza di falde sospese a profondità interferenti con le operazioni di scavo. In caso di presenza d'acqua **la realizzazione degli scavi dovrà prevedere specifiche tecniche realizzative (drenaggi lungo il perimetro ed al fondo dello scavo, con eventuale utilizzo di pompe, e/o la predisposizione di sistemi di abbattimento della falda di tipo well point).**

Nella fase di realizzazione di **tutti gli sbancamenti** si raccomanda in ogni caso di ridurre l'esposizione dei fronti evitando prolungati fermi di cantiere con lo scavo in corso.

Inoltre si consiglia di non intraprendere le operazioni di sbancamento in concomitanza di giornate caratterizzate da piogge intense. I fronti dovranno essere coperti, in caso di pioggia, con teloni impermeabili al fine di evitare l'erosione superficiale.

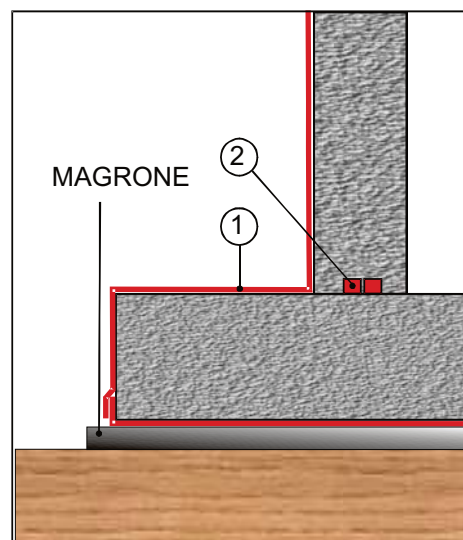


Si rimanda alla **campagna di indagine integrativa** richiesta (§7.1) ed all'acquisizione di dati dettagliati sulle fondazioni dell'edificio principale esistente per eventuali ulteriori approfondimenti delle tematiche inerenti gli scavi nelle successive fasi di progettazione più avanzata.

## 9.2 Interventi di drenaggio/impermeabilizzazione

**In ogni caso** in relazione all'assetto idrogeologico dell'area ed alla presenza di possibile filtrazione idrica a scarsa profondità dal p.c., **per le opere interrato si consiglia un'adeguata impermeabilizzazione con guaine e giunti impermeabili da apporre alla base della fondazione, della pavimentazione e della porzione dei muri in elevazione al piano di calpestio.**

Tale impermeabilizzazione consentirà di contrastare efficacemente l'infiltrazione dell'acqua. Per tale motivo, in una struttura interrata, è consigliato il confinamento del reinterro e del calcestruzzo con opportuni materiali di natura bentonitica i quali consentono il generarsi di un gel colloso e consistente che aderendo alla struttura la rende perfettamente impermeabile. Il rivestimento con queste membrane impermeabili (① in figura) dovrà essere realizzato come nello schema avendo la precauzione di inserire un raccordo doppio di giunzione di materiale impermeabile (tipo *Water Stop*), avente funzione di diaframma, tra piano verticale ed orizzontale (② in figura) da posizionare sulla superficie orizzontale prima di procedere al getto della muratura verticale in corrispondenza della mezzeria del muro. Per tutti questi motivi si consiglia di limitare il più possibile le riprese di getto e di provvedere a collocare anche nei giunti strutturali appositi giunti a tenuta idraulica.



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

Si consiglia, oltre alla messa in opera di adeguati interventi di impermeabilizzazione del piano di calpestio dell'interrato e dei muri laterali, di associare un **idoneo sistema di drenaggio**. Si potrà prevedere **la realizzazione di uno o più pozzetti di raccolta delle acque di drenaggio**, eventualmente muniti di pompa ad innesco automatico per l'abbattimento del livello di falda in concomitanza di periodi di piovosità intensa e/o prolungata.

### 9.3 Linee guida generali di utilizzo del materiale escavato

Nell'ambito della realizzazione delle opere si potrà prevedere 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).

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, comma1, 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 depono 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 1998 ....omissis...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 style="text-align: center;">Art. 23.</p> <p style="text-align: center;"><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><b>Siti di grandi dimensioni soggetti a VIA e AIA</b> <i>Come definiti nell'articolo 2, comma 1, lettera u del D.P.R. 120/17</i></p>	<p><b>Siti di piccole dimensioni</b> <i>come definiti nell'articolo 2, comma 1, lettera t del D.P.R. 120/17</i></p> <p><b>Siti di grandi dimensioni non soggetti a VIA o AIA</b> <i>Come definiti nell'articolo 2, comma 1, lettera v del D.P.R. 120/17</i></p>
<p><b>Ai sensi dell'art. 8 del D.P.R. 120/17</b> per verificare il regime di applicazione dell'articolo 184 bis per <b>Siti di grandi dimensioni soggetti a VIA e AIA</b> devono essere rispettati i requisiti di cui all'Art. 4 del D.P.R. 120/17 e si applica il <b>Capo II dello stesso D.P.R. che comprende gli artt. da 9 a 18</b> 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'<b>Allegato I e 2 del DPR 120/2017</b> ed è necessario redigere un <b>Piano di Utilizzo delle terre e rocce da scavo</b> (art. 9 del D.P.R. n. 120 del 13/06/2017 e <b>All. 5</b>) 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 almeno <b>90 gg prima dell'inizio dei lavori</b> 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 <b>caratterizzazione ambientale del sito</b> 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 &lt;2500 mq) ed in ogni caso in stretta conformità con quanto prescritto dagli allegati dello stesso D.P.R. 120/2017.</p>	<p><b>Ai sensi dell'art. 20 e dell'art. 22 del D.P.R. 120/17</b> per verificare il regime di applicazione dell'articolo 184 bis per <b>siti di piccole dimensioni &lt; 6000 mc e siti di grandi dimensioni (&gt; 6000 mc) non soggetti a VIA o AIA</b> devono essere rispettati i requisiti di cui all'Art. 4 del D.P.R. 120/17 e si applicano il <b>Capo III (artt. 20 e 21) e Capo IV (art. 22)</b> 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 <b>la predisposizione e la trasmissione della dichiarazione di cui all'Art. 21 - Dichiarazione di utilizzo per i cantieri di piccole dimensioni</b> secondo le procedure e le modalità indicate negli articoli 20 e 21. (All. 6 alla D.P.R. 120/2017) da trasmettere almeno <b>15 gg prima dell'inizio lavori di scavo</b> al comune del sito di produzione ed all'Agenzia di protezione ambientale territorialmente competente (ARPA).</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:

- 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 i 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).

Ulteriori indicazioni circa le modalità di caratterizzazione dei terreni oggetto di escavazione sono contenute nel recente manuale **"Linea Guida sull'applicazione della disciplina per l'utilizzo delle terre e rocce da scavo"** (ISPRA Del. 54/2019) vigente a livello nazionale a partire dal 9 Maggio 2019.



## **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 cartografia allegata alla “*Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del Piano di Governo del Territorio – Agosto 2011- Rev. 01 Gennaio 2016 – Dott. Geol. Rosanna Lentini*” di Desenzano del Garda, è stato verificato che il sito di progetto ricade nella *Classe di Fattibilità 3f, 2a e 2b* definite come “*Area ad alta vulnerabilità delle acque sotterranee*” “*Area a media vulnerabilità delle acque sotterranee*” e “*Aree con terreni a caratteristiche geotecniche mediocri e/o falda subaffiorante e condizioni pianeggianti o con versanti debolmente acclivi*”.

Nello stesso studio non si segnala la presenza, entro l'area d'interesse, di *normative di vincolo* correlate agli elementi idrografici appartenenti al Reticolo Idrico Minore o ad altre problematiche geologiche-idrogeologiche-geomorfologiche.

Preso 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-idrografiche 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).

Mediante i rilievi geologici, le indagini eseguite ed i dati raccolti (Cap. 4) è stato possibile eseguire gli approfondimenti relativi alle caratteristiche geotecniche dei terreni, compatibili con le *classi di fattibilità 2 e 3* 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 Z4a “*Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi*” per il quale vengono segnalati valori di *Fa* di sito superiori a quelli di “soglia” normativa con obbligo di valutazione del rischio sismico sito-specifica applicando l'analisi di 2° livello (ai sensi dell'All. 5 della D.G.R. 9/2616/2011) al fine di definire la corretta Categoria di Sottosuolo da assumere in progetto. Sono pertanto richiesti approfondimenti sismici ovvero l'utilizzo di specifici spettri di norma caratteristici per tipologie edilizie con periodo compreso tra 0.1 e 0.5 s.

L'analisi di 2° livello sito specifica eseguita ai sensi dell'All.5 della D.G.R. 9/2616/2011 (§6.1.1.2) ha permesso di verificare che, per quanto concerne l'amplificazione litologica (Z4), i parametri sismici della normativa più recente (D.M.17/01/18) sono sufficienti a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica assumendo in progetto la Categoria di Sottosuolo B in caso di edifici/manufatti con periodo 0,5-1,5 sec e la Categoria di Sottosuolo C in caso di edifici/manufatti con periodo compreso tra 0,1 sec e 0,5 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, in via estremamente cautelativa, non soggetto ad esclusione alla verifica alla liquefazione ai sensi del D.M. 17/01/18 (§6.4.2) ed è stata pertanto eseguita la verifica stessa (§6.4.3) che non ha evidenziato, sulla base delle stime eseguite, potenziali rischi di liquefazione.

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) per le nuove strutture di fondazione e più in generale per la corretta realizzazione delle opere. Sono state date specifiche indicazioni riguardo interventi di impermeabilizzazione e drenaggio richiesti per i manufatti di progetto (§7.1).

Sono state quindi analizzate delle ipotetiche fondazioni superficiali per gli edifici di progetto allo scopo di ottenere dei valori dei carichi limite nei casi M1 e M2 (anche in presenza di effetti cinematici) e delle resistenze  $R_d$ , nonché di ipotizzare l’entità dei cedimenti riferiti ai carichi di esercizio ( $P_{prog-eserc}$ ) (§8.2), che potranno essere utilizzati nello studio progettuale. Si rimanda in ogni caso alla Relazione Geotecnica ed alla Relazione di Calcolo delle Fondazioni ed alle Relazioni Strutturali per la predisposizione delle verifiche s.s.

Sono state date indicazioni sulle modalità di esecuzione in condizioni di sicurezza degli scavi di progetto (§9.1) e la realizzazione di degli interventi di drenaggio/impermeabilizzazione (§9.2); sono state infine fornite alcune linee guida generali per il riutilizzo di eventuali materiali escavati in adempimento alle normative vigenti (§9.3).



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 l’assenza delle limitazioni derivanti dal PGRA.

Essendo l’indagine geognostica eseguita necessariamente per punti si richiede, in fase esecutiva, la verifica delle ipotesi fatte nella presente relazione preliminare con predisposizione di una specifica indagine integrativa (§7.1) con particolare riguardo allo spessore delle unità superficiali entro l’ingombro dei fabbricati esistenti ed alle modalità di circolazione idrica sotterranea entro i terreni superficiali interferenti con le operazioni di scavo.



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, 17/12/2024

Ph. D. Dott.  

Dott. Geol. Damiano Scalvini

Dott. Ilenia Macaluso



## TAV. 1 COROGRAFIA CON UBICAZIONE DEI POZZI E DELLE PRECEDENTI INDAGINI

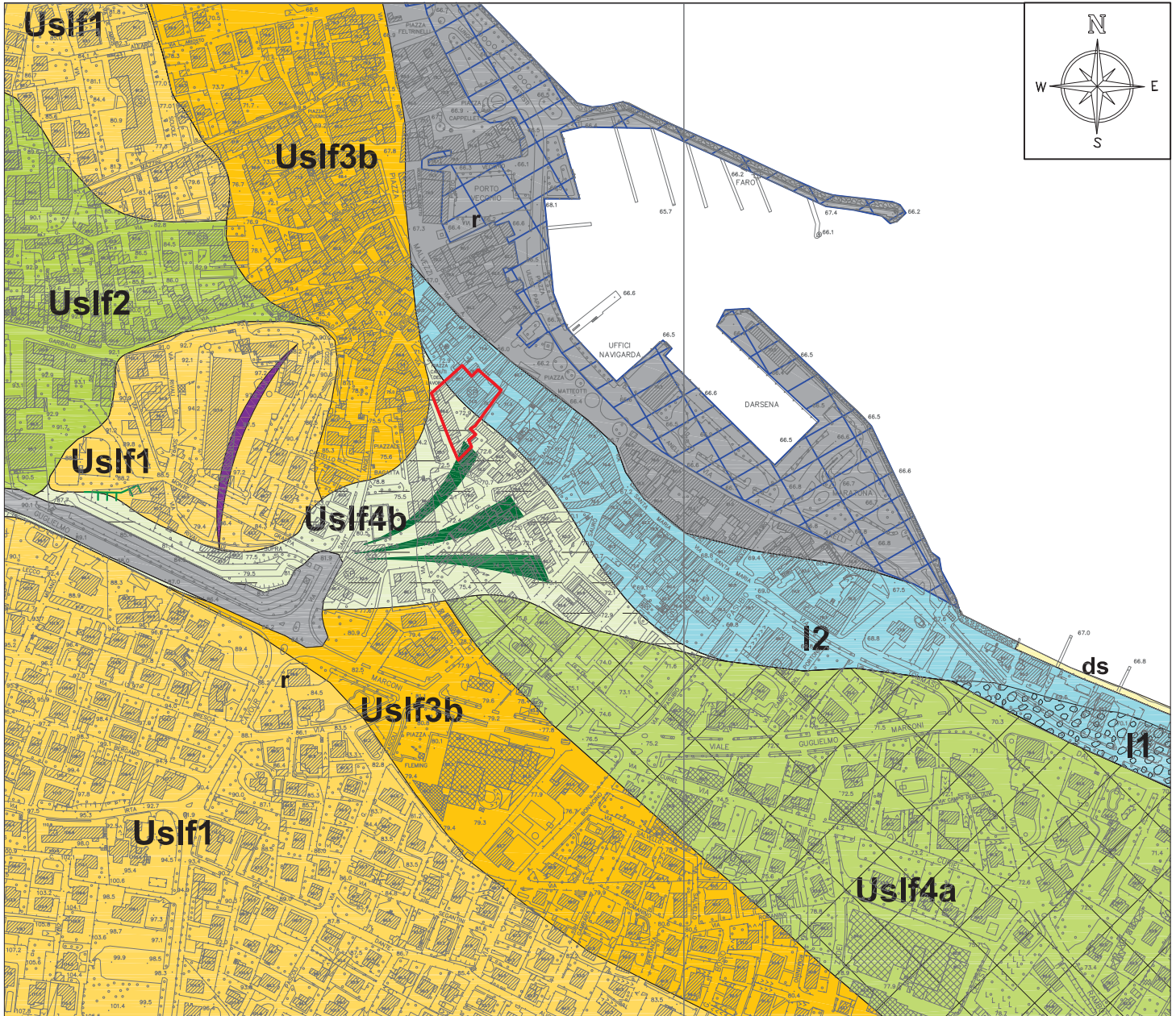
### Scala 1:10.000



**LEGENDA**

- |   |  |   |
|---|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="color: red;">○</span> Area di studio</li> <li><span style="color: blue;">D 47</span></li> <li><span style="color: blue;">●</span> Pozzo con stratigrafia</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="color: green;">○</span> Magg. 2011</li> <li><span style="color: red;">—</span> <u>Linea Sismica</u></li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="color: green;">○</span> Ubicazione precedenti indagini</li> <li><span style="color: blue;">●</span> Stendimento di sismica multicanale MASW eseguita per indagini precedenti</li> </ul> |
|---|--|---|





**TAV. 2 CARTA GEOLOGICA CON ELEMENTI GEOMORFOLOGICI**  
 Scala 1:5.000



**Legenda**




**UNITA' LITOSTRATIGRAFICHE**

**UNITA' POSTGLACIALE**

-  **Materiali di riporto**
-  **Depositi lacustri (Olocene)**  
- depositi costieri lacustri ghiaioso sabbiosi
-  **Depositi costieri lacustri limoso argillosi, a tratti torbosi**
-  **Depositi di spiaggia recenti e attuali (Olocene)**

**COPERTURE QUATERNARIE**

**UNITA' DI SOLFERINO (Pleistocene superiore)**

-  **Depositi glaciali**
-  **Depositi glaciolacustri di depressione intermorenica o di fronte glaciale**
-  **Depositi di contatto glaciale**  
b) Depositi fini prevalentemente sabbioso limosi, limoso sabbiosi, limoso argillosi, argillosi ("morena di fondo")



**Area d'indagine**



**Uslf4 Depositi fluvioglaciali delle cerchie interne**  
a) depositi grossolani, ghiaioso sabbiosi  
b) depositi fini sabbioso limosi

**ELEMENTI GEOMORFOLOGICI**



**STRUTTURE GEOMORFOLOGICHE**  
Conoide di deiezione



Cordone morenico

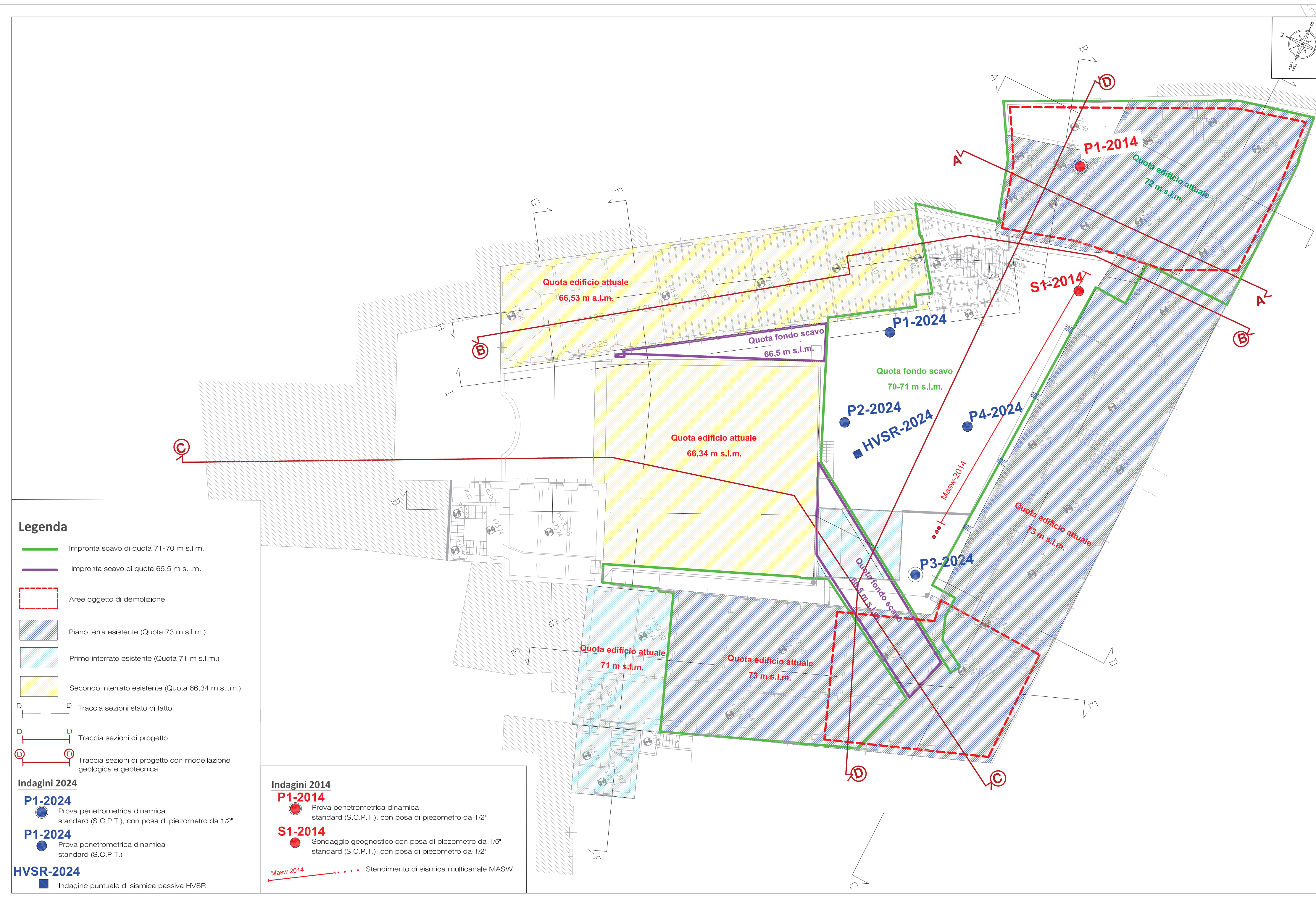
**FORME LEGATE ALLA DINAMICA LACUSTRE**



Esondazione lacustre

DATA	RIFERIMENTO COMMESSA:	TAVOLA
DICEMBRE 2024	2024-30R RG-RI	TAV. 3A

COMMITTENTE	I TECNICI
IMMOBILIARE CARDUCCI SRL	Dott. Geol. Rosanna Lentini



**Legenda**

- Impronta scavo di quota 71-70 m s.l.m.
- Impronta scavo di quota 66,5 m s.l.m.
- Aree oggetto di demolizione
- Piano terra esistente (Quota 73 m s.l.m.)
- Primo interrato esistente (Quota 71 m s.l.m.)
- Secondo interrato esistente (Quota 66,34 m s.l.m.)
- Traccia sezioni stato di fatto
- Traccia sezioni di progetto
- Traccia sezioni di progetto con modellazione geologica e geotecnica

**Indagini 2024**

- **P1-2024**  
Prova penetrometrica dinamica standard (S.C.P.T.), con posa di piezometro da 1/2"
- **P1-2024**  
Prova penetrometrica dinamica standard (S.C.P.T.)
- **HVSr-2024**  
Indagine puntuale di sismica passiva HVSr

**Indagini 2014**

- **P1-2014**  
Prova penetrometrica dinamica standard (S.C.P.T.), con posa di piezometro da 1/2"
- **S1-2014**  
Sondaggio geognostico con posa di piezometro da 1/5" standard (S.C.P.T.), con posa di piezometro da 1/2"
- .-.- **Masw 2014**  
Stendimento di sismica multicanale MASW



**COMUNE DI DESENZANO D/G**  
 PROVINCIA DI BRESCIA

**STUDIO DI FATTIBILITA' PER IL RECUPERO DELL'ISTITUTO SCOLASTICO "EX RAGIONERIA" IN VIA CARDUCCI A DESENZANO D/G**

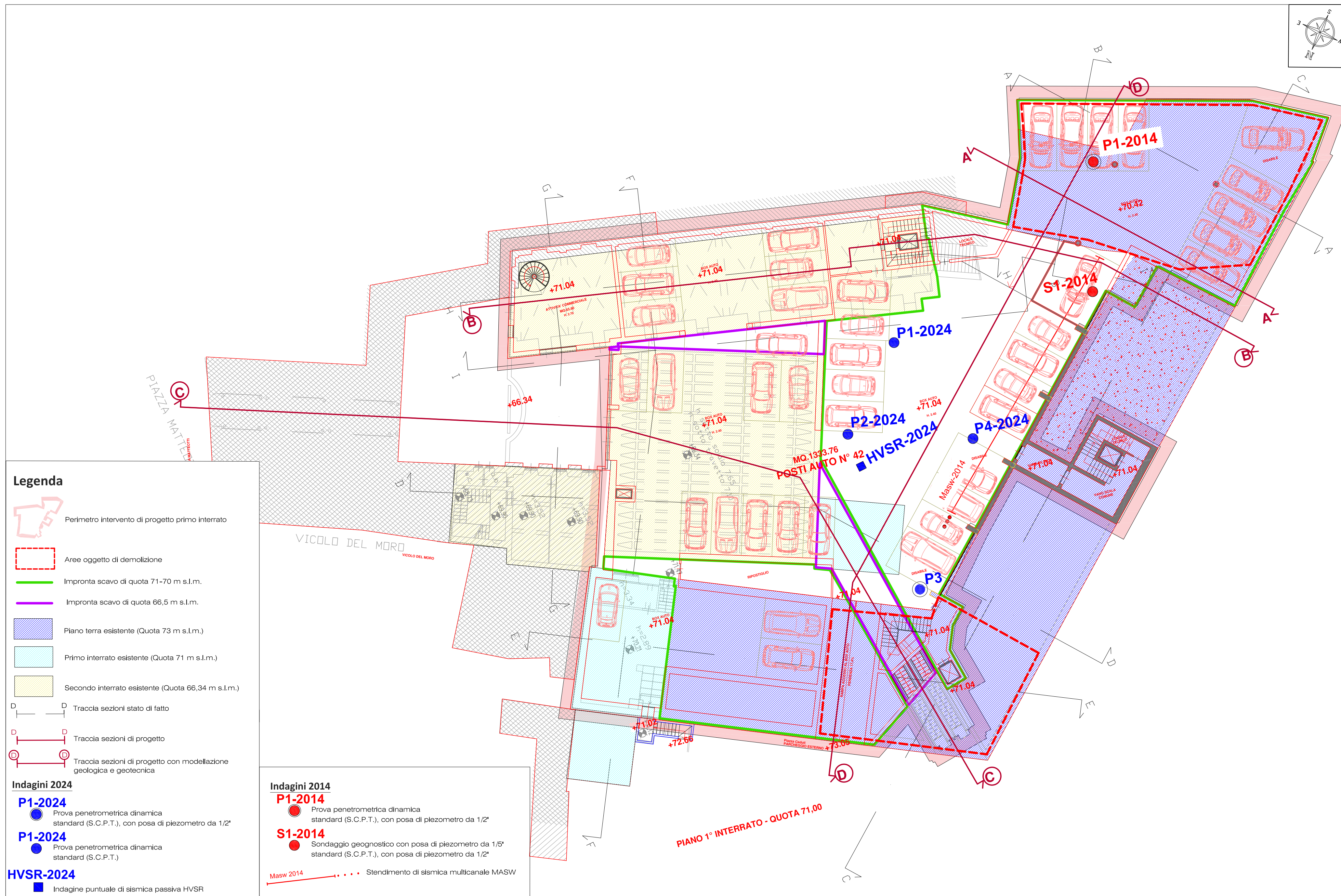
**Planimetria primo interrato con ubicazione dei punti di indagine e degli edifici esistenti**

**SCALA 1: 200**





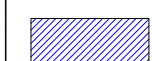





DATA	RIFERIMENTO COMMESSA:	TAVOLA
DICEMBRE 2024	2024-30R RG-RI	TAV. 3B

COMMITTENTE	I TECNICI
IMMOBILIARE CARDUCCI SRL	Dott. Geol. Rosanna Lentini




Sede Legale: Via Dugali, 34 - 25080 Padenghe sul Garda (BS) - C.F. LNTRNN69C43C351F - P. I.V.A. 01940640988  
 E-mail: info@lentinirosannageologia.it - Sito Web: www.lentinirosannageologia.it -  
 PEC: rosannalenti@pecp.sicurezza postale.it E-mail dedicata: amministrazione@lentinirosannageologia.it






**Legenda**

-  Perimetro intervento di progetto primo interrato
-  Aree oggetto di demolizione
-  Impronta scavo di quota 71-70 m s.l.m.
-  Impronta scavo di quota 66,5 m s.l.m.
-  Piano terra esistente (Quota 73 m s.l.m.)
-  Primo interrato esistente (Quota 71 m s.l.m.)
-  Secondo interrato esistente (Quota 66,34 m s.l.m.)
-  Traccia sezioni stato di fatto
-  Traccia sezioni di progetto
-  Traccia sezioni di progetto con modellazione geologica e geotecnica

**Indagini 2024**

- P1-2024**  
 Prova penetrometrica dinamica standard (S.C.P.T.), con posa di piezometro da 1/2"
- P1-2024**  
 Prova penetrometrica dinamica standard (S.C.P.T.)
- HVSR-2024**  
 Indagine puntuale di sismica passiva HVSR

**Indagini 2014**

- P1-2014**  
 Prova penetrometrica dinamica standard (S.C.P.T.), con posa di piezometro da 1/2"
- S1-2014**  
 Sondaggio geognostico con posa di piezometro da 1/5" standard (S.C.P.T.), con posa di piezometro da 1/2"
-  Stendimento di sismica multicanale MASW

COMUNE DI DESENZANO D/G  
PROVINCIA DI BRESCIA

STUDIO DI FATTIBILITA' PER IL RECUPERO DELL'ISTITUTO  
SCOLASTICO "EX RAGIONERIA" IN VIA CARDUCCI  
A DESENZANO D/G

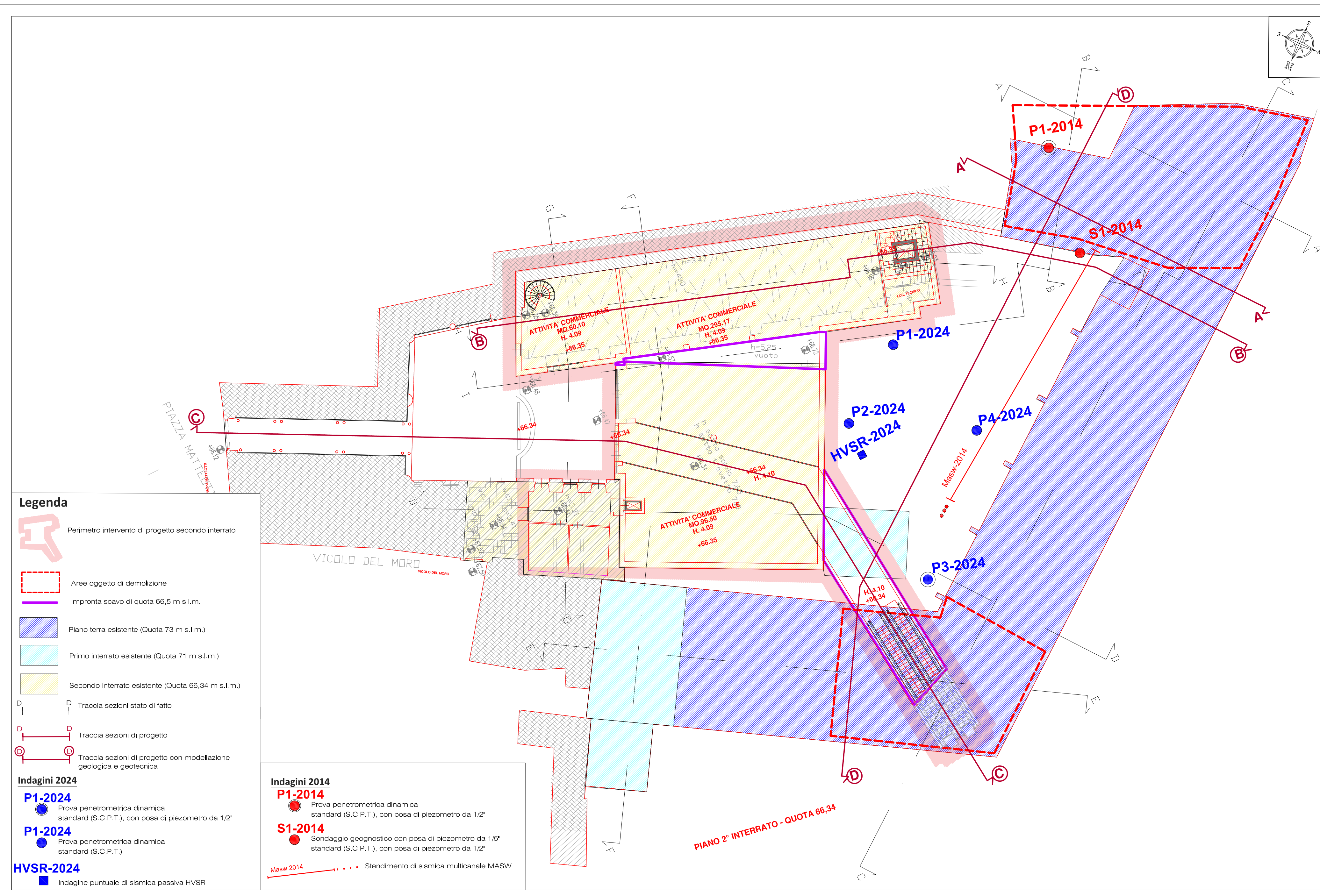
Planimetria secondo interrato con ubicazione dei punti di indagine  
e degli edifici esistenti

SCALA 1: 200

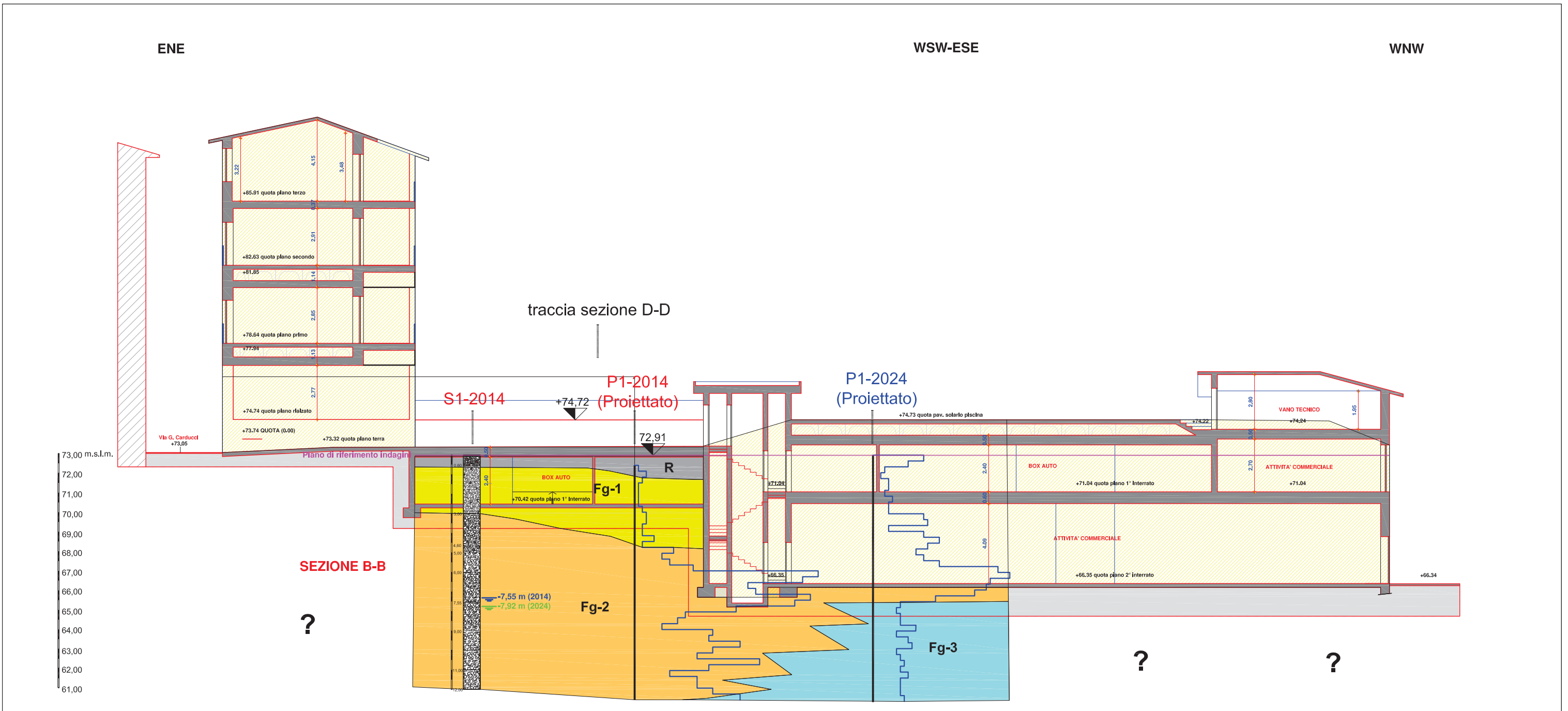
DATA	RIFERIMENTO COMMESSA:	TAVOLA
DICEMBRE 2024	2024-30R RG-RI	TAV. 3C

COMMITTENTE	I TECNICI
IMMOBILIARE CARDUCCI SRL	Dott. Geol. Rosanna Lentini



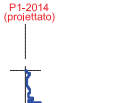

Sede Legale: Via Dugali, 34 - 25080 Padenghe sul Garda (BS) - C.F. LNTRNN69C43C351F - P. I.V.A. 01940640988  
E-mail: info@lentinosamgeoitalia.it - Sito Web: www.lentinosamgeoitalia.it  
PEC: rosannalenti@pecp.sicurezza.postale.it E-mail dedicata: amministrazione@lentinosamgeoitalia.it

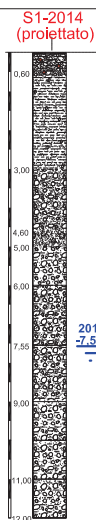


- Legenda**
- Perimetro intervento di progetto secondo interrato
  - Aree oggetto di demolizione
  - Impronta scavo di quota 66,5 m s.l.m.
  - Piano terra esistente (Quota 73 m s.l.m.)
  - Primo interrato esistente (Quota 71 m s.l.m.)
  - Secondo interrato esistente (Quota 66,34 m s.l.m.)
  - Traccia sezioni stato di fatto
  - Traccia sezioni di progetto
  - Traccia sezioni di progetto con modellazione geologica e geotecnica
- Indagini 2024**
- P1-2024**  
 Prova penetrometrica dinamica standard (S.C.P.T.), con posa di piezometro da 1/2"
  - P1-2024**  
 Prova penetrometrica dinamica standard (S.C.P.T.)
  - HVSR-2024**  
 Indagine puntuale di sismica passiva HVSR
- Indagini 2014**
- P1-2014**  
 Prova penetrometrica dinamica standard (S.C.P.T.), con posa di piezometro da 1/2"
  - S1-2014**  
 Sondaggio geognostico con posa di piezometro da 1/5" standard (S.C.P.T.), con posa di piezometro da 1/2"
  - Stendimento di sismica multicanale MASW





### Legenda





-  Edifici esistenti
-  Piano di riferimento indagini
- Indagini geognostiche 2014**
-  Prova penetrometrica dinamica standard (D.P.S.H.)
-  Livello piezometrico misurato nel 2014




### Indagini geognostiche 2024

-  Prova penetrometrica dinamica standard (D.P.S.H.)
-  Livello piezometrico misurato nel 2024

### Unità stratigrafiche e geotecniche

-  **R** **Pavimentazione/materiali di riporto/massciata di sottofondo - Unità geotecnica R**
-  **Fg-1** **Depositi Fluvioglaciali fini (Unità geotecnica Fg-1) (Nspt caratteristico 3-8)**
-  **Fg-2** **Depositi Fluvioglaciali grossolani (Unità geotecnica Fg-2) (Nspt caratteristico 21-50)**
-  **Fg-3** **Depositi Fluvioglaciali fini (Unità geotecnica Fg-3) (Nspt caratteristico 10-16)**

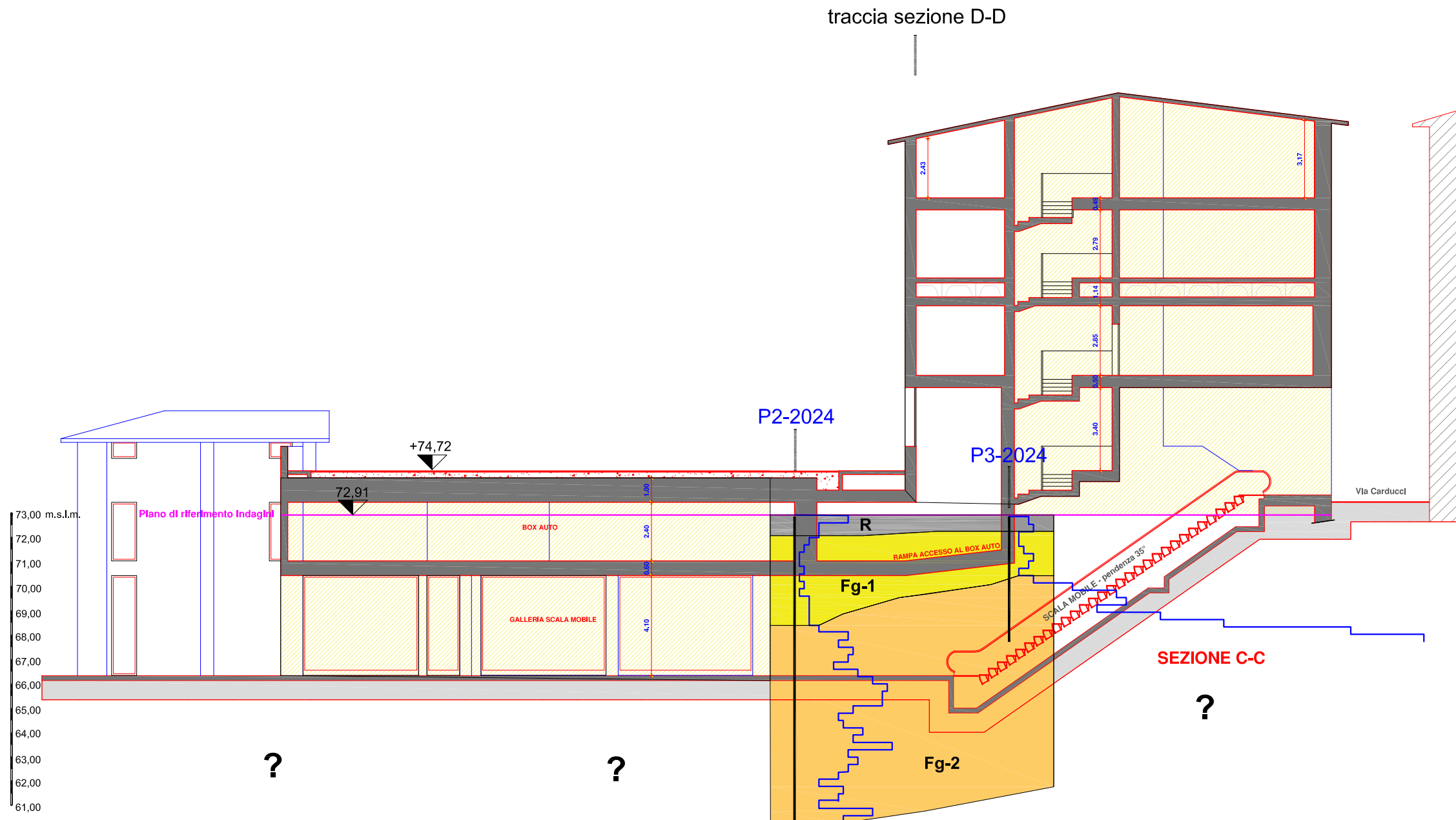
 Aree non indagabili

TAV. 4B SEZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA SCHEMATICA -SEZIONE C-C DI PROGETTO  
 Scala 1:200





ENE

WSW-SE

NW

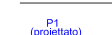




**Legenda**


-  Edifici esistenti
-  Piano di riferimento indagini
- Indagini geognostiche 2014**
-  Prova penetrometrica dinamica standard (D.P.S.H.)
-  Livello piezometrico misurato nel 2014



**Indagini geognostiche 2024**

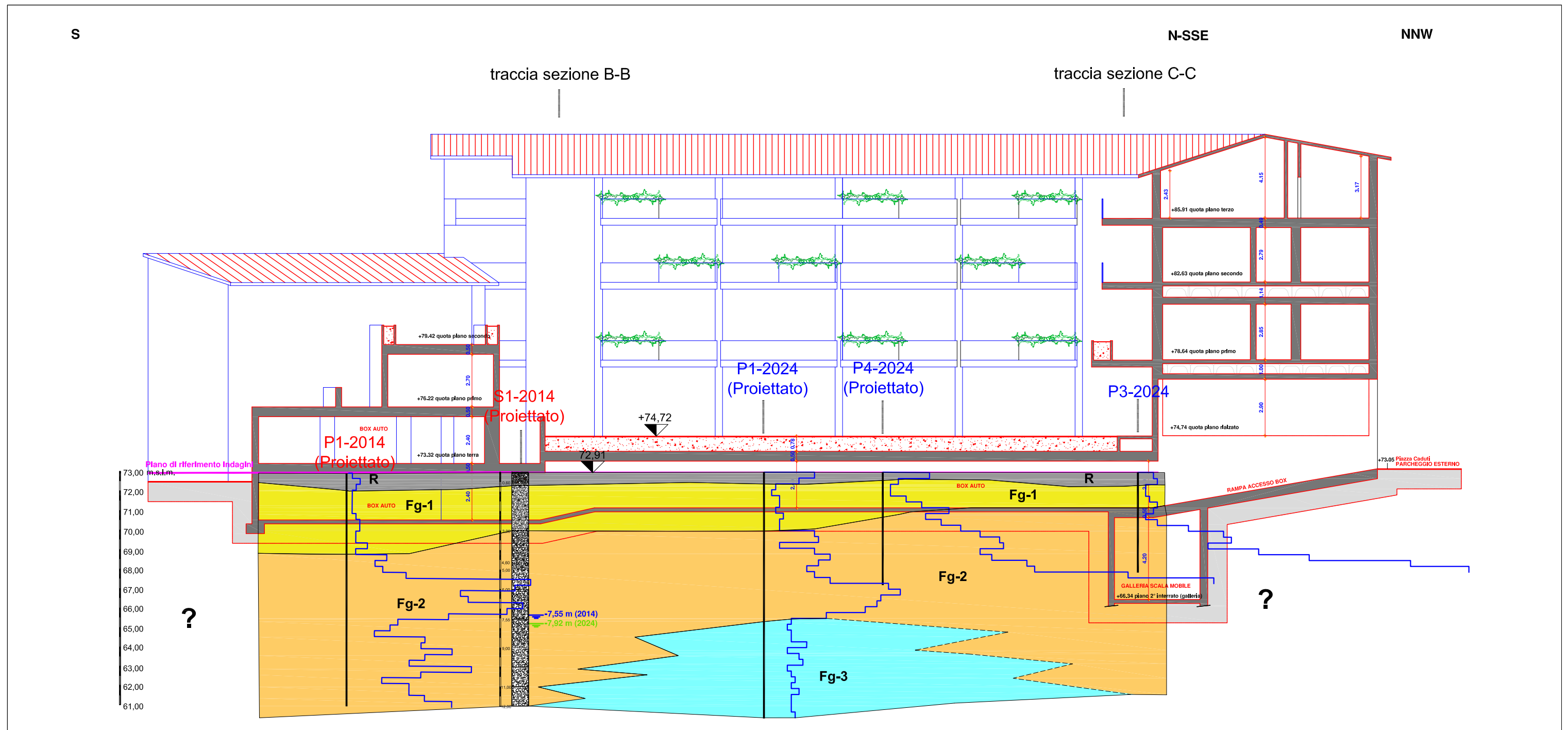
-  P1 (proiettato)
-  Prova penetrometrica dinamica standard (D.P.S.H.)
-  Livello piezometrico misurato nel 2024

**Unità stratigrafiche e geotecniche**






-  **R** **Pavimentazione/materiali di riporto/massicciata di sottofondo - Unità geotecnica R**
-  **Fg-1** **Depositi Fluvioglaciali fini (Unità geotecnica Fg-1) (Nspt caratteristico 3-8)**
-  **Fg-2** **Depositi Fluvioglaciali grossolani (Unità geotecnica Fg-2) (Nspt caratteristico 21-50)**
-  **Fg-3** **Depositi Fluvioglaciali fini (Unità geotecnica Fg-3) (Nspt caratteristico 10-16)**

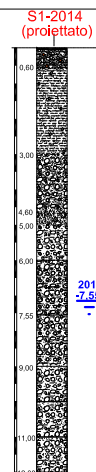
? Aree non indagabili

TAV.4C SEZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA SCHEMATICA- SEZIONE D-D DI PROGETTO  
 Scala 1:200


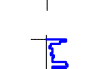


**Legenda**


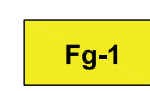
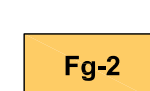
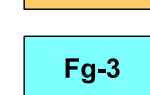
-  Edifici esistenti
-  Piano di riferimento indagini
-  Indagini geognostiche 2014
-  Prova penetrometrica dinamica standard (D.P.S.H.)
-  Livello piezometrico misurato nel 2014



**Indagini geognostiche 2024**

-  Prova penetrometrica dinamica standard (D.P.S.H.)
-  Livello piezometrico misurato nel 2024

**Unità stratigrafiche e geotecniche**

-  **R** **Pavimentazione/materiali di riporto/massicciata di sottofondo - Unità geotecnica R**
-  **Fg-1** **Depositi Fluvioglaciali fini (Unità geotecnica Fg-1) (Nspt caratteristico 3-8)**
-  **Fg-2** **Depositi Fluvioglaciali grossolani (Unità geotecnica Fg-2) (Nspt caratteristico 21-50)**
-  **Fg-3** **Depositi Fluvioglaciali fini (Unità geotecnica Fg-3) (Nspt caratteristico 10-16)**

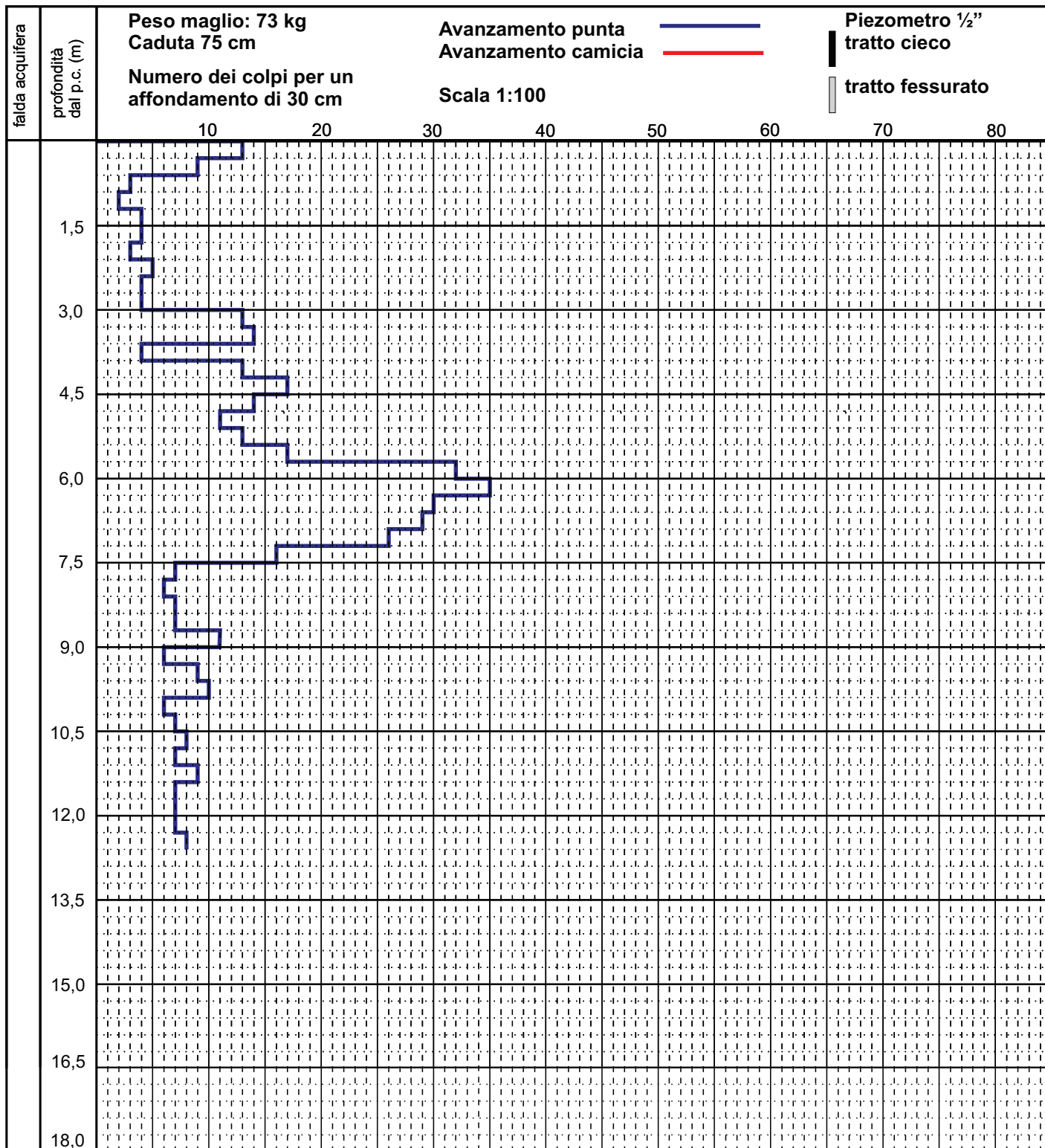
? Aree non indagabili

**PROVA PENETROMETRICA (SCPT) n° P1-2024**  
**Località: Via Carducci - Desenzano d/G (BS)**

**Data: 14/10/2024**  
**Quota inizio: 72,91 m s.l.m**

**Committente: IMMOBILIARE CARDUCCI SRL**

**Commessa: 2024 30 RG RI**



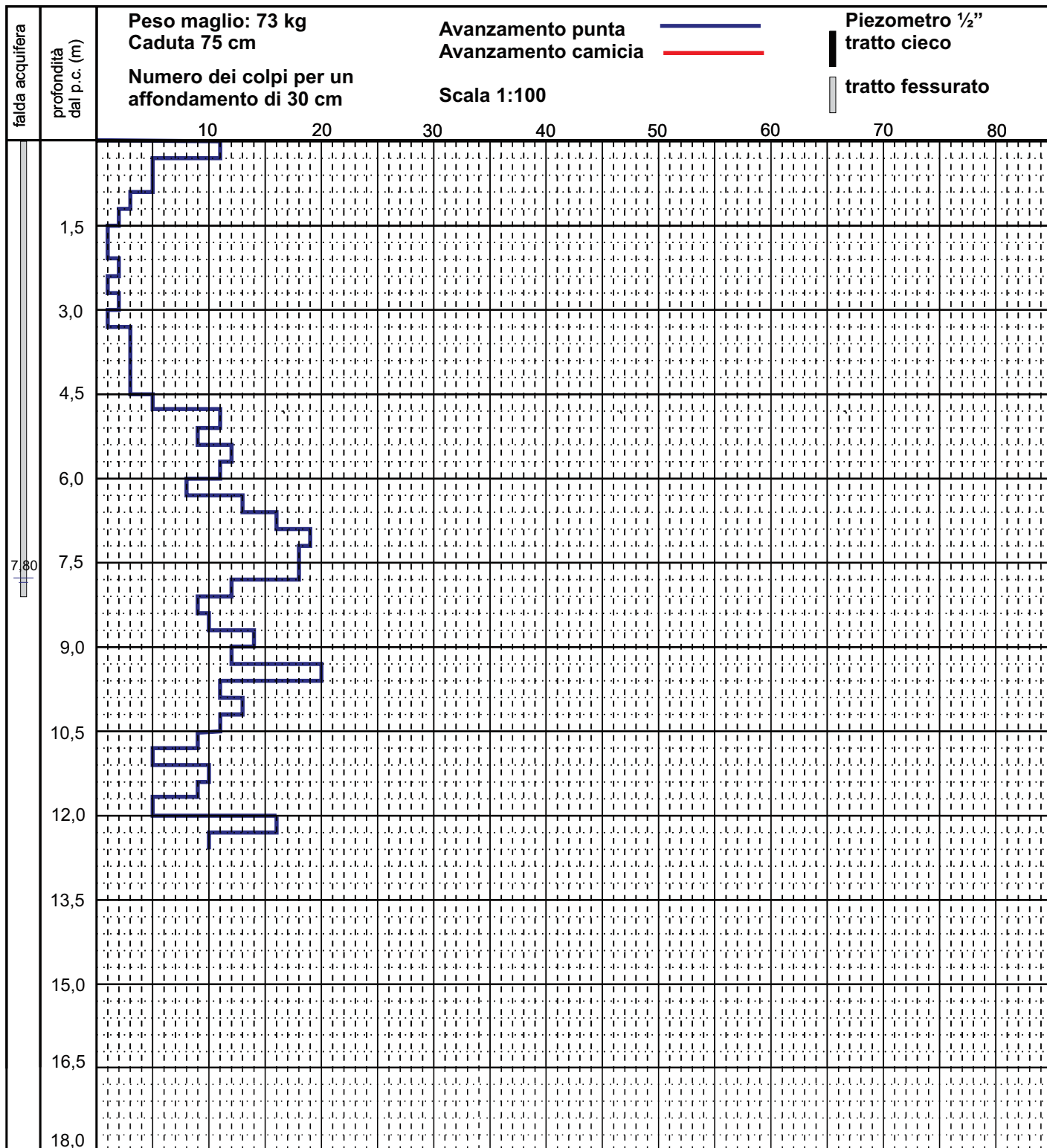
Nota: foro richiuso a -0,50 m da p.c..

**PROVA PENETROMETRICA (SCPT) n° P2-2024**  
**Località: Via Carducci - Desenzano d/G (BS)**

**Data: 14/10/2024**  
**Quota inizio: 72,91 m s.l.m.**

**Committente: IMMOBILIARE CARDUCCI SRL**

**Commessa: 2024 30 RG RI**



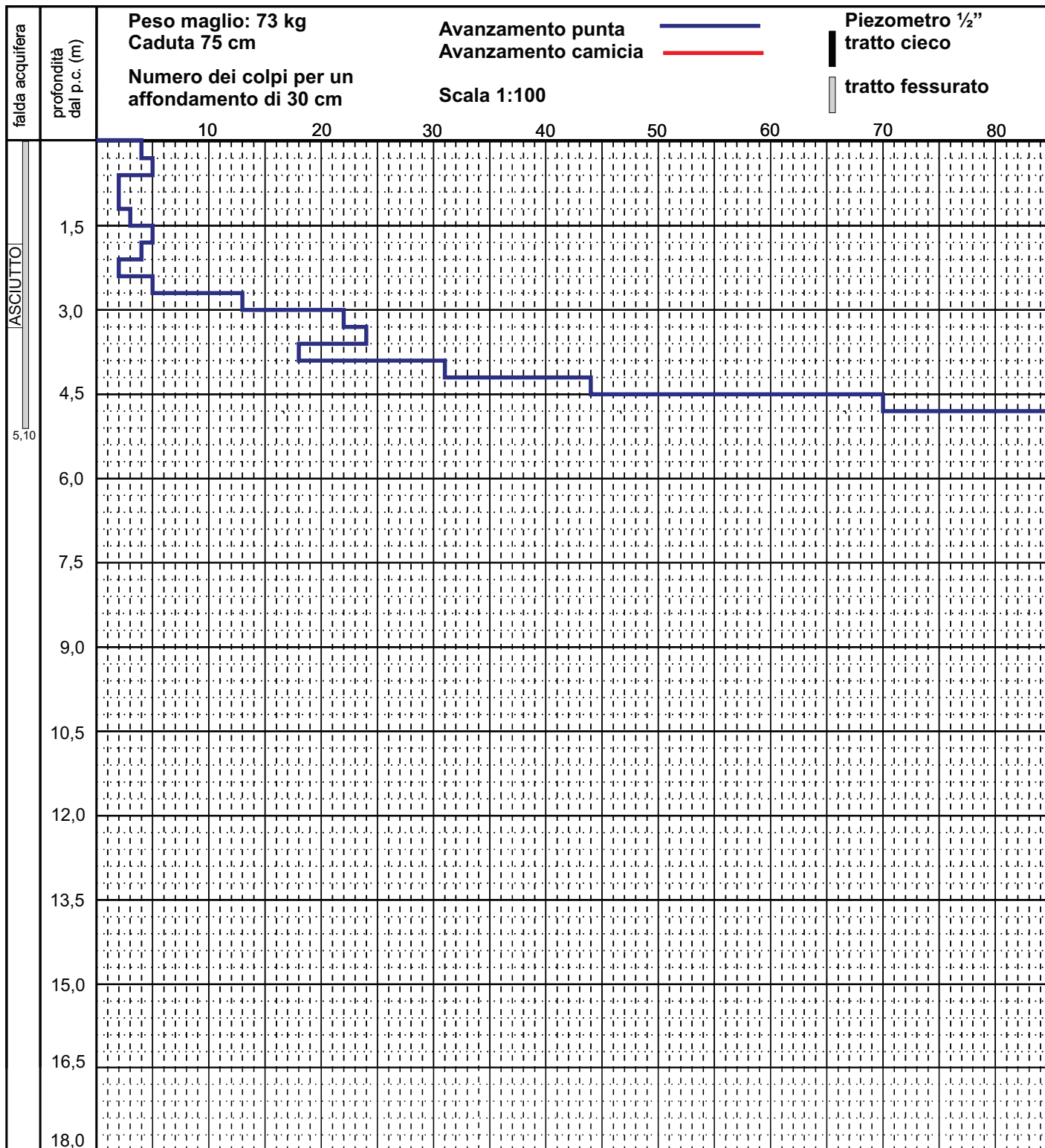
Nota: Posa di piezometro da 1/2" e successivamente rimosso.

**PROVA PENETROMETRICA (SCPT) n° P3-2024**  
**Località: Via Carducci - Desenzano d/G (BS)**

**Data: 14/10/2024**  
**Quota inizio: 72,91 m s.l.m.**

**Committente: IMMOBILIARE CARDUCCI SRL**

**Commessa: 2024 30RG RI**



Nota: posa di piezometro da ½” successivamente rimosso

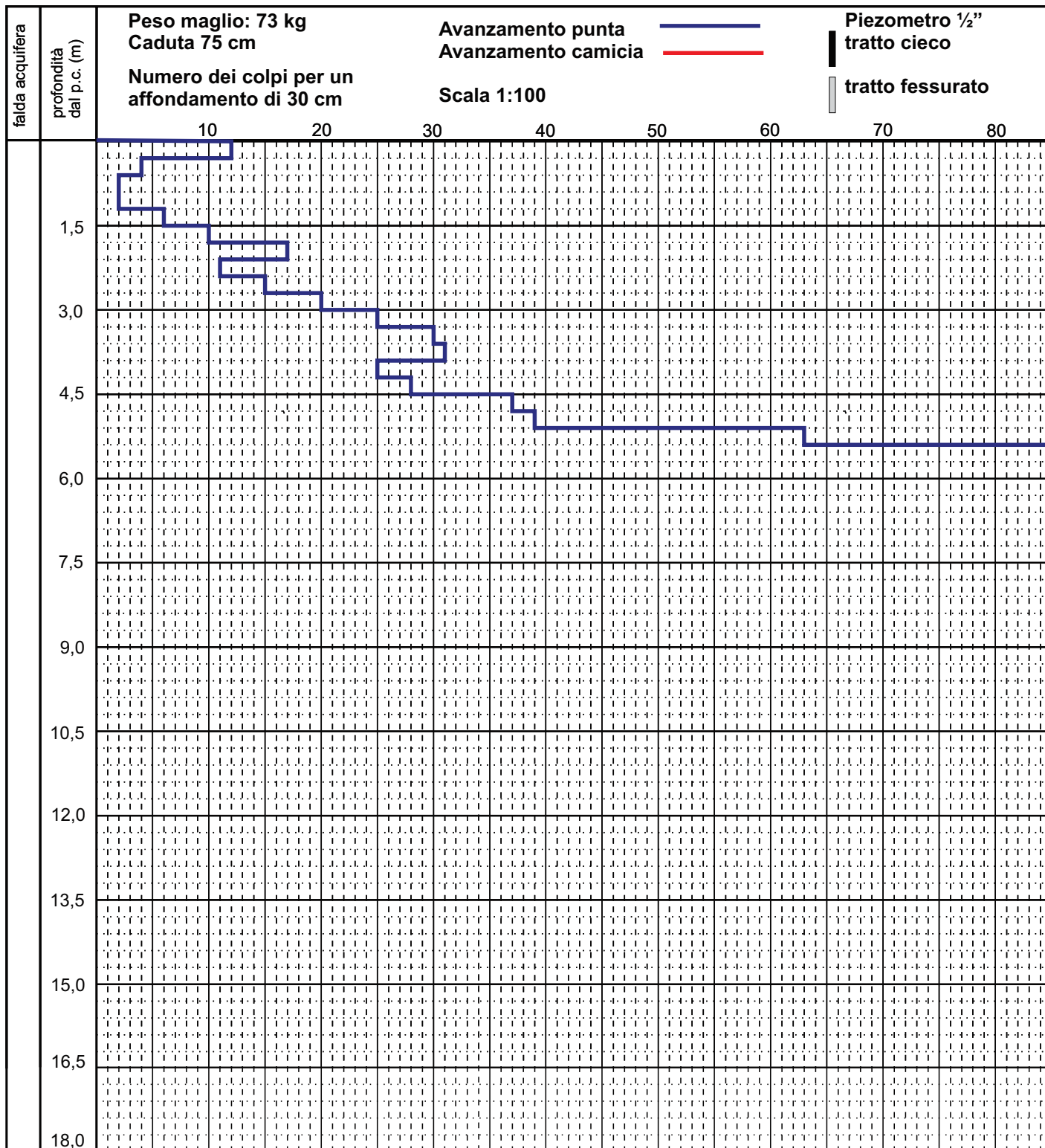


**PROVA PENETROMETRICA (SCPT) n° P4-2024**  
**Località: Via Carducci - Desenzano d/G (BS)**

**Data: 14/10/2024**  
**Quota inizio: 72,91 m. s.l.m.**

**Committente: IMMOBILIARE CARDUCCI SRL**

**Commessa: 2024 30RG RI**



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



**PROVA P1-2024**



**PROVA P2-2024**



**PROVA P3-2024**



**PROVA P4-2024**



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

**E-mail:** [info@lentinirosannageologia.it](mailto:info@lentinirosannageologia.it) - **Sito Web:** [www.lentinirosannageologia.it](http://www.lentinirosannageologia.it)

**E-mail dedicate:** [amministrazione@lentinirosannageologia.it](mailto:amministrazione@lentinirosannageologia.it) - [ufficiotecnico@lentinirosannageologia.it](mailto:ufficiotecnico@lentinirosannageologia.it)

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



*Studio preliminare di ristrutturazione edificio “EX –  
I.P.C.” in Via Giosuè Carducci (Mapp.le 426 Fg.11)*

*(Dott. Geol. R. Lentini - Novembre 2014)*



PROVA PENETROMETRICA (SCPT) n° P1

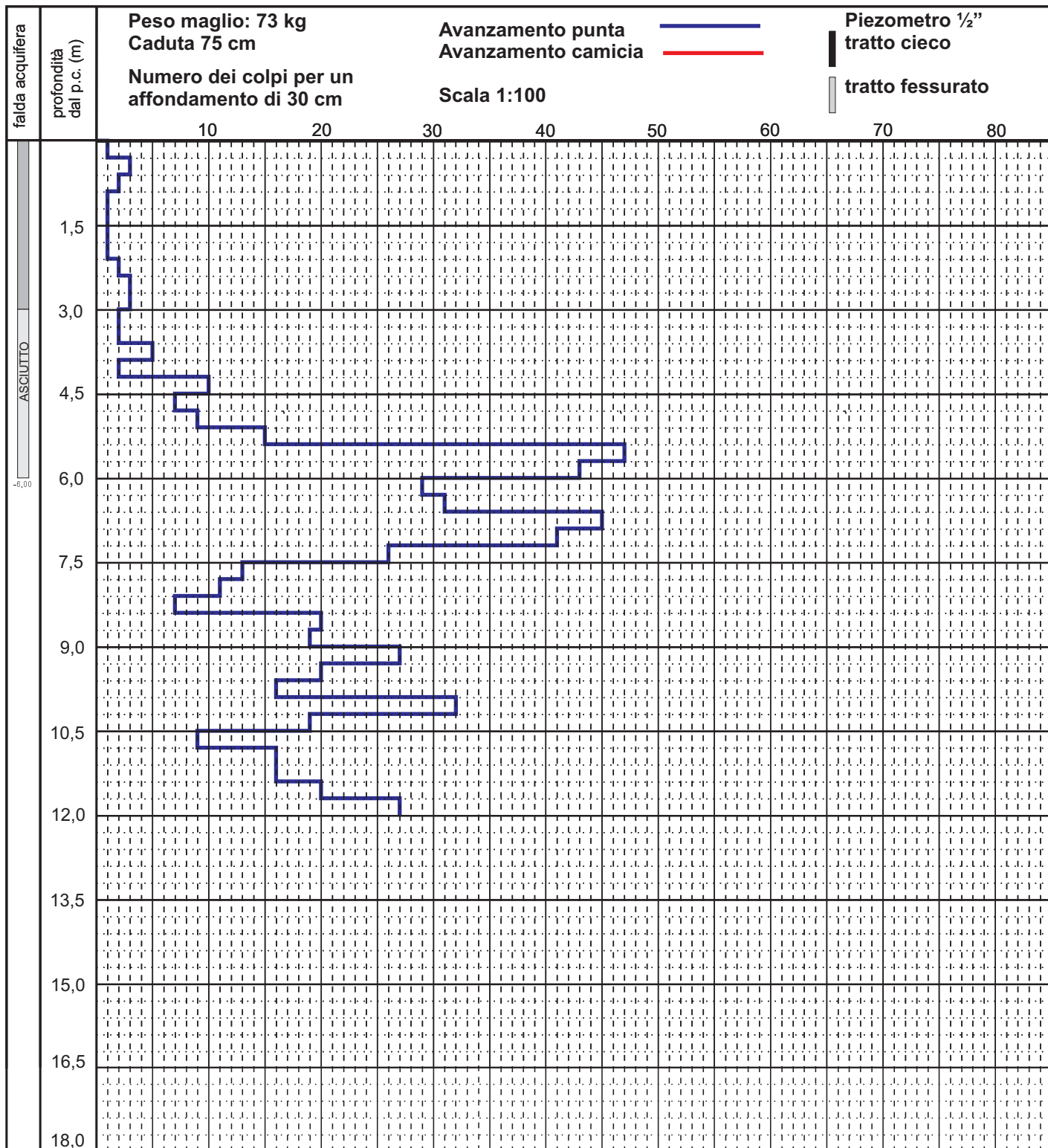
Data: 31/10/2014

Località: Via G. Carducci, 9 - Desenzano d/G (BS)

Quota inizio da Ril. Top.: +72,40 m s.l.m.m.

Committente: Comune di Desenzano d/G

Commessa: 2014 102R RG



Nota: Rilevata umidità a circa -1,80 m dal p.c.. Installazione di piezometro da 1/2".

Località: Via G. Carducci - Desenzano d/G (BS)

DATA **31/10/2014**

Committente: Comune di Desenzano d/G

SONDAGGIO **S1**

Compilatore: Dott. Geol. R. Lentini

QUOTA TESTA POZZO  
COME DA RIL. TOP. **+72,57 m s.l.m.m.**

Sonda: Beretta T41

RIF. COMM. **2014 102R RG**





Piezometro fessurato	Piezometro cieco	Ghiaietto	Cemento Bentonite	Compactonite	Sabbia	Carotiere diam: 131 mm	Quota raggiunta: 12,0 m da p.c.
						Rivestimento diam: 152 mm	Quota raggiunta: 12,0 m da p.c.

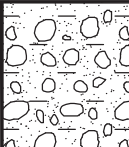
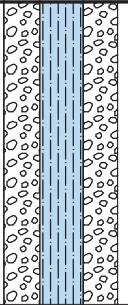
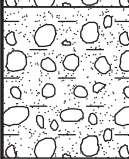
Campionamento di terreno per analisi chimiche	Campionamento volatili	Campionamento di terreno per analisi granulometriche	Campionamento di terreno per la ricerca di FOC	Soggiacenza	-7,55 m da testa pozzo		
				Data e ora lettura	03/11/2014 9:00		

Profondità m da p.c.	Stratigrafia	Campioni profondità m da p.c.	DESCRIZIONE LITOLOGICA	Vane Test (kg/cmq)	Poket Penetrometer (kg/cmq)	Profondità m da p.c.	SPT	Piezometro Ø = 1,5" attrezzato con fungo di ispezione	Falda
0,60		S1-C1 A/B 0,00 0,60	<b>MATERIALE DI RIPORTO</b> Pavimentazione in asfalto (4 cm) e materiale di riporto con bitume e frammenti di laterizi e sabbia ghiaiosa debolmente limosa, di colore grigio scuro-nerastro, asciutta.						
1,00		S1-C2 A/B 1,00 2,00	<b>TERRENO NATURALE</b> Limo sabbioso argilloso con rari ciottoli e trovanti, molto umido fino a circa -1,00 m dal p.c. e quindi da molto umido a bagnato, di colore marrone, poco addensato.			1,50	4 2 1		
2,00		S1-C3 A/B 2,00 3,00	Sabbia e ghiaia debolmente limosa con ciottoli subarrotondati, da asciutta a debolmente umida, di colore marrone-grigio, addensata.			3,00	22 26 38		
3,00			Sabbia ghiaiosa, debolmente umida, di colore marrone-grigio, addensata.			4,50	18 23 29		
4,60			Ghiaia con sabbia debolmente limosa con ciottoli subarrotondati, debolmente umida, di colore grigio-beige, addensata.			6,00	25 29 36		
5,00			Ghiaia debolmente limoso sabbiosa o con sabbia con ciottoli subarrotondati, da debolmente umida ad umida, di colore grigio, addensata.			7,55			
6,00			Ghiaia debolmente limoso sabbiosa o con sabbia con ciottoli subarrotondati, bagnata, di colore grigio, addensata.			9,00			
7,55			Ghiaia sabbiosa debolmente limosa con ciottoli e blocchi, bagnata, di colore grigio, addensata.						
9,00									

Località: Via G. Carducci - Desenzano d/G (BS)	DATA	31/10/2014
Committente: Comune di Desenzano d/G	SONDAGGIO	S1
Compilatore: Dott. Geol. R. Lentini	QUOTA TESTA POZZO COME DA RIL. TOP.	+72,57 m s.l.m.m.
Sonda: Beretta T41	RIF. COMM.	2014 102R RG

 Piezometro fessurato  Piezometro cieco	 Ghiaietto  Cemento Bentonite	 Compactonite  Sabbia	Carotiere diam: 131 mm      Quota raggiunta: 12,0 m da p.c. Rivestimento diam: 152 mm      Quota raggiunta: 12,0 m da p.c.
---	---	---	---

 Campionamento di terreno per analisi chimiche  Campionamento volatili	 Campionamento di terreno per analisi granulometriche  Campionamento di terreno per la ricerca di FOC	Soggiacenza      -7,55 m da testa pozzo		
Data e ora lettura		03/11/2014 9:00		

Profondità m da p.c.	Stratigrafia	Campioni profondità m da p.c.	DESCRIZIONE LITOLOGICA	Vane Test (kg/cmq)	Poket Penetrometer (kg/cmq)	Profondità m da p.c.	SPT	Piezometro Ø = 1,5" attrezzato con fungo di ispezione	Falda
11,00			Ghiaia sabbiosa debolmente limosa con ciottoli e blocchi, bagnata, di colore grigio, addensata.						
12,00			Ghiaia e sabbia limosa con ciottoli subarrotondati, bagnata, di colore grigio, addensata.						



POSTAZIONE SONDAGGIO S1



POSTAZIONE PROVA P1



CASSA 1 (0,00 m - 3,00 m)



CASSA 2 (3,00 m - 6,00 m)





CASSA 3 (6,00 m - 9,00 m)



CASSA 4 (9,00 m - 12,00 m)



LINEA SISMICA MASW



LINEA SISMICA MASW

Committente: Comune di Desenzano d/G

Località: Via G. Carducci - Desenzano d/G

Descrizione: Verifica SLV

Note:

Sigla:

**Stima del rischio di liquefazione con il metodo di Seed e Idriss (1982)**

Profondità (m)	Nspt	Gamma (t/mc)	d50 (mm)	Sforzo indotto dal sisma T(kg/cmq)	Resistenza alla liquefazione R(kg/cmq)	Coefficiente di sicurezza alla liquefazione Fs
0,9	2	1	1,825	0,185	0,051	10
4,2	3	1,7	0,010	0,176	0,136	10
7,55	16	1,8	1	0,16	0,183	10
15	16	0,8	1	0,16	0,134	3,19

Profondità tetto falda(m): 7,55

Profondità base falda(m): 15

Accelerazione sismica di progetto(g)= 0,283591 Magnitudo di riferimento= 5

**Indice di liquefazione=0,0 rischio molto basso**

Fattore di correzione della magnitudo MSF: 3,81

**Fs = MSF x R / T**

Committente: Comune di Desenzano d/G

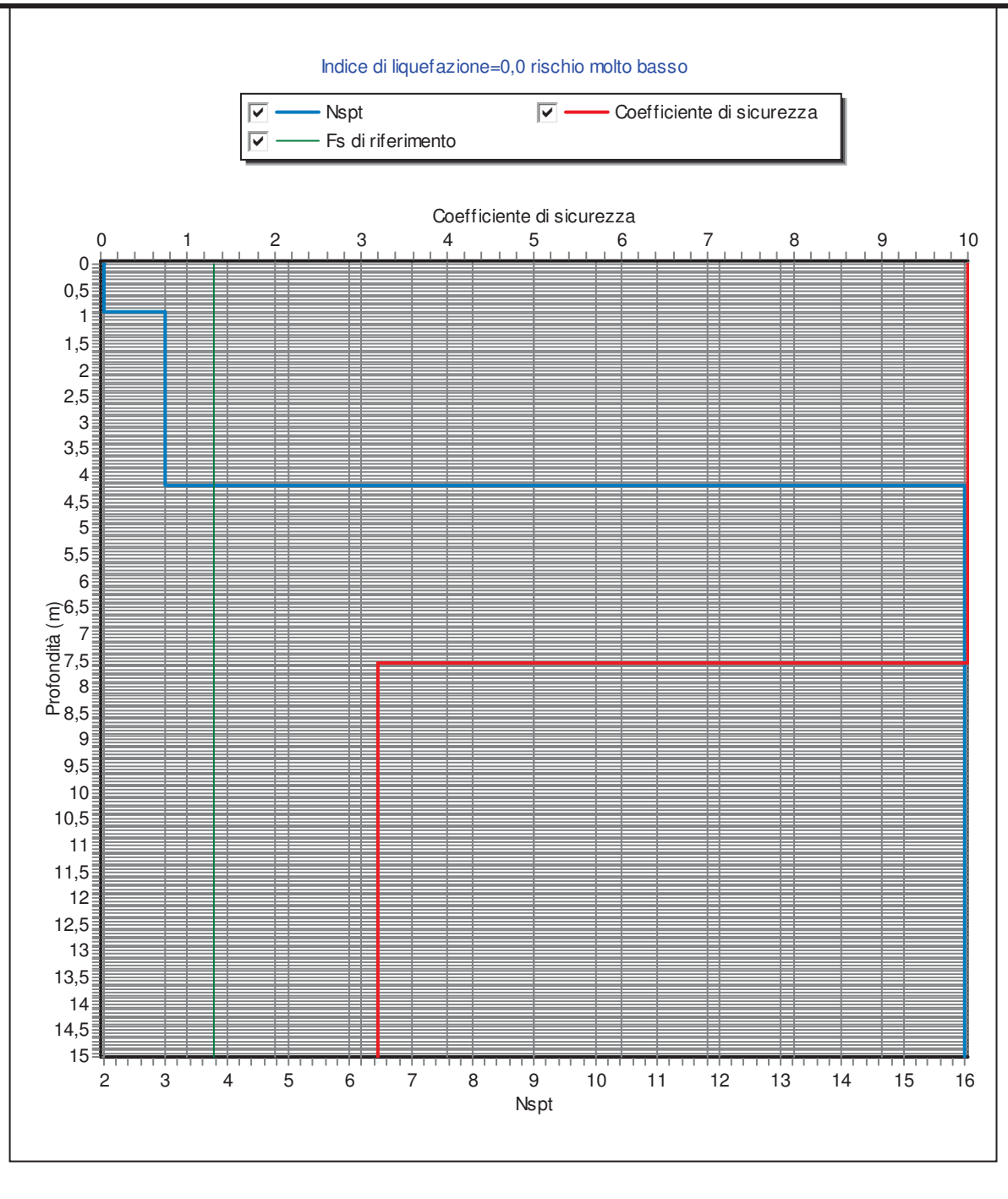
Località: Via G. Carducci - Desenzano d/G

Descrizione: Verifica SLV

Note:

Sigla:

**Stima del rischio di liquefazione con il metodo di Seed e Idriss (1982)**





## *Stratigrafie pozzi*



**Sede operativa:** Via Verdi , 9 – 25080 Padenghe sul Garda (BS) - Tel/Fax 030 9914222 - cell. 3396012311  
**E-mail:** [info@lentinosannageologia.it](mailto:info@lentinosannageologia.it) - **Sito Web:** [www.lentinosannageologia.it](http://www.lentinosannageologia.it)  
**E-mail dedicate:** [amministrazione@lentinosannageologia.it](mailto:amministrazione@lentinosannageologia.it) - [ufficiotecnico@lentinosannageologia.it](mailto:ufficiotecnico@lentinosannageologia.it)  
**Sede Legale:** Via Dugali, 34 - 25080 Padenghe sul Garda (BS) - C.F. LNTRNN69C43C351F - P. I.V.A. 01940640988

D  
47

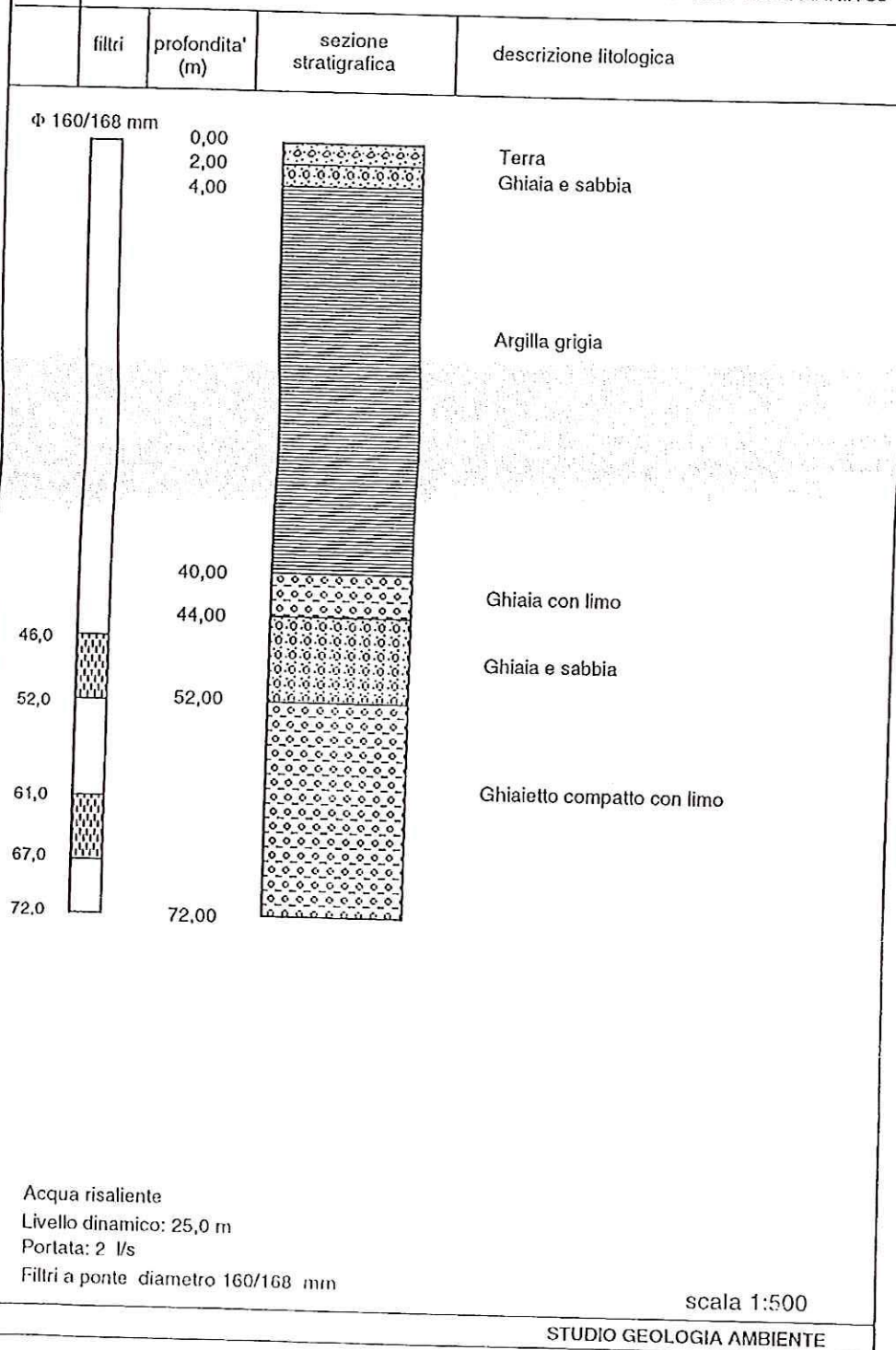
COMUNE: DESENZANO DEL GARDA

DITTA PERFORATRICE: MALTINI

PROP. : CONGREGAZIONE SUORE ORSOLINE

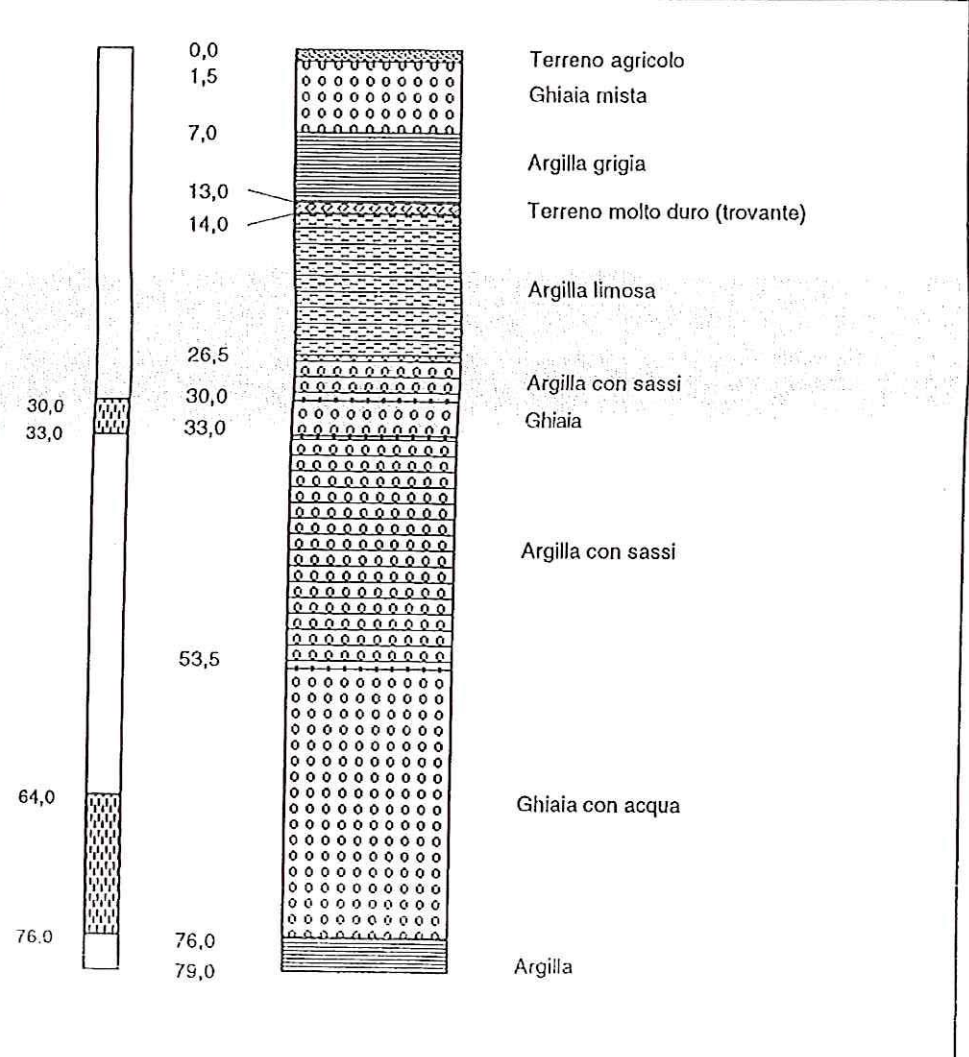
DATA: Luglio 1988

LOCALITA': VIA S. MARIA 38



**D** COMUNE: DESENZANO DEL GARDA LOCALITA': Viale dal Molin 36  
**48** PROP. : HOTEL PICCOLA VELA DITTA PERFORATRICE: TIROLESE

filtri	profondita' (m)	sezione stratigrafica	descrizione litologica
--------	-----------------	-----------------------	------------------------



Tubazione in PVC diametro 4"

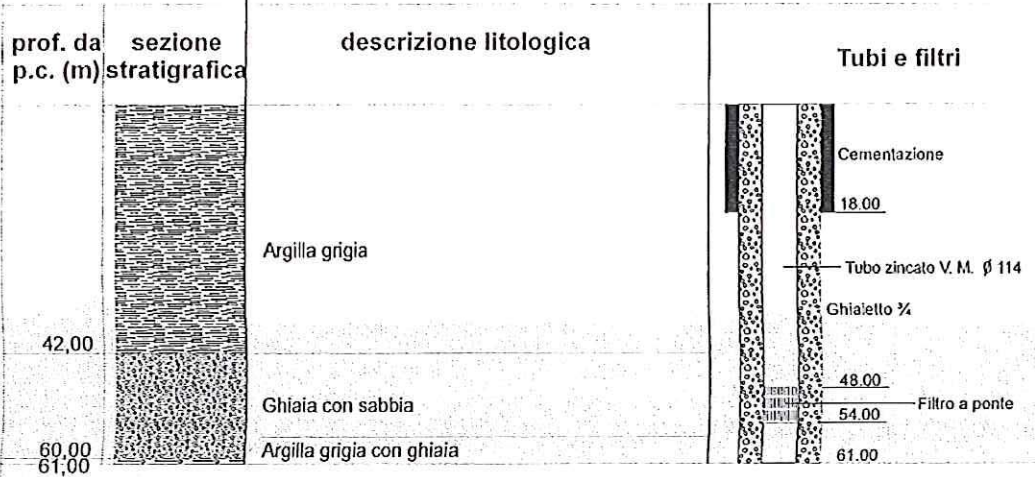
scala 1:500

STUDIO GEOLOGIA AMBIENTE

**D88**

COMUNE: Desenzano Del Garda

LOCALITÀ: Desenzano



SCALA 1:1000

STUDIO GEOLOGIA AMBIENTE