



COMUNE DI PESCHIERA BORROMEO (Provincia di Milano)

PIANO URBANISTICO ATTUATIVO

ai sensi degli artt. 12 e
14 della L.R. n°12
11/03/2005 e s.m.i.

Scala

Data

**Maggio
2017**

Aggiornamento

Allegato

D

Oggetto

Ambito di Trasformazione ATU 7 - Mezzate via Galvani

Titolo dell'elaborato

RELAZIONE GEOLOGICA

Proprietari

IMMOBILIARE MARISTELLA SRL
piazza Libertà, 23
14100 Asti (AT)
C.F./P.iva: 00218600054
Presidente: dottor Aldo Pia

Progettista

Dott. Geol. Davide Albricci
Tel.: +39 3388184407
E-mail: davide_albricci@yahoo.it
PEC: davide.albricci@epap.sicurezzapostale.it

timbro e firma

Dott. Geol. Davide Albricci

Tel.: +39 3388184407

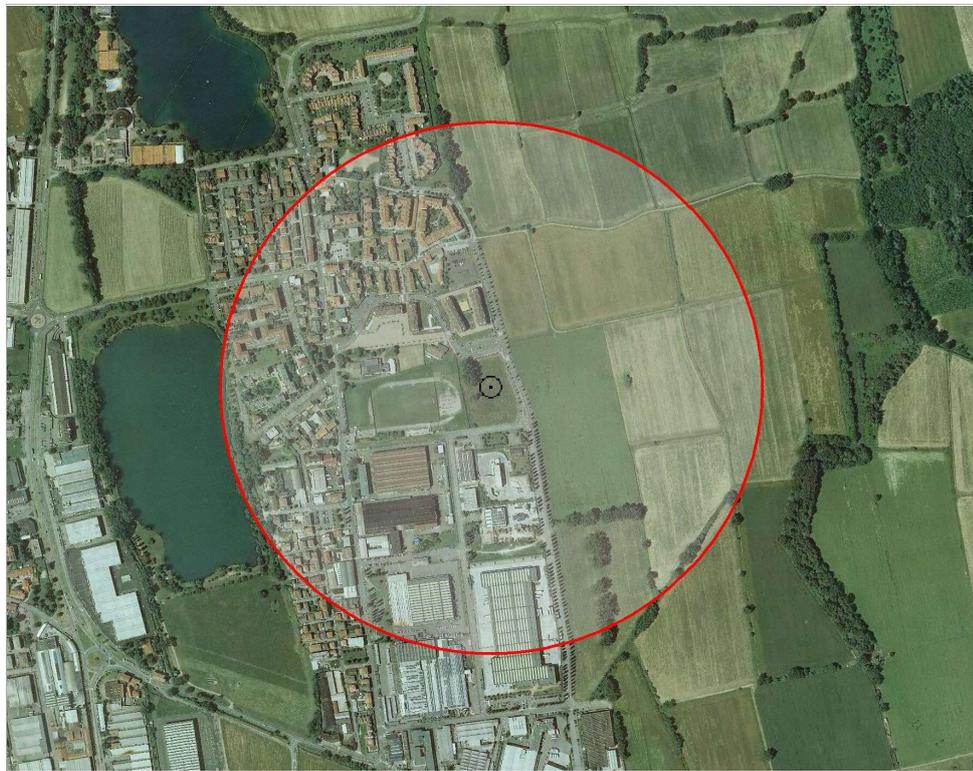
E-mail: davide_albricci@yahoo.it

PEC: davide.albricci@epap.sicurezzapostale.it

COMUNE DI PESCHIERA BORROMEO - Provincia di Milano

**PIANO URBANISTICO ATTUATIVO ai sensi degli artt. 12 e 14
della L.R. n° 12 dell'11 marzo 2005 e s.m.i. relativo all'Ambito di
Trasformazione ATU 7 - Mezzate**

RELAZIONE GEOLOGICA ai sensi D.G.R. 2616/2011 e D.M. 14/01/08



Committente:

*Estensore del Documento:
Dott. Geol. Davide Albricci*

DATA: MAGGIO 2017

CONTENUTI

1. INTRODUZIONE
 - 1.1. Premesse
 - 1.2. Quadro normativo di riferimento
 - 1.3. Vincoli, pianificazione e norme geologiche
2. QUADRO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO
 - 2.1. Modello Geologico concettuale
 - 2.2. Componente geologica e geomorfologica
 - 2.3. Componente idrografica ed idrogeologica
3. PROGRAMMA DELLE INDAGINI
 - 3.1. Prove penetrometriche dinamiche SCPT
 - 3.2. Prova MASW Vs 30 a 24 geofoni
4. ANALISI DEGLI ASPETTI SISMICI
 - 4.1. Individuazione della pericolosità del sito
 - 4.2. Valutazione dei parametri sismici sito-specifici (approccio semplificato)
 - 4.3. Calcolo degli spettri di risposta
 - 4.4. Analisi della suscettibilità a liquefazione
5. CONCLUSIONI

APPENDICI

<i>N°</i>	<i>Titolo</i>
1	Modulistica Regionale Unificata Sismica: Modulo 9 - Asseverazione

1. INTRODUZIONE

1.1. Premesse

La presente relazione, redatta in conformità a quanto previsto dall'art. 26 del D.P.R. 207/2010, costituisce l'elaborato dello studio eseguito allo scopo di definire le caratteristiche e la modellazione geologica dei terreni situati in via Galvani in località Mezzate - Comune di Peschiera Borromeo (MI), area interessata dal progetto per la costruzione di un edificio che sarà adibito a RSA - Residenza Sanitaria Assistenziale.

L'elaborato, seguendo i dettami della normativa vigente e dello stato dell'arte, è stata redatto in conformità alla D.G.R. IX/2616 del 30 novembre 2011 e al D.M. 14 gennaio 2008 (p.to 6.2.1 delle N.T.C.), nonché alla relativa Circolare esplicativa n. 617/2009.

Si sono concordemente previste quale oggetto di incarico le attività seguenti:

- ✓ sopralluoghi per la presa visione dello stato di fatto ed attività di censimento e raccolta dati;
- ✓ verifica della compatibilità dell'intervento con il quadro progettuale descritto negli elaborati forniti dal Committente, il quadro urbanistico definito dalla pianificazione comunale, il quadro geo-ambientale ricostruito in base ai dati pubblici e/o già in possesso, il quadro normativo/legislativo derivante dalle norme sia comunali (PGT) che sovraordinate;
- ✓ attività di studio ed indagine relative alle componenti geologica ed idrogeologica e definizione del Modello Geologico del sottosuolo;
- ✓ valutazione della compatibilità geologica degli interventi previsti e compilazione della dichiarazione asseverata secondo le procedure previste dalla L.R. 33/2015 e dalla D.G.R. 5001/2016 (Modulistica Regionale Unificata Sismica).

Il programma delle indagini ha previsto l'esecuzione di n. 7 prove penetrometriche dinamiche continue SCPT e di n. 1 prova sismica di superficie di tipo MASW; le indagini, svolte in ottemperanza a quanto previsto dal D.M. 14/01/08, sono state finalizzate alla definizione delle caratteristiche stratigrafiche, geotecniche e sismiche dei terreni di fondazione.

La caratterizzazione e la modellazione geotecnica dell'area sono descritte nella **Relazione Geotecnica** redatta dallo scrivente ai sensi del D.M. 14/01/08, facente parte della documentazione progettuale.

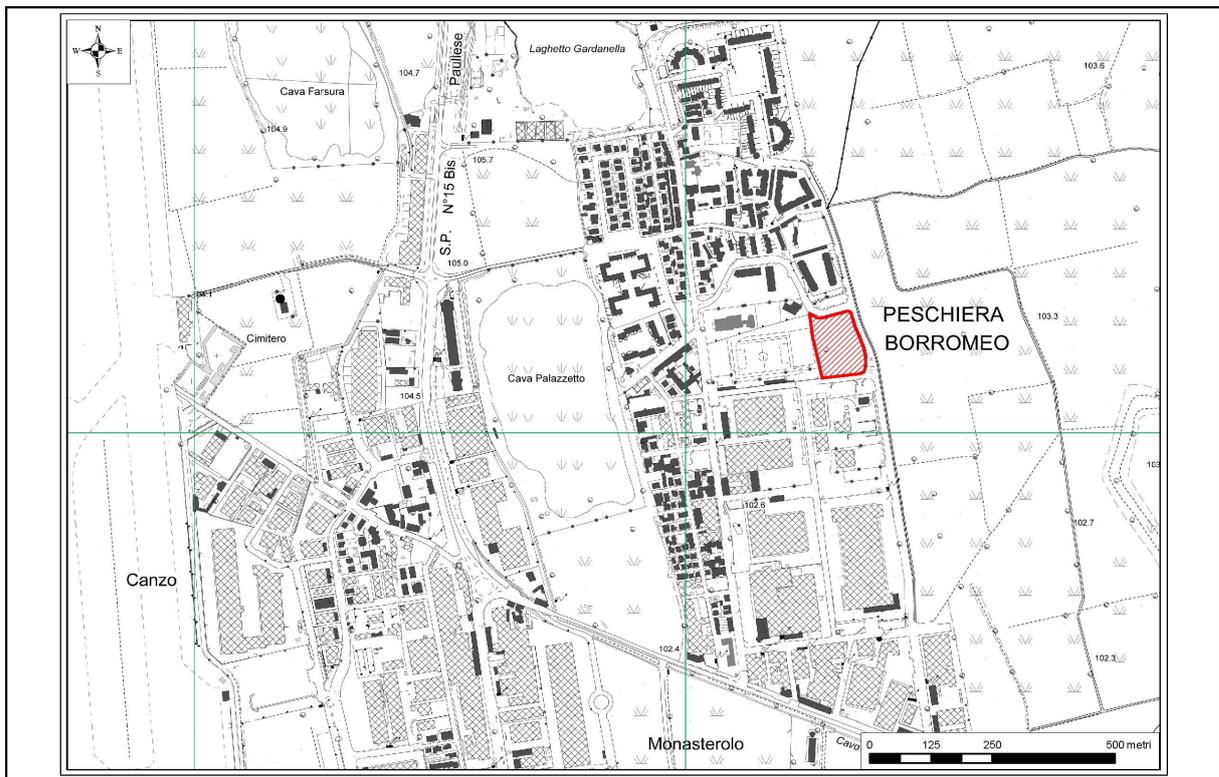
Il sito in oggetto si estende per una superficie di 11.830,00 mq e corrisponde all'Ambito di Trasformazione Urbana ATU 7, localizzato al margine est della frazione di Mezzate e confinante con il Parco Agricolo Sud Milano. Il comparto, attualmente interessato da un'area incolta e inutilizzata, rientra nel Foglio catastale 38 – mappali 273, 279 e 294, ed è posto ad un'altitudine di 103 m s.l.m.

Nei capitoli seguenti si ipotizza che l'edificio in progetto non rientri nell'elenco degli “edifici strategici e rilevanti” (D.D.U.O. n.199904 del 21.11.2003) e che lo stesso ricada in Classe d'Uso III (N.T.C. 2008, Tab. 2.4.II.).



	Perimetro ambito ATU 7	11.830 mq
Aree di uso pubblico		
	Perimetro area di uso pubblico	1.850 mq
	Verde urbano	765 mq
	Viabilità e parcheggi	813 mq
	Percorso pedonale	272 mq
Aree private		
	Edificio in progetto	3.665 mq
	Aree pedonali	1.390 mq
	Viabilità e parcheggi	300 mq
	Aree verdi	4.625 mq

Azzonamento della struttura socio-sanitaria residenziale in progetto.



Inquadramento su base CTR della Lombardia: sezione B6c3.



Foto panoramica dell'area di intervento.

1.2. Quadro normativo di riferimento

Nel D.M. 14/01/2008 “*Approvazione delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni*”, entrato in vigore a partire dal 01/07/2009, al § 6.2.1 “Modellazione geologica del sito” viene indicato che: “[...] *la caratterizzazione e la modellazione geologica del sito consiste nella ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio. In funzione del tipo di opera o di intervento e della complessità del contesto geologico, specifiche indagini saranno finalizzate alla documentata ricostruzione del modello geologico. Esso deve essere sviluppato in modo da costituire utile elemento di riferimento per il progettista per inquadrare i problemi geotecnici [...]*”.

Segue un elenco delle norme di riferimento:

- ✓ O.P.C.M. 20.03.03 n° 3274 “*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*”.
- ✓ Decreto del Capo del Dipartimento della Protezione Civile del 21 ottobre 2003 “*Disposizioni attuative dell’art. 2, commi 2, 3 e 4, dell’ordinanza del presidente del consiglio dei ministri n.3274 del 20 marzo 2003, recante primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*” (pubblicato sulla G.U. n. 252 del 29 ottobre 2003).
- ✓ D.M. 14 gennaio 2008 “*Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni*”, pubblicato sulla G.U. n. 29 del 4 febbraio 2008, Supplemento Ordinario n° 30, ed entrato in vigore il 6 marzo 2008.
- ✓ Circolare Cons. Sup. LL.PP. “*Istruzioni per l’applicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008 – bozza aggiornata al 7 marzo 2008*”.
- ✓ Circolare Cons. Sup. LL.PP. n° 617/2009 “*Istruzioni per l’applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008*”.
- ✓ Eurocodice 7 “*Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali*”.
- ✓ Eurocodice 8 “*Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici*”.
- ✓ D.G.R. 30 novembre 2011, n° IX/2616 “*Aggiornamento dei Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell’art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n. 12, approvati con D.G.R. 22 dicembre 2005, n. 8/1566 e successivamente modificati con D.G.R. 28 maggio 2008, n. 8/7374*”.
- ✓ D.G.R. 2129/2014 “*Classificazione sismica regionale*”;
- ✓ L.R. 33/2015 “*Disposizioni in materia di costruzioni in zona sismica*”;
- ✓ D.G.R. 30 marzo 2016, n° X/5001 “*Approvazione delle linee di indirizzo e coordinamento per l’esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica (artt. 3, comma 1, e 13, comma 1, della l.r. 33/2015)*”.

1.3. Vincoli, pianificazione e norme geologiche

In relazione agli aspetti urbanistici, si è fatto riferimento alle norme e alle prescrizioni fornite dalla L.R. 12/05, art. 57 “*Componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio*” e dalle relative Delibere attuative, nonché da quanto prescritto per il territorio comunale nell’ambito della normativa di attuazione.

Con D.C.C. n. 43 del 26/07/2012 il Comune di Peschiera Borromeo ha approvato il Piano di Governo del Territorio; successivamente, con Deliberazione Commissariale n. 16 del 22/12/2015, sono stati recepiti e ratificati il Piano di Rischio Aereo e gli errori materiali degli atti del PGT, e con la pubblicazione sul B.U.R.L. n. 21 del 25/05/2016 gli atti sono diventati efficaci a tutti gli effetti di legge.

L’area d’intervento risulta classificata nella **Classe di fattibilità geologica 3** con consistenti limitazioni all’edificabilità, per problematiche di pericolosità legate sia all’assetto idrogeologico, per elevata vulnerabilità e bassa soggiacenza della falda, sia ad aspetti geotecnici di disomogeneità tessiturali dei litotipi presenti, sia per aspetti legati alla dinamica delle acque superficiali (vulnerabilità idraulica per eventi alluvionali del novembre 1947 e 1951 al di fuori delle Fasce della Variante al PAI del F. Lambro).

La carta di fattibilità geologica viene desunta dalla carta dei vincoli - che individua le limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative in vigore di contenuto geologico - e dalla carta di sintesi - che propone una zonazione del territorio in funzione dello stato di pericolosità geologico-geotecnica e della vulnerabilità idraulica ed idrogeologica - attribuendo un valore di classe di fattibilità a ciascun poligono.

Per l'area in oggetto si evidenziano, in particolare, gli aspetti seguenti:

✓ **ELEVATA VULNERABILITÀ DELL'ACQUIFERO SFRUTTATO AD USO IDROPOTABILE E/O DEL PRIMO ACQUIFERO E BASSA SOGGIACENZA DELLA FALDA O CON PRESENZA DI FALDE SOSPENSE**

In tali aree è ammissibile qualunque opera edificatoria; ogni intervento sull'esistente e ogni nuova opera deve assicurare e garantire il mantenimento e/o il miglioramento delle caratteristiche fisico chimiche delle acque della falda superficiale e, qualora possa essere interessata, anche di quella profonda. Sarà necessario produrre un'apposita relazione geologica e idrogeologica, supportata da indagini e prove geognostiche specifiche, che accerti la compatibilità dell'intervento con lo stato di vulnerabilità del territorio e fornisca apposite prescrizioni sulle modalità di attuazione degli interventi stessi. In quest'ottica tutte le situazioni nuove o pregresse che costituiscono centro di pericolo per la falda devono essere messe in sicurezza attraverso l'allontanamento, dove possibile, del centro di pericolo o l'approntamento di tutte le procedure per la messa in sicurezza del sito, secondo le indicazioni individuate dalle normative vigenti. Per ogni nuovo intervento dovrà essere confrontata la profondità massima raggiunta da scavi e opere con la soggiacenza minima della falda e con il trend di evoluzione della stessa in un arco di tempo sufficientemente lungo. Nel caso sia verificata l'interazione tra l'opera e la falda, l'opera in progetto dovrà garantire, attraverso specifiche indicazioni progettuali, la tutela della falda da ogni rischio di contaminazione sia durante la fase costruttiva dell'opera, sia successivamente. In tali settori gli interventi dovranno essere preventivamente valutati previa analisi puntuale ed areale della proposta, in riferimento alle situazioni di rischio presenti. In particolare dovrà essere valutata la possibile interferenza tra le opere fondazionali e la falda idrica sotterranea. La realizzazione di piani interrati impostati ad una quota inferiore a

quella piezometrica (considerando un intervallo di oscillazione adeguato) dovrà essere supportata da un'ideale progettazione dei sistemi di impermeabilizzazione, drenaggio ed allontanamento delle acque. È richiesta una valutazione di stabilità dei fronti di scavo. Nel caso sia impossibile il collettamento delle acque reflue e meteoriche in apposita rete comunale le proposte alternative dovranno contenere una valutazione e un dimensionamento delle soluzioni tecniche adottate, con particolare riferimento alle interferenze con il regime idrogeologico.

✓ **CONSISTENTI DISOMOGENEITÀ TESSITURALI VERTICALI E LATERALI**

In generale l'edificazione deve essere subordinata all'esecuzione di indagini geognostiche e/o geotecniche previste dalla normativa vigente (D.M. 14/01/2008) finalizzate alla verifica, nel dettaglio del singolo lotto edificatorio, di compatibilità geologica, geomorfologia, geotecnica e idrogeologica del progetto, in particolare con: ricostruzione della stratigrafia del sottosuolo a mezzo di indagini spinte fino alla profondità massima raggiungibile dai carichi previsti e per un intorno significativo; caratterizzazione, mediante indagini e prove geognostiche puntuali e/o di laboratorio, estese ad un intorno significativo, della meccanica dei terreni di fondazione e definizione dell'interazione strutture-terreno; analisi degli scavi relativamente alla stabilità a breve e lungo termine, con verifica delle possibili interazioni areali; valutazione degli effetti della proposta sulla sicurezza locale di eventuali strutture-infrastrutture pubbliche e private.

✓ **VULNERABILITÀ DAL PUNTO DI VISTA IDRAULICO PER EVENTI ALLUVIONALI DEL NOVEMBRE 1947 E 1951 AL DI FUORI DELLE FASCE DELLA VARIANTE AL PAI DEL FIUME LAMBRO**

La nuova edificazione è consentita e subordinata alla predisposizione di uno specifico studio di compatibilità idrogeologica che evidenzia le modalità proposte per la mitigazione del rischio residuo.

Alle tutele di cui sopra si aggiungono i rispetti e vincoli dettati dalla presenza dell'aeroporto e la fascia di rispetto relativa al tratto di canale tombinato della **Roggia Vitaliana**, ubicato nella porzione ovest dell'area. Per esso deve essere applicata la fascia di servitù idraulica prevista in 10 m quale valore di vincolo assoluto di inedificabilità, che il R.D. 523/1904 istituisce anche per i corsi d'acqua confinati in sotterraneo mediante tombinatura (la finalità del divieto di edificazione non è solo quella di assicurare la possibilità di sfruttamento delle acque demaniali ed il loro libero deflusso, ma anche quella di consentire uno spazio di manovra nel caso di manutenzione delle condutture). In particolare, l'art. 96 del R.D. 523/1904 stabilisce che “*sono vietate le piantagioni di alberi e siepi, le fabbriche, gli scavi e lo smovimento del terreno a distanza minore di quella stabilita dalle discipline vigenti nelle diverse località, ed in mancanza di tali discipline, a distanza minore di metri quattro per le piantagioni e smovimento del terreno e di metri dieci per le fabbriche e per gli scavi*”. Tali distanze sono derogabili solo se previsto da discipline locali, come le norme urbanistiche vigenti a livello comunale; le deroghe alle fasce di rispetto hanno effetto solo se lo Studio del Reticolo Idrico Minore e il relativo Regolamento vengono recepiti all'interno dello strumento urbanistico, previo parere obbligatorio e vincolante della Regione Lombardia. Non risultano invece autorizzabili, anche in sanatoria, costruzioni realizzate entro le fasce di 10 metri, in assenza di previsioni urbanistiche che motivatamente lo consentano.

Sull'area di intervento non gravano limitazioni particolari quali ad es. vincoli PAI, vincoli geo-ambientali o presenza di aree S.I.C. o Z.P.S. Il rischio frane non è stato preso in considerazione, trattandosi di ambito pianeggiante con assenza di rilievi prossimi. L'area non risulta compresa all'interno di alcuna fascia di rispetto (200 m di raggio) delle captazioni comunali ad uso idropotabile.

Per quanto riguarda la componente sismica, il Comune di Peschiera Borromeo, secondo la classificazione dei comuni lombardi di cui alla D.G.R. 11 luglio 2014, n. 2129 “*Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (L.R. 1/2000, art.3, c. 108, lett. d)*”, entrata in vigore il 10 aprile 2016 (v. D.G.R. 8 ottobre 2015, n. X/4144), ricade in **Zona sismica 3**, con $0,05 < a_g < 0,15$, ove possono verificarsi forti terremoti ma rari (per l’area in esame è previsto un sisma con valore di magnitudo massima dedotta pari a $M_{w_{max}} = 6$).

L’area di intervento è classificata all’interno dello scenario di **Pericolosità Sismica Locale Z2b**, con depositi granulari fini saturi e possibili effetti di liquefazione (v. D.G.R. 30 novembre 2011, n. IX/2616, Allegato 5): nelle zone PSL Z2, in fase progettuale, non è prevista l’applicazione degli studi di 2° livello ma il passaggio diretto a quelli di 3° livello.



Stralcio della Carta di Sintesi (v. Legenda alla pag. seguente).

B – Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico



B.1 - Aree ad elevata vulnerabilità dell'acquifero sfruttato ad uso idropotabile e/o del primo acquifero



B.2 – Aree con emergenze idriche diffuse (fontanili, sorgenti, aree con emergenza della falda)

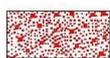


B.2a – Aree con emergenze idriche (lago di cava)



B.3 – Aree a bassa soggiacenza della falda o con presenza di falde sospese

C – Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico



C.9 - Aree con tirante idrico superiore a 90 cm (piena con TR 200 anni) inserite in Fascia A della Variante al PAI del fiume Lambro



C.10 - Aree con tirante idrico superiore a 90 cm (piena con TR 200 anni) inserite in Fascia B della Variante al PAI del fiume Lambro



C.11 - Aree con tirante idrico superiore a 90 cm (piena con TR 200 anni) inserite in Fascia C delimitata da un "limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C" della Variante al PAI del fiume Lambro



C.12 - Aree con tirante idrico inferiore a 90 cm (piena con TR 200 anni) inserite in Fascia C della Variante al PAI del fiume Lambro



C.13 - Aree con tirante idrico inferiore a 90 cm (piena con TR 200 anni) inserite in Fascia C delimitata da un "limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C" della Variante al PAI del fiume Lambro



C.14 - Aree con tirante idrico inferiore a 90 cm (piena con TR 200 anni) al di fuori delle Fasce della Variante al PAI del fiume Lambro;



C.15 - Aree non allagabili inserite in Fascia C della Variante al PAI del fiume Lambro



C.16 - Aree non allagabili inserite in Fascia C delimitata da un "limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C" della Variante al PAI del fiume Lambro



C.17 - Aree allagate in occasione di eventi alluvionali del novembre 1947 e 1951 al di fuori delle Fasce della Variante al PAI del fiume Lambro

D – Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche



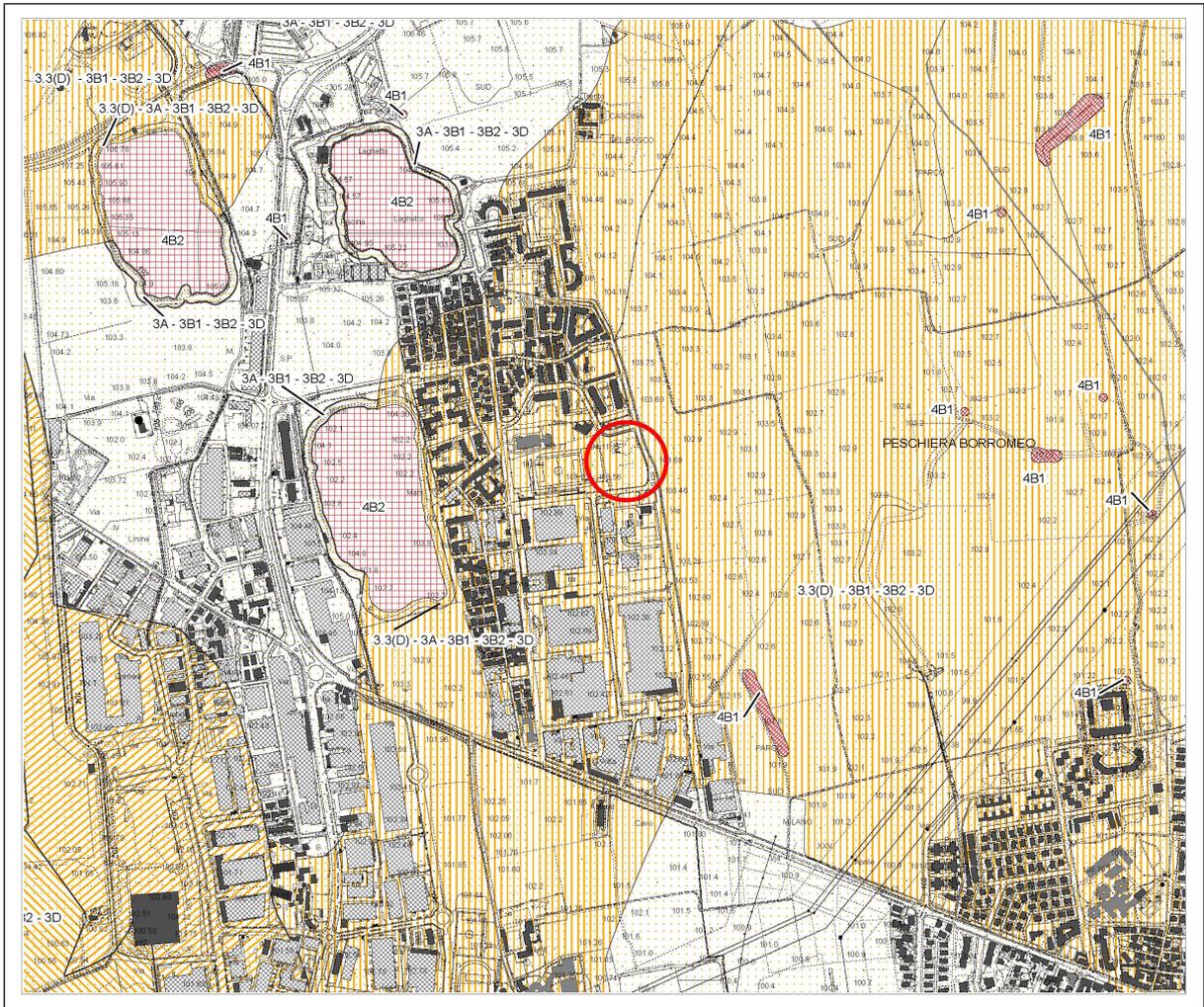
D.3 - Aree con consistenti disomogeneità tessiturali verticali e laterali

Carta di Sintesi: Legenda.



SIGLA	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
 Z2b	Zona con depositi granulari fini saturi	Liquefazioni
 Z3a	Zona di ciglio H>10 m (scarpata, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)	Amplificazioni topografiche
 Z4a	Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche

Componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT: stralcio della Carta della Pericolosità Sismica Locale.



Stralcio della Carta di Fattibilità Geologica (v. Legenda alla pag. seguente).

FATTIBILITA' CON CONSISTENTI LIMITAZIONI (Classe 3)

Aree pericolose dal punto di vista della stabilità dei versanti



Aree estrattive attive o dismesse non ancora recuperate, comprendendo una fascia di rispetto in base alle condizioni di stabilità dell'area (3A)

Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico e aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche



Aree ad elevata vulnerabilità dell'acquifero sfruttato ad uso idropotabile e/o del primo acquifero (3B1) e a bassa soggiacenza della falda o con presenza di falde sospese (3B2) e con consistenti disomogeneità tessiture verticali e laterali (3D).

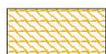
Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico



Aree con tirante idrico inferiore a 90 cm (piena con TR 200 anni) inserite in Fascia C della Variante al PAI del fiume Lambro [3.1 (C)]



Aree con tirante idrico inferiore a 90 cm (piena con TR 200 anni) inserite in Fascia C delimitata da un "limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C" della Variante al PAI del fiume Lambro [3.1 (B/C)]



Aree con tirante idrico inferiore a 90 cm (piena con TR 200 anni) al di fuori delle Fasce della Variante al PAI del fiume Lambro [3.1 (D)]



Aree non allagabili inserite in Fascia C della Variante al PAI del fiume Lambro [3.2 (C)]



Aree non allagabili inserite in Fascia C delimitata da un "limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C" della Variante al PAI del fiume Lambro [3.2 (B/C)]



Aree allagate in occasione di eventi alluvionali del novembre 1947 e 1951 al di fuori delle Fasce della Variante al PAI del fiume Lambro [3.3 (D)]

Carta di Fattibilità Geologica: Legenda.

2. QUADRO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

2.1. Modello Geologico concettuale

Le Norme Tecniche NTC-2008 riguardanti le indagini sui terreni precisano che *“la relazione geologica ha lo scopo precipuo di fornire il quadro di riferimento progettuale attraverso la rappresentazione della situazione naturale dei luoghi, illustrando le condizioni morfologiche, litostratigrafiche ed idrogeologiche delle zone interessate, al fine di interpretare l’assetto del territorio in relazione alla sua origine e costituzione geologica, alla sua evoluzione strutturale e geomorfologica”*.

Nei successivi paragrafi si ricostruisce e descrive, alla scala dell’area di studio, il **Modello Geologico di Riferimento**, facendo riferimento al quadro legislativo vigente (art. C.6.2.1 Circ. M.I.T. n. 617/2009), che indica che: *“il Modello Geologico deve:*

- ✓ *definire, con preciso riferimento al progetto i lineamenti morfologici della zona nonché gli eventuali processi morfologici ed i dissesti in atto o potenziali e la loro tendenza evolutiva, la successione litostratigrafica locale, con la descrizione della natura e della distribuzione spaziale dei litotipi, del loro stato di alterazione e fratturazione e della loro degradabilità;*
- ✓ *illustrare i caratteri geo-strutturali generali, la geometria e le caratteristiche delle superfici di discontinuità;*
- ✓ *fornire lo schema della circolazione idrica superficiale e sotterranea”*.

2.2. Componente geologica e geomorfologica

Le caratteristiche geomorfologiche e geologiche dell'area vasta all'interno della quale è collocata la zona di diretto interesse trovano riscontro nella bibliografia geologica, in particolare per gli studi a suo tempo condotti per la realizzazione del Foglio n. 45 - Milano della Carta Geologica d'Italia e dalla pubblicazione della Carta Geomorfologica della Pianura Padana (1997).

La litologia della zona è profondamente influenzata dagli eventi quaternari che hanno determinato la formazione della pianura alluvionale con la deposizione di potenti coltri detritiche di granulometria eterogenea.

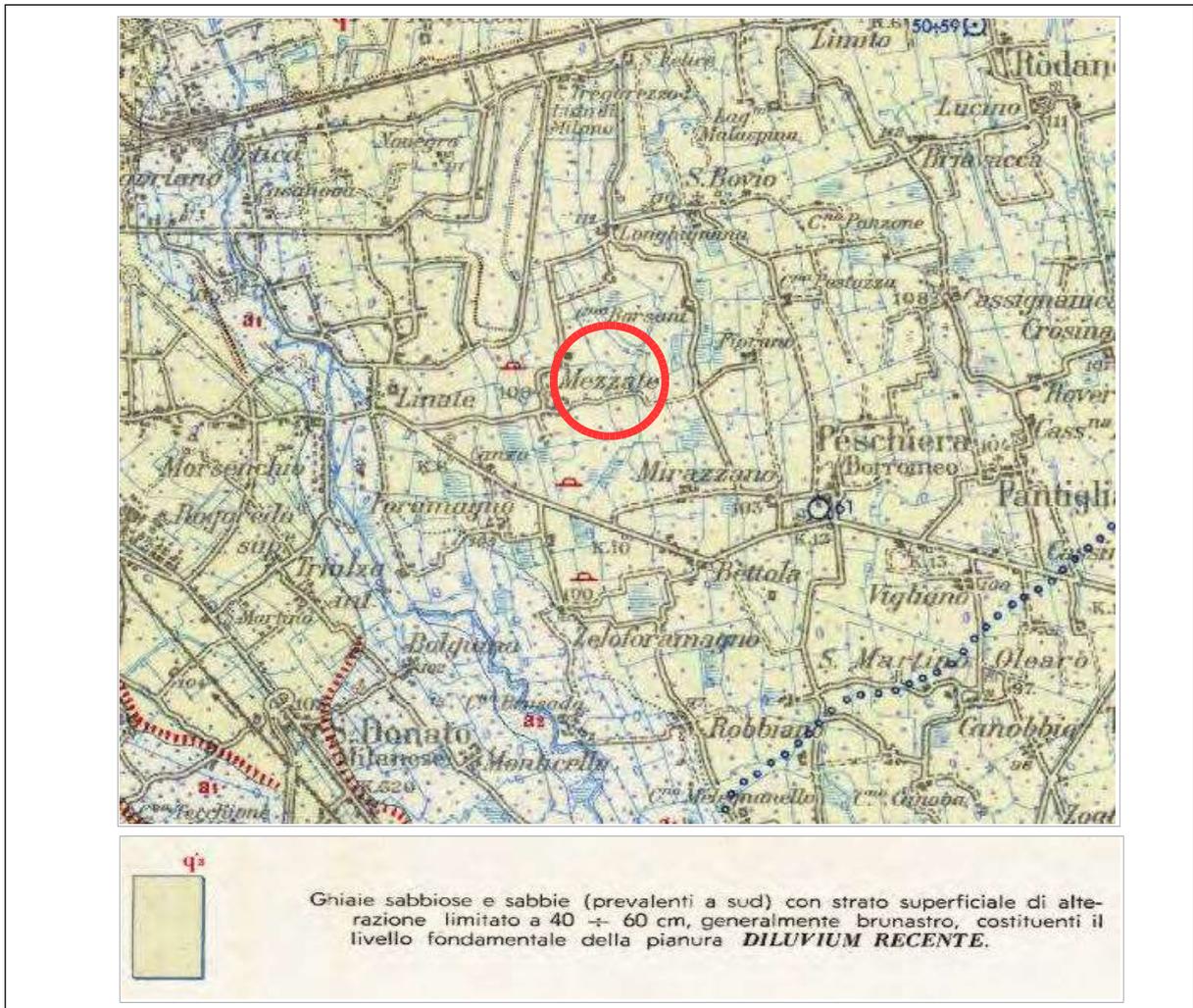
La provincia di Milano si sviluppa su terreni sabbioso-ghiaiosi che costituiscono il Livello Fondamentale della Pianura Padana. Più generalmente, le formazioni che interessano la Pianura Padana sono raggruppabili nel Quaternario Continentale, che si divide in:

- ✓ Depositi Morenici
- ✓ Diluvium Antico
- ✓ Diluvium Medio
- ✓ Diluvium Recente

L'area in esame appartiene al **Diluvium Recente**, cioè quei depositi che occupano la maggior estensione della Pianura Lombarda e ne costituiscono il cosiddetto "livello principale". Loro caratteristica morfologica principale è una struttura a conoidi appiattiti prodotti dall'azione dei corsi d'acqua post-glaciali, che si dispone in un unico livello debolmente inclinato verso il Po, interrotto

dalle incisioni dei corsi d'acqua attuali con i relativi depositi.

Il grado di alterazione è più basso rispetto ai diluvium più antichi e si nota una sensibile differenziazione granulometrica tra la zona a nord e quella a sud del limite settentrionale della fascia dei fontanili, la quale si snoda, con andamento est-ovest, da Novara fin poco oltre Brescia; tale limite corrisponde al passaggio tra le sabbie-ghiaie e le sabbie limose.



Inquadramento geologico dell'area: stralcio della Carta Geologica d'Italia – Foglio 45.

Il territorio di Peschiera Borromeo è caratterizzato da una morfologia pianeggiante con una debole inclinazione dell'1-1,5‰ verso sud-sud est e si colloca ad est dell'incisione valliva del Fiume Lambro Meridionale.

L'area risulta impostata nell'ambito dei depositi alluvionali recenti ed antichi della Valle olocenica del Lambro, formatasi per progressiva erosione operata dal fiume stesso durante la fase cataglaciale würmiana, del Livello Fondamentale della Pianura (o Piano Generale Terrazzato), costituito da depositi di età pleistocenica riferibili al Fluviale Würm ("Fluviale Recente" auct.); quest'ultimo livello rappresenta l'unità morfologica più elevata e presenta una quota media pari a 108 m s.l.m.

Questi depositi alluvionali, litologicamente di natura sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi, costituiscono i ripiani terrazzati di poco sopraelevati dai depositi attuali e recenti dell'alveo del Lambro. Il ripiano sede dell'alveo risulta infatti ribassato di circa 3-4 m rispetto al Livello Fondamentale della Pianura con il quale si raccorda, appunto, tramite la presenza di ripiani terrazzati di altezza decrescente, spesso cancellati dall'urbanizzazione o dalla regolarizzazione degli appezzamenti.

I più antichi depositi del "Fluviale recente", costituenti il Livello Fondamentale della Pianura, sono costituiti da successioni di sabbie e sabbie limose e presentano un grado di alterazione modesto.

Infine, per quanto riguarda le caratteristiche litologiche delle "Alluvioni attuali e recenti", esse non risultano molto dissimili da quelle degli appena descritti depositi pleistocenici che rappresentano il loro substrato: si tratta, infatti, ancora di materiali prevalentemente sabbiosi e sabbioso-limosi.

Dal punto di vista geomorfologico l'area di indagine risulta ubicata nel settore meridionale della media pianura milanese. Si osserva una morfologia subpianeggiante frutto di processi morfogenetici di carattere fluviale/fluvioglaciale, che hanno portato all'incisione dei depositi più antichi, con conseguente formazione di solchi vallivi; ancora oggi si osservano delle forme relitte degli antichi apparati fluviali testimoniati dalla geomorfologia esistente.

Ulteriori elementi morfologici significativi risultano essere gli ambiti estrattivi di matrice antropica, frequentemente caratterizzati dalla presenza di acquifero libero affiorante nell'area di escavazione.

2.3. Componente idrografica ed idrogeologica

La rete idrografica superficiale della zona è caratterizzata dalla presenza di alcuni corpi idrici appartenenti al reticolo idrico minore, tra cui, nella porzione ovest dell'area di intervento, un ramo intubato della Roggia Vitaliana.

Ad una scala maggiore, il reticolo al servizio delle pratiche agricole risulta ancora più fitto e tale da esercitare una rilevante ricarica dell'acquifero freatico con conseguente influenza sui valori di soggiacenza della falda. Di contro, questo fitto reticolo, contribuendo alla funzione di drenaggio delle acque meteoriche ricadenti sul territorio, preserva da eventuali fenomeni di dissesto idrogeologico conseguenti ad eventi particolarmente intensi di afflussi meteorici.

Le caratteristiche chimico fisiche ed organolettiche delle acque di questi canali e rogge ad uso irriguo sono ormai compromesse, infatti queste rogge spesso provengono da territori oggetto di scarichi indiscriminati e probabilmente anche abusivi o sono derivate dal Lambro, notoriamente uno dei corsi d'acqua più degradati.

Le principali alluvioni del Lambro sono avvenute nel maggio del 1917, nel settembre del 1937, nel 1947, nel 1951 (queste ultime due interessando ampiamente anche il territorio di Peschiera Borromeo, tra cui l'area in oggetto) e più volte nell'ultimo ventennio a causa principalmente dell'elevato grado di artificializzazione (riduzione della capacità di laminazione) e della riduzione delle sezioni di deflusso delle piene (sia naturali per depositi sia per attraversamenti con luce inadeguata), in una situazione di instabilità dell'assetto morfologico dell'alveo e di inadeguatezza delle difese spondali.

Il reticolo idrografico non esercita alcuna influenza sull'area di intervento e a loro volta gli interventi previsti nel comparto in esame non interferiscono in alcun modo con il reticolo stesso.

La struttura idrogeologica della Pianura Padana è il risultato della sedimentazione plio-pleistocenica: i sedimenti basali sono di origine marina e prevalentemente rappresentati da limi e argille (Pliocene-Pleistocene inf.) mentre quelli sommitali, di origine alluvionale e fluvioglaciale, sono caratterizzati da una alternanza di ghiaie, sabbie, limi e argille (Pleistocene medio-sup.-Olocene).

Secondo le definizioni più recenti (M. Avanzini, G.P. Beretta, V. Francani, M. Nespoli), questa struttura idrogeologica è costituita dal sovrapporsi di 5 unità:

- ✓ Unità ghiaioso-sabbiosa (Olocene-Pleistocene sup.)
- ✓ Unità ghiaioso-sabbioso-limosa (Pleistocene med.)
- ✓ Unità a conglomerati e arenarie basali (Pleistocene inf.)
- ✓ Unità sabbioso-argillosa (Pleistocene inf.- Villafranchiano sup. e Medio Auct.)
- ✓ Unità argillosa (Pleistocene inf.-Calabriano Auct.)

Le prime tre unità sono contraddistinte dalla progressiva prevalenza di terreni limosi-argillosi, riscontrabili sia con l'aumento della profondità sia procedendo da nord verso sud: nel primo caso quale conseguenza della modificazione dell'ambiente di deposizione (regressione marina con instaurazione di un ambiente deltizio-lagunare e, successivamente, alternanze di fasi glaciali con ambienti alluvionali-fluvioglaciali), nel secondo caso a causa della diminuzione dell'energia di trasporto degli agenti deposizionali correlati alle conoidi fluvioglaciali pedemontane e ai corsi d'acqua ad esse associati (diminuzione della pendenza degli alvei procedendo da nord a sud).

Sempre in ambito dei depositi continentali, in media nei primi 100 m nelle aree di media-alta pianura, si sviluppano acquiferi a granulometria grossolana di ottima potenzialità, sede di falde freatiche con

alimentazione diretta dalle acque meteoriche e per irrigazione (acquifero tradizionale formato dalle prime tre unità), mentre più in profondità si riscontrano ulteriori acquiferi sabbiosi con falde confinate intercalate da depositi limosi-argillosi alimentati dalle aree poste a nord e per scambi con gli acquiferi soprastanti, dove i livelli impermeabili risultano discontinui (acquiferi profondi dell'Unità sabbioso-argillosa).

Nelle aree di bassa pianura questa distinzione tende a scomparire, così come il riconoscimento dei vari depositi a diverso ambiente di sedimentazione sopra citati; ciò in ragione del citato affinamento della granulometria dei terreni e della prevalenza di livelli limoso-argillosi ai quali si alternano strati più grossolani di sabbie e sabbie ghiaiose già a partire dai primi metri di profondità.

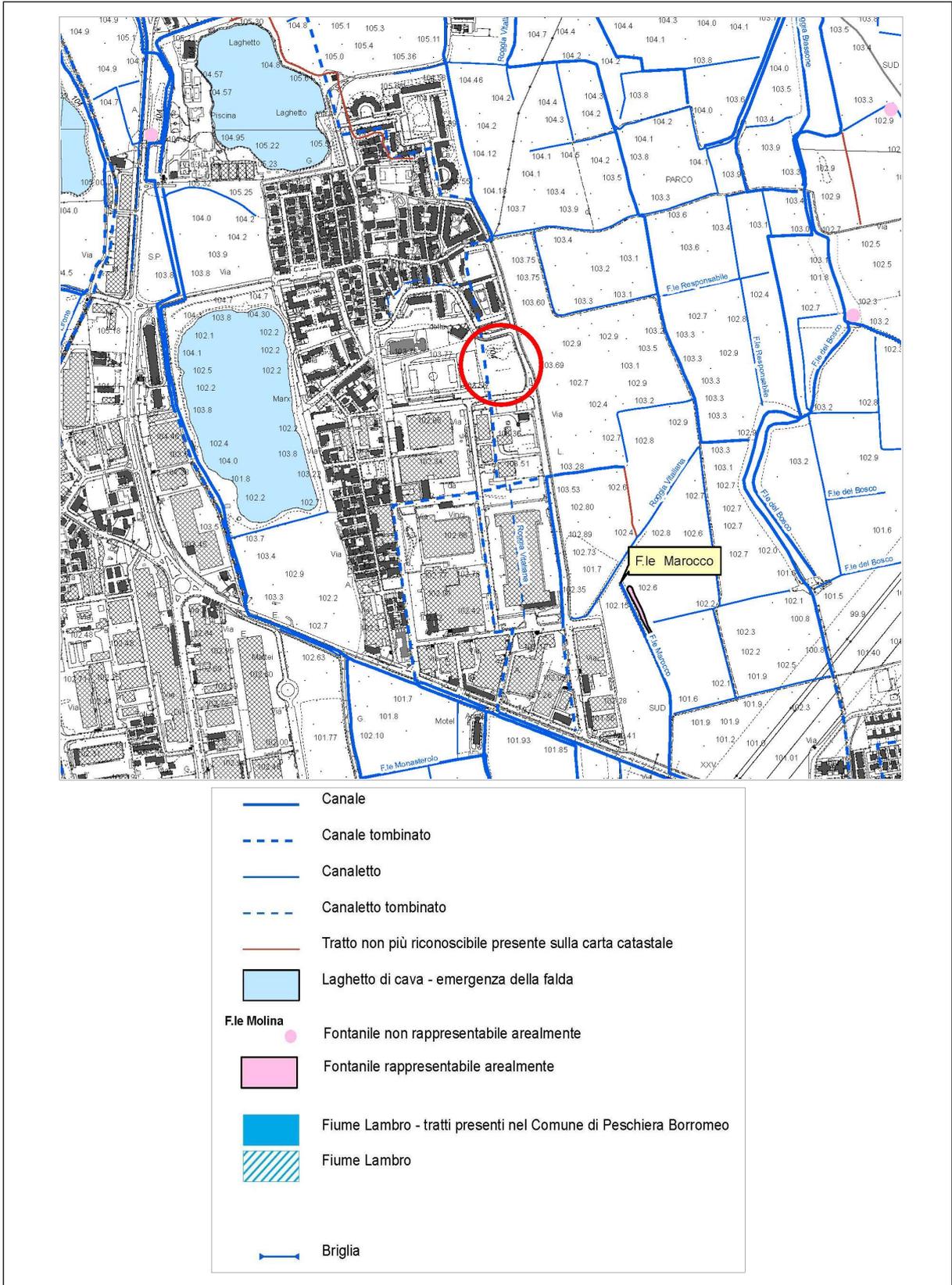
In questo contesto, pertanto, l'acquifero tradizionale risulta come un complesso di falde semi-confinato o confinato a costituire un sistema multifalde che viene assimilato ad un monostrato acquifero.

Il limite di separazione di questo complesso con gli acquiferi profondi, a causa della scarsità di dati derivanti dalle perforazioni di pozzi profondi, non è facilmente riconoscibile, tranne che nelle zone della media e alta pianura dove i pozzi hanno raggiunto maggiori profondità. Nell'area milanese il limite è stato identificato alla profondità di 100-110 m e quindi in considerazione di questo dato è presumibile dedurre che gli acquiferi profondi, nell'area d'interesse, possano essere a profondità maggiori di 110-120 m.

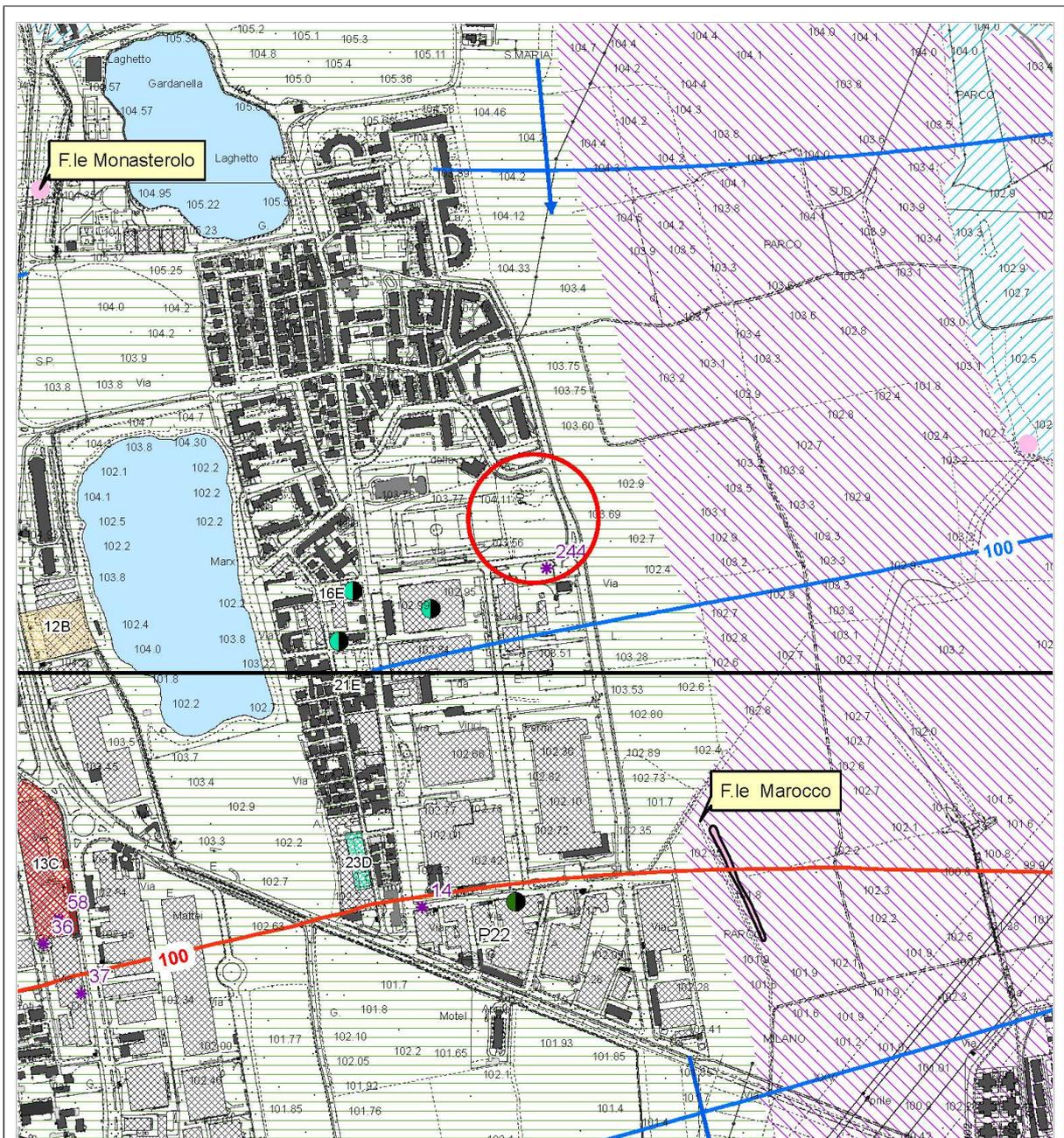
La superficie della falda freatica risulta approssimativamente collocata ad una profondità di circa 2,50 – 3,00 m dal piano campagna; tale osservazione, desunta da studi pregressi, è stata ulteriormente confermata dai dati emersi nel corso dell'esecuzione delle prove penetrometriche eseguite. Il livello della falda è naturalmente soggetto a oscillazioni a breve e lungo termine dell'ordine di un metro, che dipendono dalle variazioni degli apporti di alimentazione. Il regime delle precipitazioni e le pratiche irrigue condizionano fortemente la situazione piezometrica locale, determinando un sensibile incremento del livello delle acque sotterranee nei mesi estivi, quando la falda è alimentata per infiltrazione diretta dalla superficie. In generale, in funzione dei dati piezometrici di Letteratura, è possibile affermare che l'andamento annuale delle oscillazioni freatiche, nel tratto di pianura considerato, sia generalmente caratterizzato da valori minimi invernali in dicembre-gennaio e massimi in luglio-agosto, con un minimo secondario nei mesi tardo-estivi e due massimi secondari nei mesi primaverili ed autunnali.

In termini generali, in funzione della morfologia dei luoghi e del locale sistema idrografico, la direzione generale di flusso delle acque sotterranee nel tratto di pianura che include il settore di studio è diretto verso i settori meridionali.

Un ulteriore elemento di analisi è desumibile dalle stratigrafie dei pozzi per acqua (es. pozzo codice 244 immediatamente a sud dell'area di intervento), da cui si possono ricavare le caratteristiche litologiche e granulometriche dei terreni ed in base ad esse attribuire, in prima approssimazione, valori del coefficiente di permeabilità K compresi tra 10^{-2} e 10^{-4} cm/s, rispettivamente per terreni di natura sabbiosa o per terreni di natura sabbioso-siltosa. Conseguentemente, trattandosi di valori di permeabilità da medi a buoni e tenuto conto che i livelli impermeabili rappresentati dai termini coesivi presenti nella parte sommitale dei terreni analizzati non possono fornire adeguate garanzie di continuità areale (condizione insita nelle dinamiche deposizionali alluvionali), in relazione alla ridotta soggiacenza, si ritiene che il grado di vulnerabilità della falda debba considerarsi elevato. Un'ulteriore conferma è ottenibile dal metodo DRASTIC, che assegna ai territori di Peschiera Borromeo valori di vulnerabilità elevata con punteggio calcolato pari a 202.

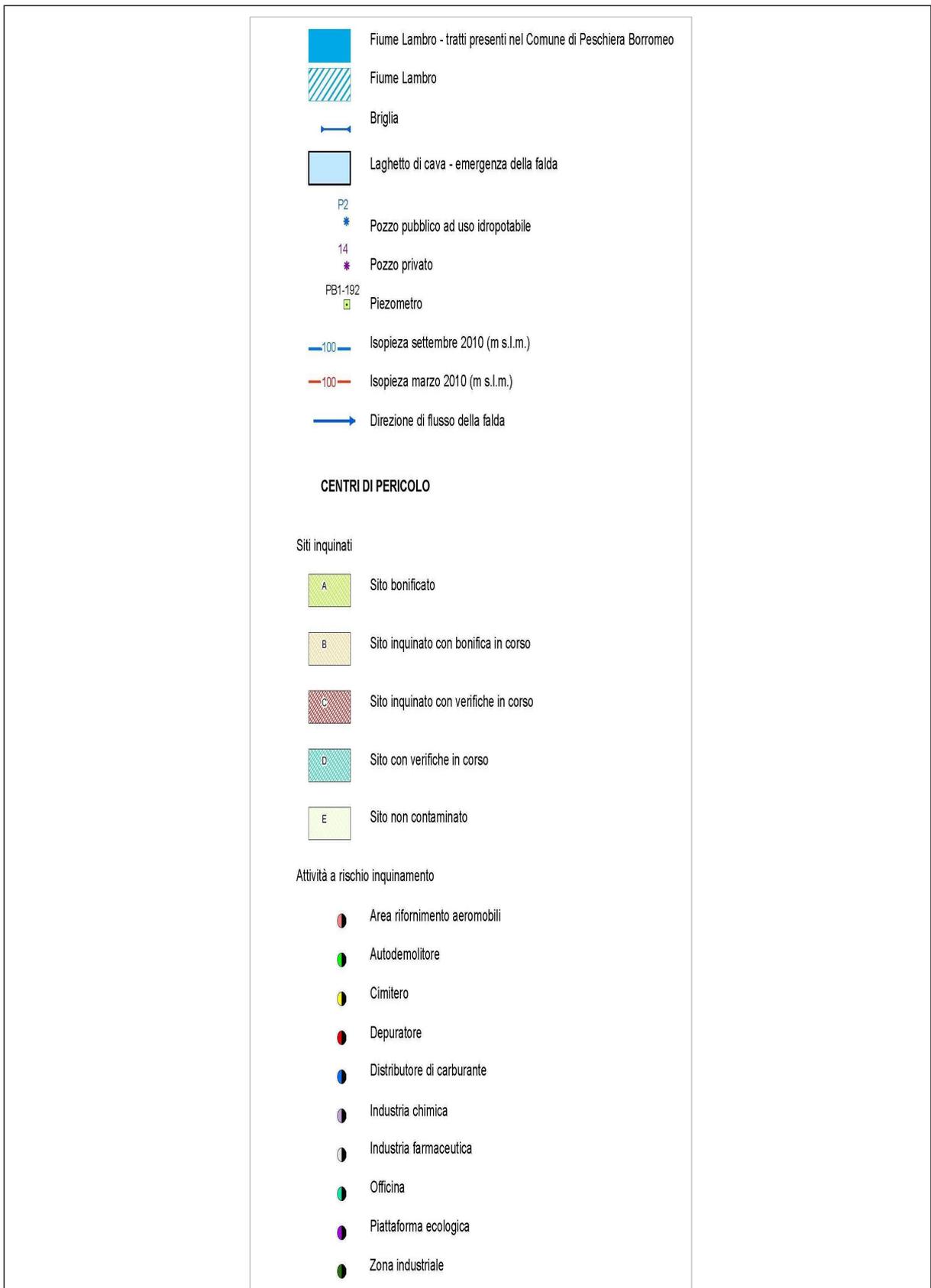


Stralcio della Carta del Sistema Idrografico.

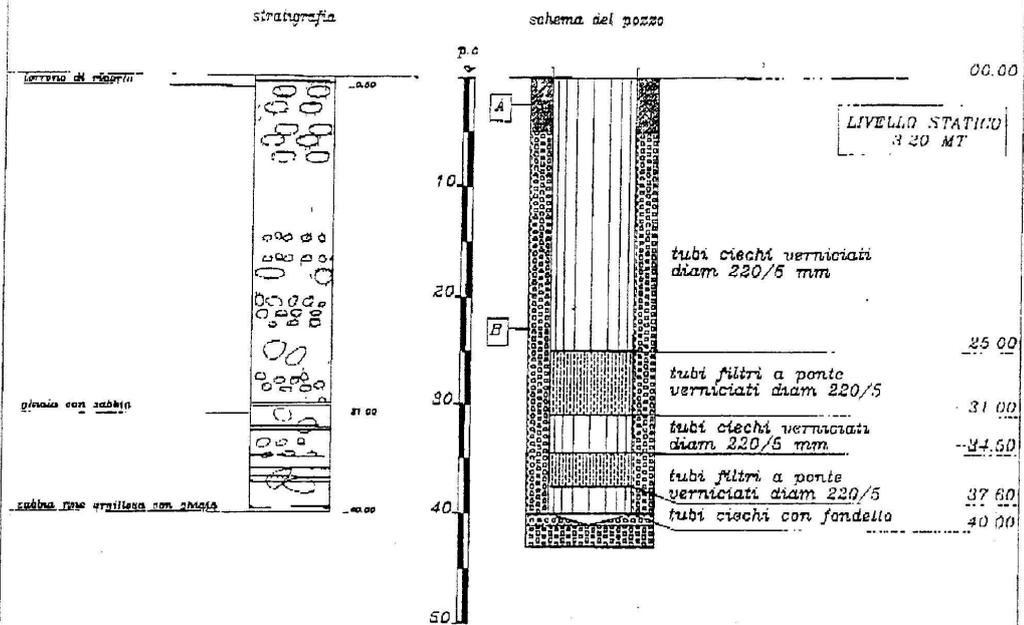


	FACIES E GRANULOMETRIA PREVALENTE	PERMEABILITA'	VULNERABILITA'
	Facies alluvionale a ghiaia prevalente	Molto alta	Molto elevata
	Facies alluvionale a sabbia prevalente	Alta	Elevata
	Facies alluvionale a fini prevalenti	Medio - alta	Alta

Stralcio della Carta Idrogeologica, con indicata la piezometria della falda superficiale (v. Legenda successiva).



MI PESCHIERA BORRAMEO LOMBARDA CALCESTRUZZI S.R.L. POZZO 1 OTT 2002



RIEMPIMENTO INTERCAPEDINE

A: Da mt 00.00 a -mt 05.00 isolamento con calcestruzzo

B: da mt 05.00 a -mt 40.00 speciale ghiaietto
calibrato tipo Ticino siliceo Quarzoso

RONCHI s.r.l. Via Goldoni 5/7 Cologno M.se (MI) - tel 02/2542076 Fax 02/2549690

La possibilità di ricostruzione delle litologie presenti nel sottosuolo si affida alla disponibilità delle stratigrafie della zona, di cui si riporta quella più prossima all'area di intervento (Pozzo codice 244).

3. PROGRAMMA DELLE INDAGINI

3.1. Prove penetrometriche dinamiche SCPT

Nell'ambito del presente studio, oltre alla raccolta ed analisi dei dati geologici ed idrogeologici utilizzati per l'inquadramento dell'area fornito nel Capitolo 2 precedente, si è proceduto ad un'integrazione dell'esistente mediante indagini specifiche in sito. In data 1 marzo 2017, sono state effettuate n. 7 prove penetrometriche dinamiche S.C.P.T. (*Standard Cone Penetration Testing*); l'attrezzatura utilizzata è un penetrometro semovente TG63-200 della Pagani Geotechnical Equipment (PC), modello statico-dinamico, con massa battente a sganciamento automatico, avente le seguenti caratteristiche:

- diametro della punta: 50.8 mm
- diametro delle aste: 34 mm
- angolo di apertura: 60°
- peso del maglio: 73 kg
- altezza di caduta: 0.75 m
- penetrazione standard: 30 cm (N_{30}).

La prova penetrometrica dinamica consiste normalmente nell'infissione, mediante caduta di un maglio, di una batteria di aste con alla base una punta conica e nella contemporanea registrazione del numero di colpi necessario per avanzamenti successivi di 30 cm. Nel caso in esame, considerate le limitate profondità di indagine, nonché il fatto che l'attrito laterale esercitato sulle aste non influenzava i valori di resistenza alla penetrazione, non è stata usata la tubazione di rivestimento.

L'analisi dei risultati delle prove penetrometriche svolte ha consentito di poter parametrizzare il sottosuolo in termini di proprietà indice, caratteristiche di consistenza, grado di sovraconsolidazione, plasticità e proprietà geotecniche nelle condizioni naturali. In particolare, dai valori medi di N_{30} si sono ricavati i corrispondenti valori di N_{SPT} attraverso le medie scaturite dalle correlazioni empirico-sperimentali maggiormente riconosciute in ambito tecnico-scientifico internazionale.

Successivamente, da detto valore di N_{SPT} , nonché da esperienze simili in terreni del tutto analoghi ed estrapolando opportunamente i risultati, si sono ricavati i valori dei parametri di resistenza degli strati di terreno interessati dalle indagini geognostiche.

In relazione alle caratteristiche delle falde, fatto salvo quanto già indicato nel precedente Paragrafo 2.3., si è ritenuto necessario procedere ad una verifica di maggior dettaglio delle condizioni piezometriche dell'area, ossia della presenza o meno di acqua di falda nel primo sottosuolo; si è proceduto pertanto alla messa in opera, nei fori ottenuti dalle prove penetrometriche, di tubazione provvisoria in PVC microfessurata e del diametro di 1,5", per la verifica della presenza della falda. Dall'analisi di quanto sopra, non è stata rinvenuta acqua sino alla profondità di -2,70 m dal p.c.

I dati registrati nelle prove penetrometriche SCPT sono riportati nella tabella alla pagina seguente, che illustra la resistenza opposta dal terreno alla penetrazione continua della punta; i grafici delle indagini eseguite sono riportati successivamente, unitamente alla documentazione fotografica delle prove. La quota zero è riferita al piano campagna esistente.

Prof. (m)	Prova n° 1 N (colpi)	Prova n° 2 N (colpi)	Prova n° 3 N (colpi)	Prova n° 4 N (colpi)	Prova n° 5 N (colpi)	Prova n° 6 N (colpi)	Prova n° 7 N (colpi)
0,30	6	4	3	2	3	4	2
0,60	12	10	3	4	4	4	4
0,90	10	6	4	4	3	3	3
1,20	4	3	3	5	5	3	3
1,50	4	2	2	8	8	6	6
1,80	4	2	3	5	4	14	8
2,10	3	5	4	3	10	24	14
2,40	8	9	6	7	17	24	15
2,70	8	11	4	8	9	19	13
3,00	10	11	9	15	10	15	10
3,30	13	11	11	15	3	9	9
3,60	13	12	6	10	5	6	9
3,90	7	11	11	9	8	8	8
4,20	7	7	11	11	17	8	8
4,50	9	5	10	10	12	8	7
4,80	9	7	17	12	12	10	9
5,10	10	10	12	10	18	9	15
5,40	10	10	25	10	13	17	17
5,70	6	10	24	18	20	24	25
6,00	11	13	17	23	11	18	20
6,30	12	10	10	19	11	25	22
6,60	7	11	12	12	9	13	15
6,90	4	13	13	17	16	10	15
7,20	5	16	14	12	13	8	13
7,50	7	17	11	15	17	11	12
7,80	13	21	9	13	11	14	13
8,10	16	19	7	17	12	14	12
8,40	12	22	7		17	10	15
8,70	18	29	14		17	11	12
9,00	17	25	12		13	14	18
9,30	14	13	19		15	12	14
9,60	14	19	12		17	19	19
9,90	15	16	13		11	24	9
10,20	16	14	17		20	21	16
10,50	13	15	13		26	17	20
10,80	21	18	17		22	16	14
11,10	17	23	12		22	21	15
11,40	20	24	15		17	25	31
11,70	16	20	19		13	26	20
12,00	17	16	18		19	22	19
12,30					18		
12,60					20		
12,90					24		
13,20					49		
13,50					50		



Ubicazione dei punti di indagine.



Prova penetrometrica P2.



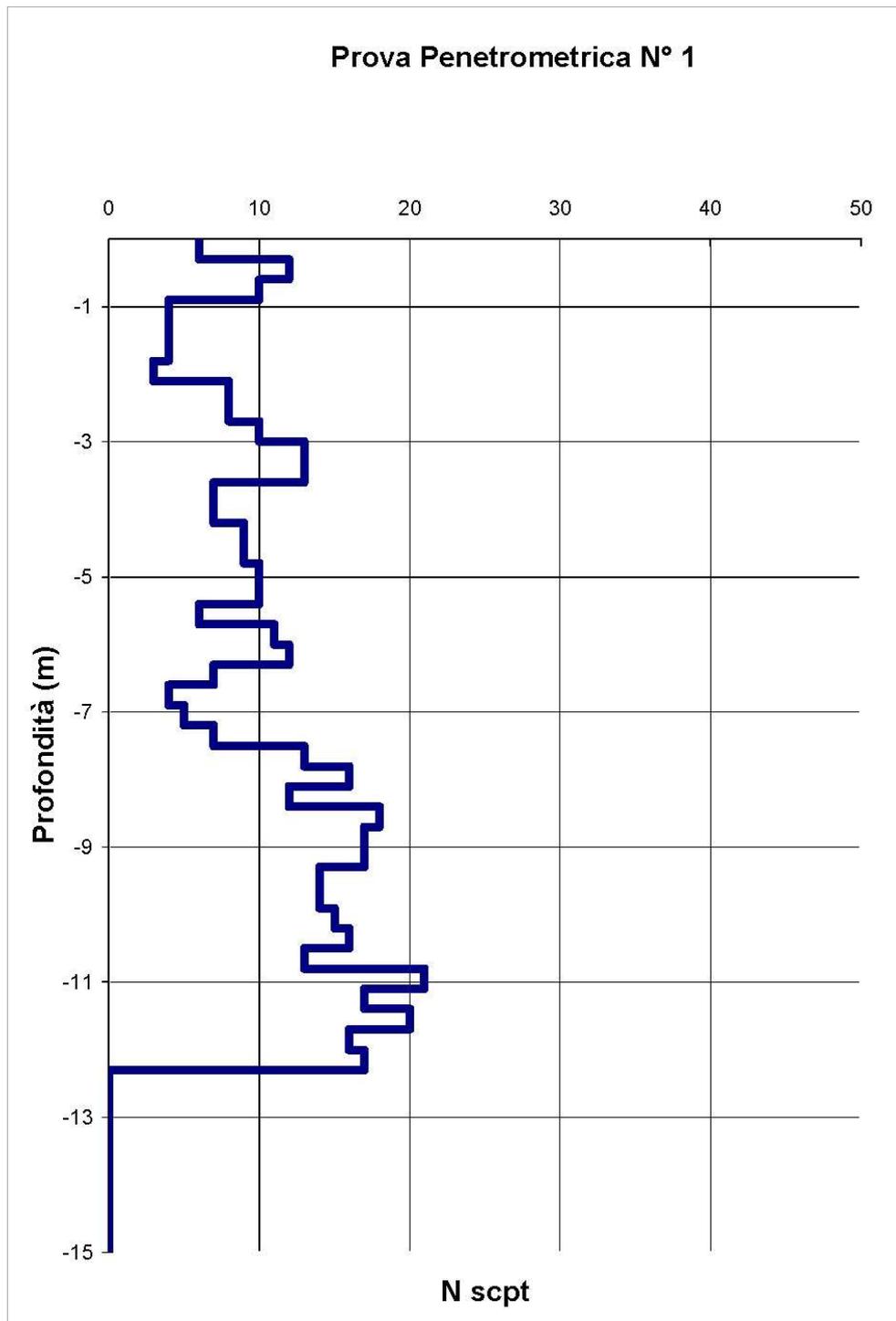
Prova penetrometrica P6.

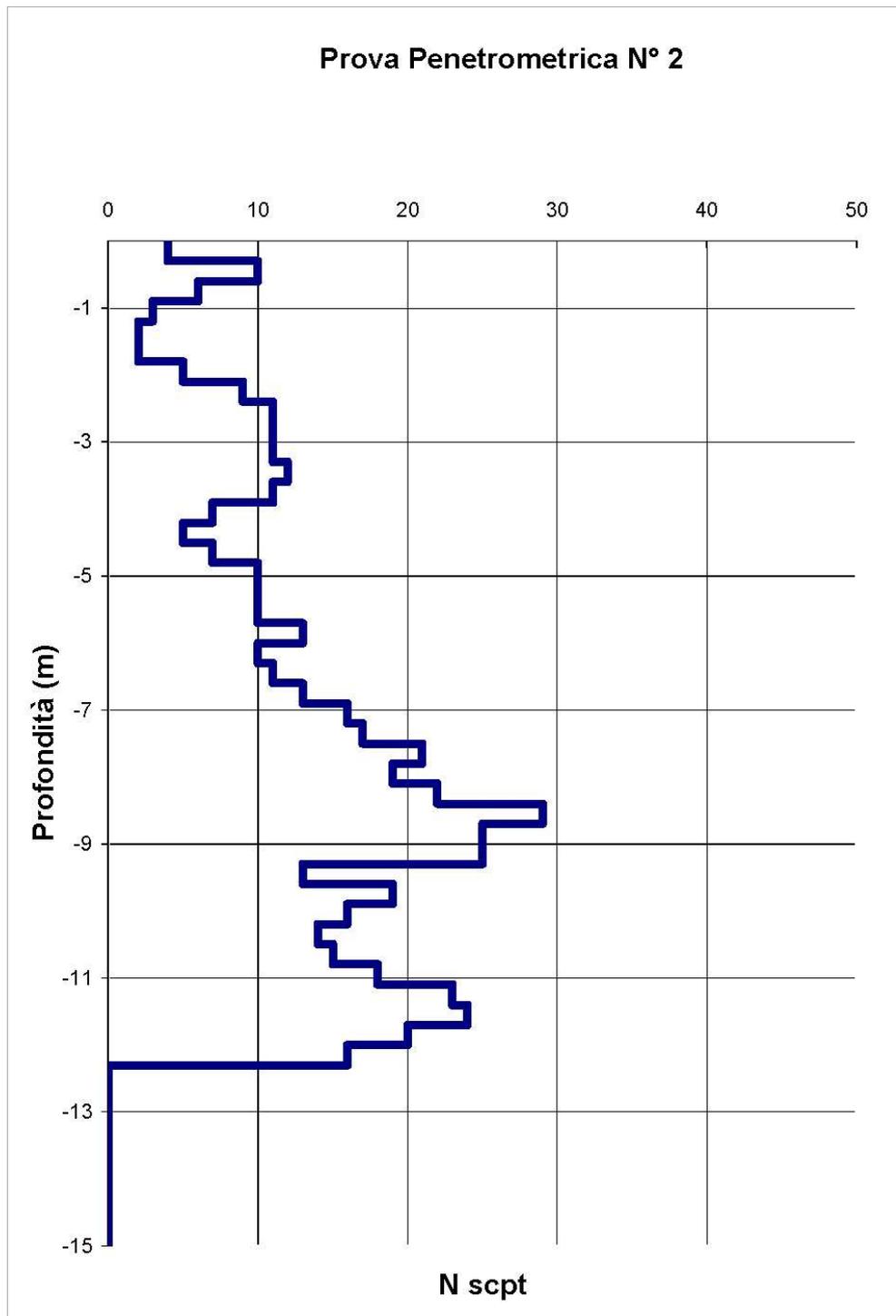


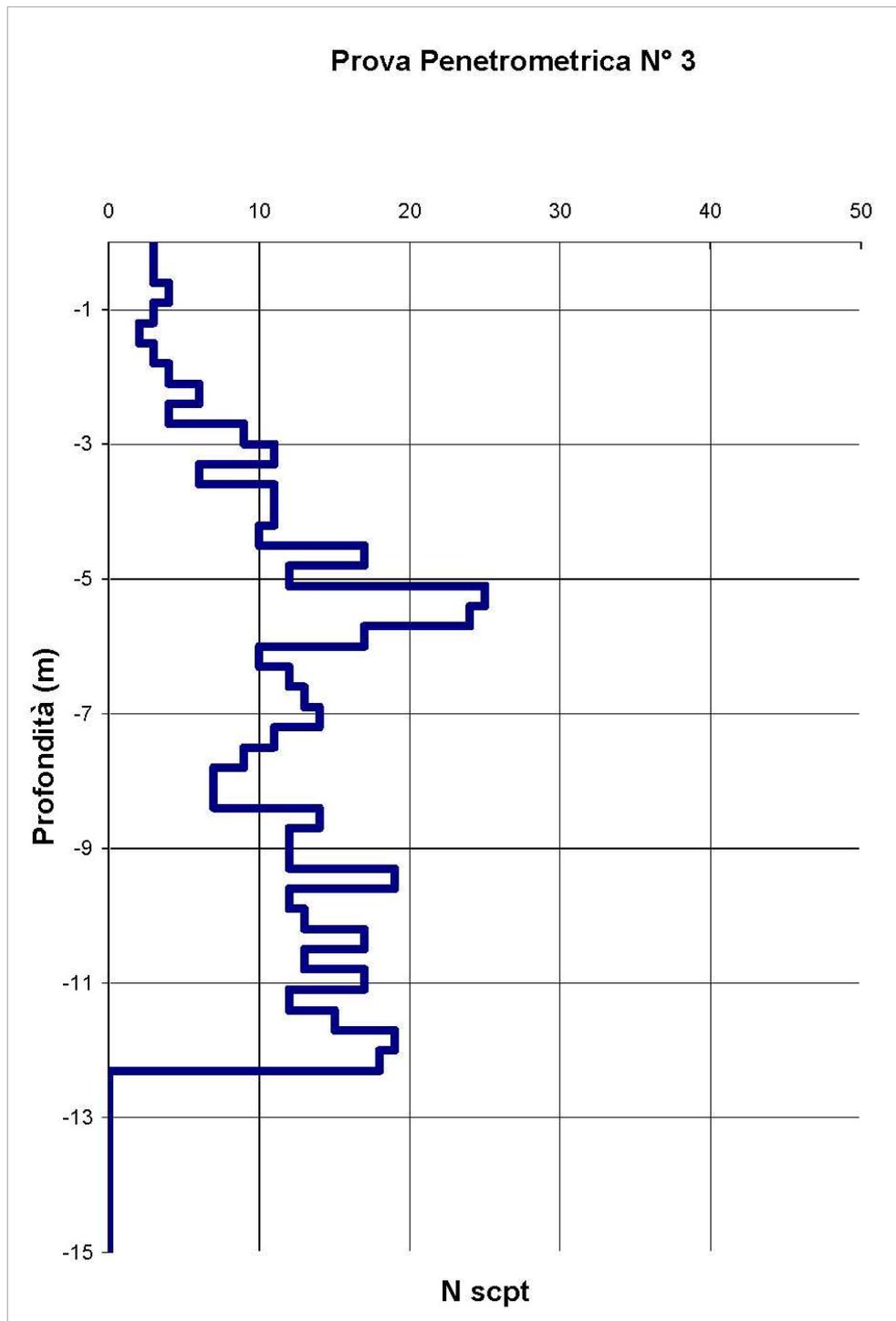
Prova penetrometrica P7.

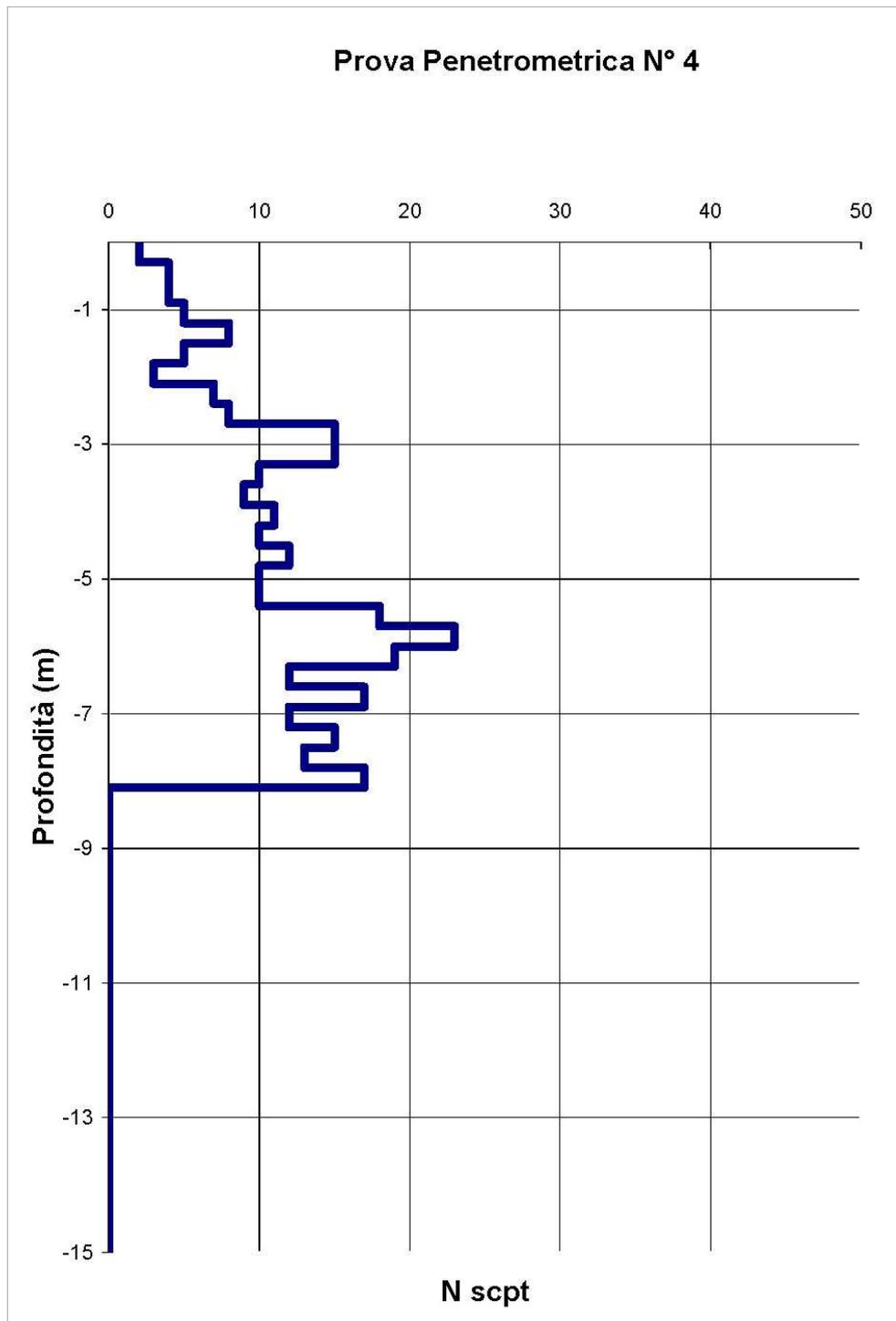


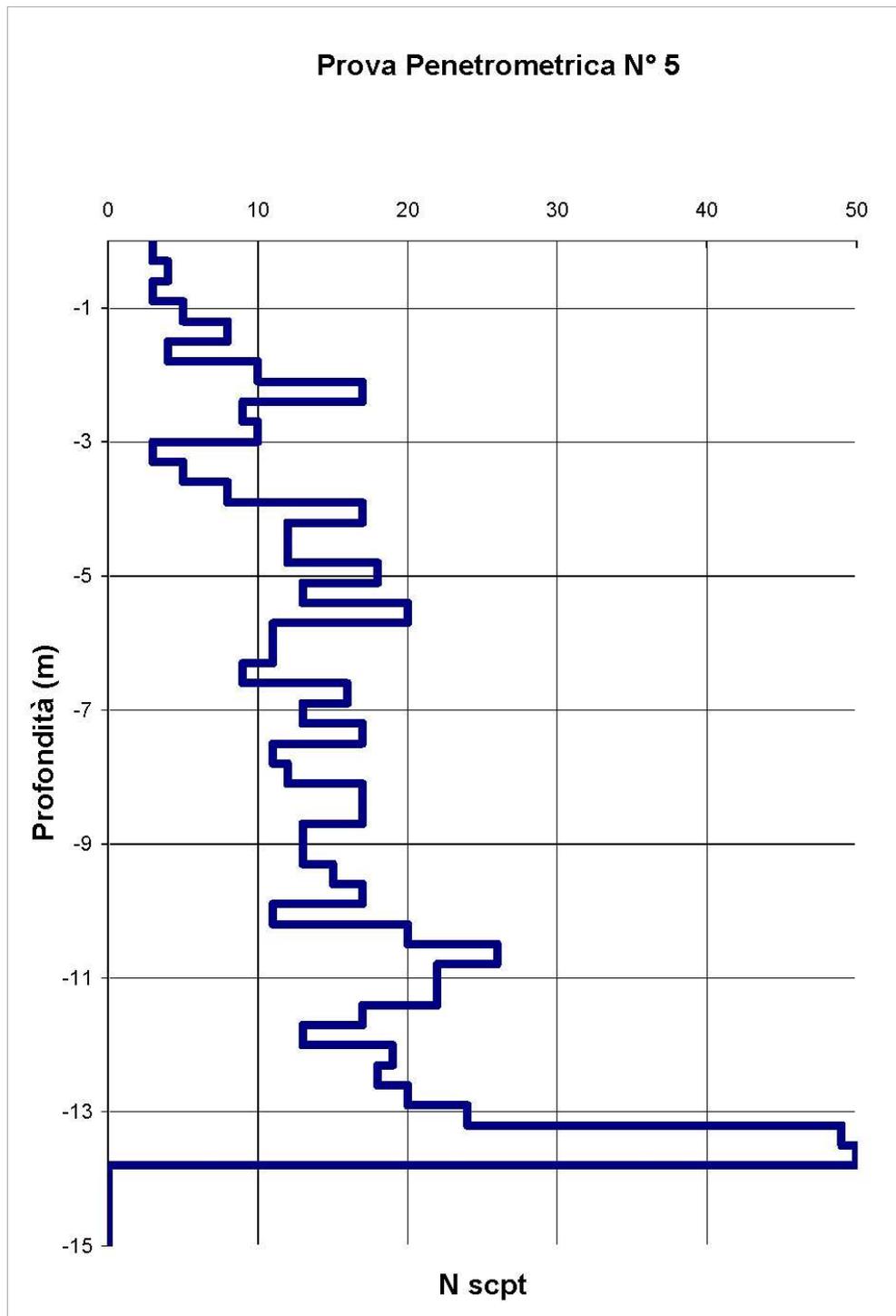
Misura della quota piezometrica.

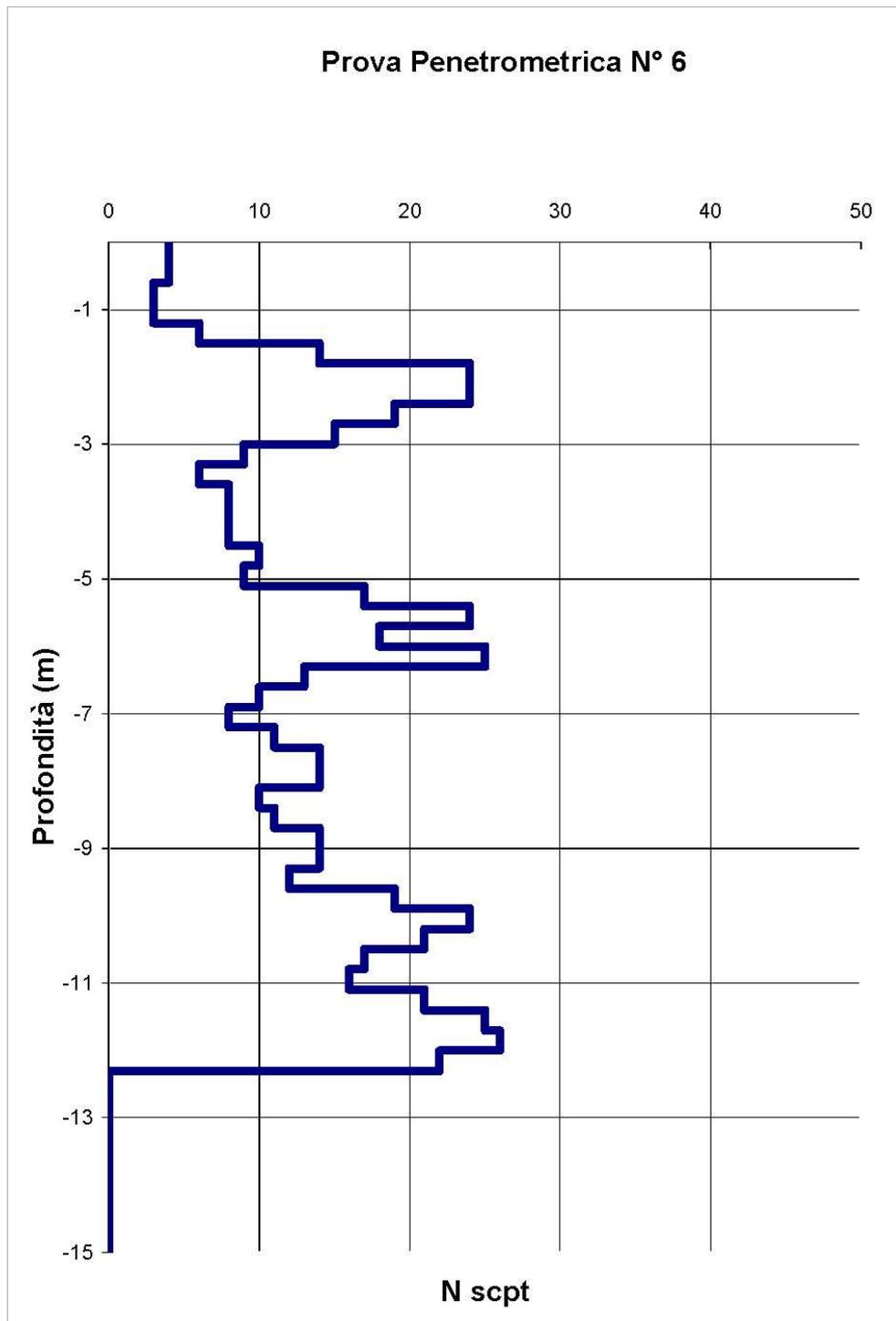


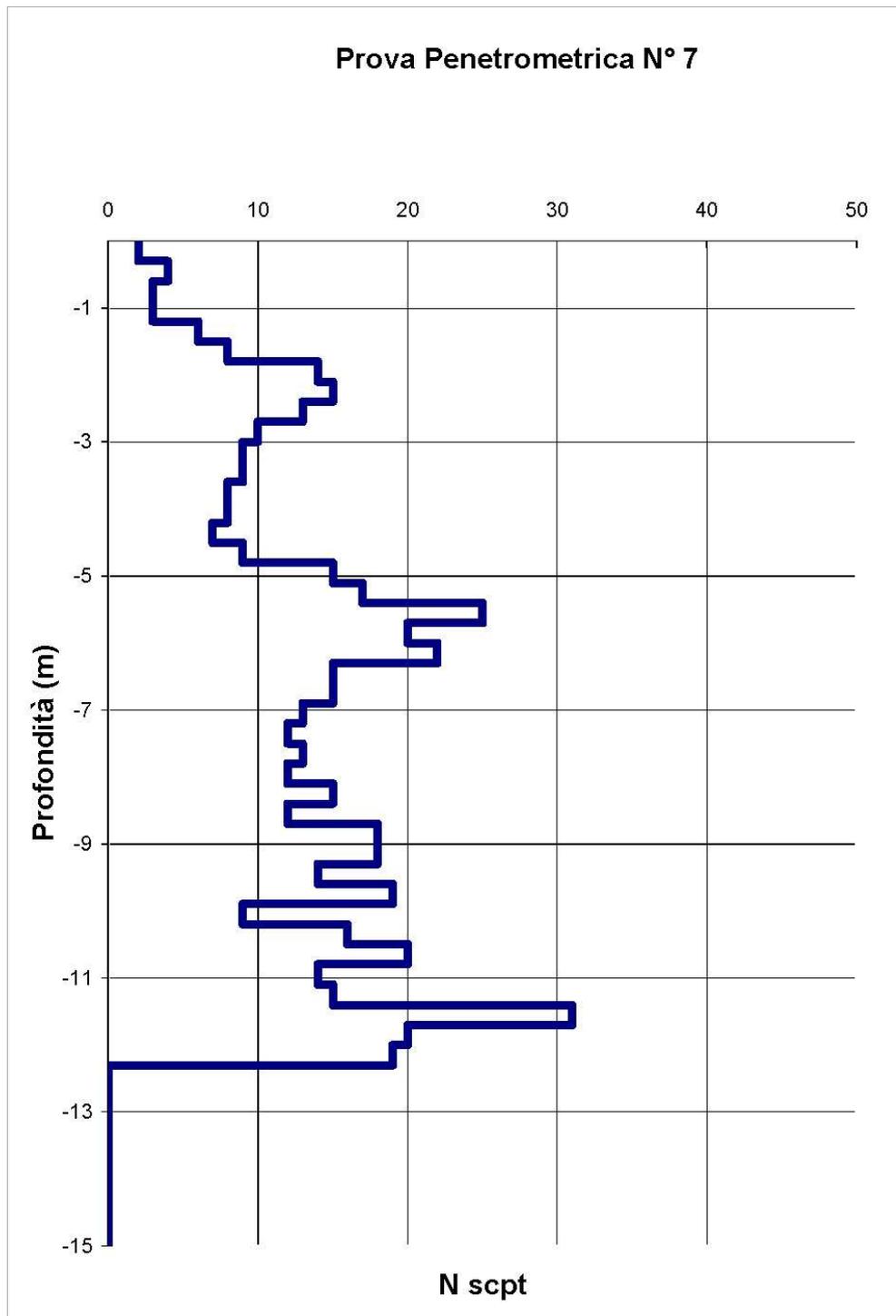












3.2. Prova MASW Vs 30 a 24 geofoni

Per la ricostruzione del modello geofisico del sottosuolo è stata eseguita, in data 27 febbraio 2017, un'indagine sismica superficiale con il metodo di analisi spettrale delle onde di superficie (Rayleigh) con tecnica MASW.

Il metodo MASW (*Multi-Channel Analysis of Surface Waves*) è una tecnica di indagine che permette di individuare il profilo di velocità delle onde di taglio Vs sulla base della misura delle onde superficiali eseguita in corrispondenza dei geofoni posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante è dato dalle onde di Rayleigh che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione.

Il metodo MASW è di tipo attivo poiché le onde superficiali sono generate in un punto sulla superficie del suolo tramite mazza battente e misurate da uno stendimento lineare di sensori (geofoni). La procedura MASW può sintetizzarsi in tre stadi distinti:

- ✓ acquisizione dei dati di campo;
- ✓ estrazione della curva di dispersione;
- ✓ inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs (profilo 1-D) che descrive la variazione di Vs con la profondità.

La prospezione sismica è stata interpretata mediante il software SWAN (GeoStudi Astier S.r.l., 2007). L'utilizzo di questo software consente di preprocessare i dati grezzi acquisiti epurandoli da eventuali disturbi. Successivamente, partendo dal sismogramma medio di sito, sono calcolati gli spettri FK (Frequenza-Numero d'onda) ed FV (Frequenza-Velocità). La distribuzione dei picchi evidenziati dagli spettri viene ulteriormente analizzata per ricavare la curva di dispersione sperimentale che viene confrontata con quella teorica. Una volta trovata un'interpolazione tra le due curve il programma esegue l'inversione per ricostruire il profilo delle Vs con la profondità. Il profilo così ottenuto può essere ulteriormente modificato per aumentare il grado di interpolazione tra la curva di dispersione sperimentale e quella teorica.

L'acquisizione è stata realizzata tramite la stesa di un cavo sismico lungo 46 metri, posizionando i 24 geofoni con un passo di due metri l'uno dall'altro. Il sismografo utilizzato per l'acquisizione dei dati in campagna è il modello ECHO 24/2002 prodotto dalla ditta Ambrogeo S.r.l.. Sono stati utilizzati 24 geofoni a frequenza naturale di 4,5 Hz. L'energizzazione del terreno è stata ottenuta impiegando una mazza del peso di 8 kg. Durante la fase di acquisizione sono stati impostati diversi shots a diverse distanze dall'estremità dell'allineamento sismico per valutare la stabilità della curva di dispersione sperimentale apparente. Sono state quindi calcolate le velocità di taglio del sottosuolo sintetizzando il modello del terreno in sette unità sismiche.

	Vs [m/s]	Spessore [m]	Profondità [m]
LIVELLO 1	139	1,26	0,00
LIVELLO 2	174	1,49	1,26
LIVELLO 3	225	2,80	2,75

LIVELLO 4	276	4,75	5,55
LIVELLO 5	423	9,37	10,31
LIVELLO 6	564	17,17	19,68
LIVELLO 7	676	Indef.	36,85

Stratigrafia sismica – prova MASW 6m.

	Vs [m/s]	Spessore [m]	Profondità [m]
LIVELLO 1	141	1,17	0,00
LIVELLO 2	181	1,35	1,17
LIVELLO 3	231	2,60	2,51
LIVELLO 4	271	4,40	5,12
LIVELLO 5	392	9,62	9,52
LIVELLO 6	502	15,81	18,14
LIVELLO 7	703	Indef.	33,95

Stratigrafia sismica – prova MASW 12m.

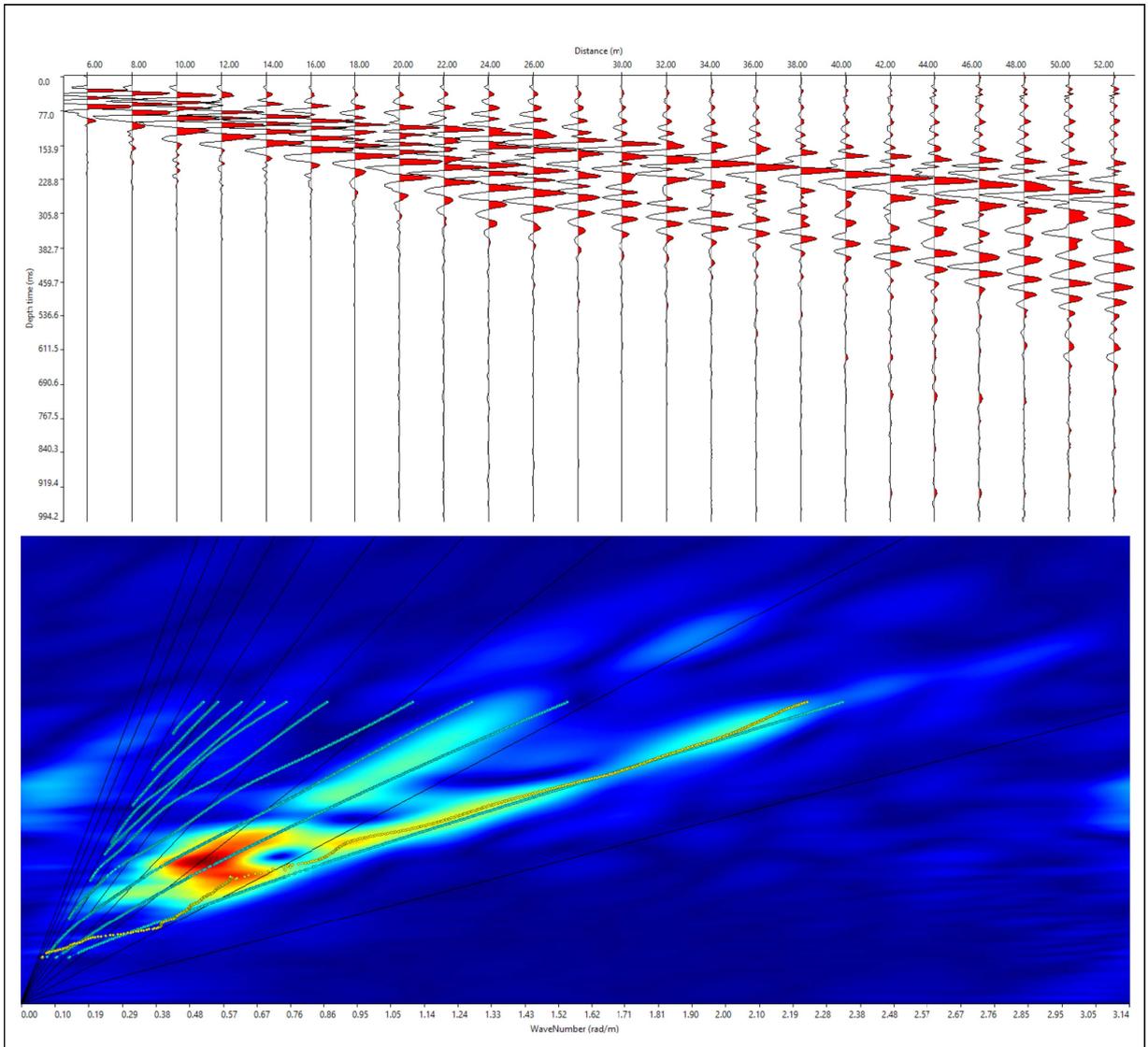
La V_{S30} è data da:

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1, N} h_i / V_i}$$

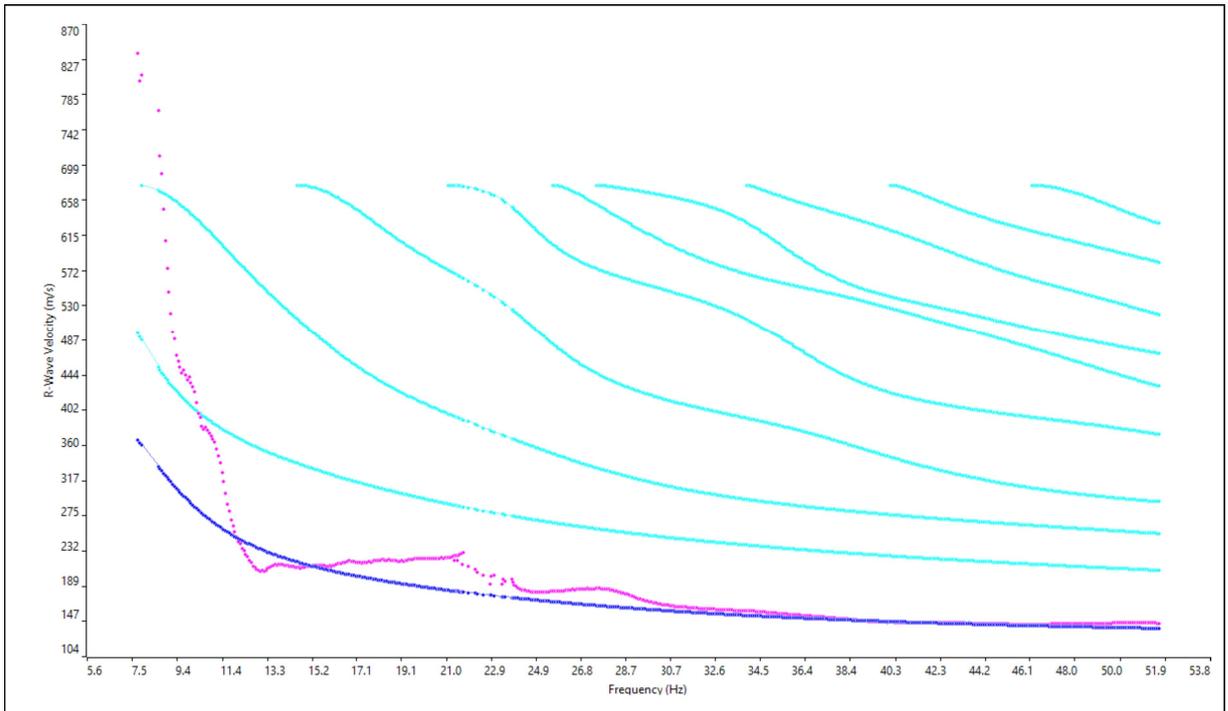
dove :

- ✓ h_i = spessore in metri dello strato i-esimo per un totale di N strati presenti nei primi 30 metri di sottosuolo;
- ✓ V_i = velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $g < 10^{-6}$) dello strato i-esimo per un totale di N strati presenti nei primi 30 metri di sottosuolo;
- ✓ N = numero strati nell'ambito dei primi 30 metri di sottosuolo.

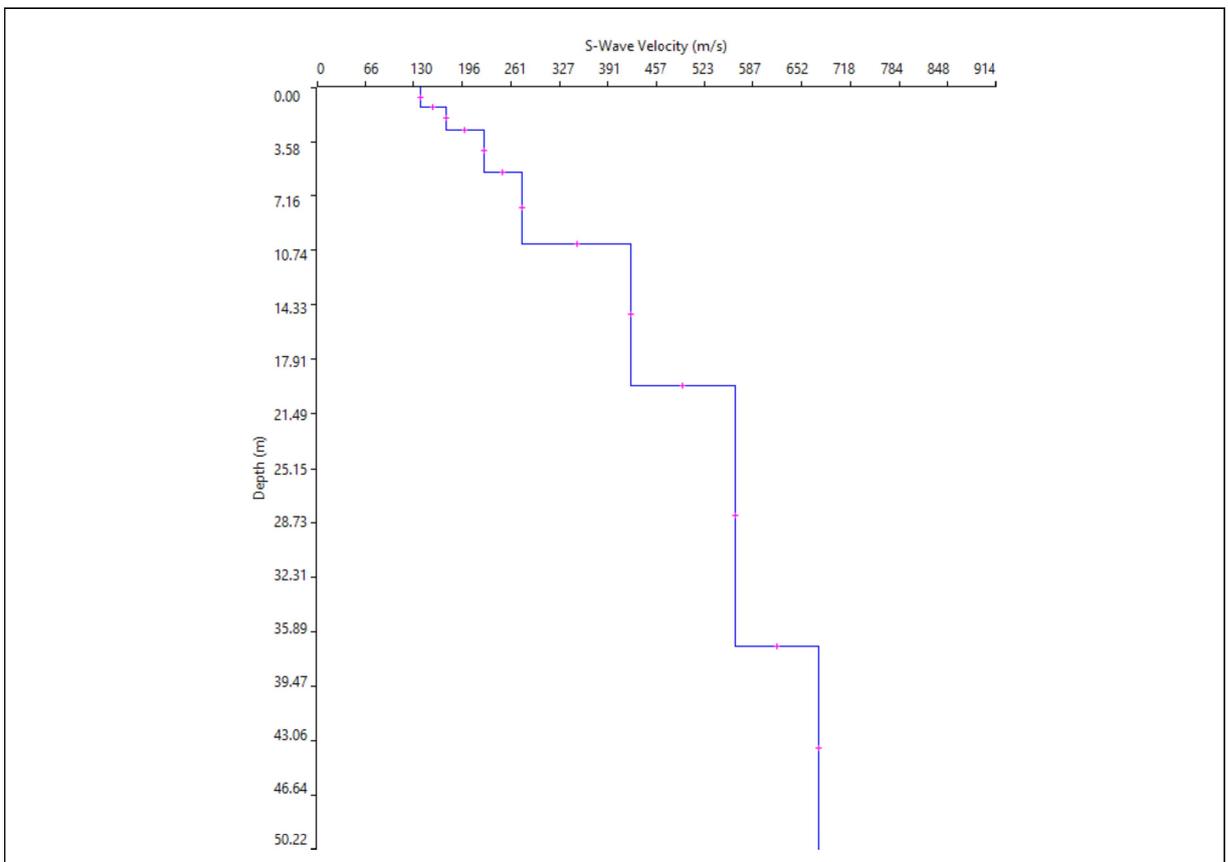
Dallo sviluppo del calcolo si ottiene un valore di V_{S30} pari a 342 m/s – 338 m/s.



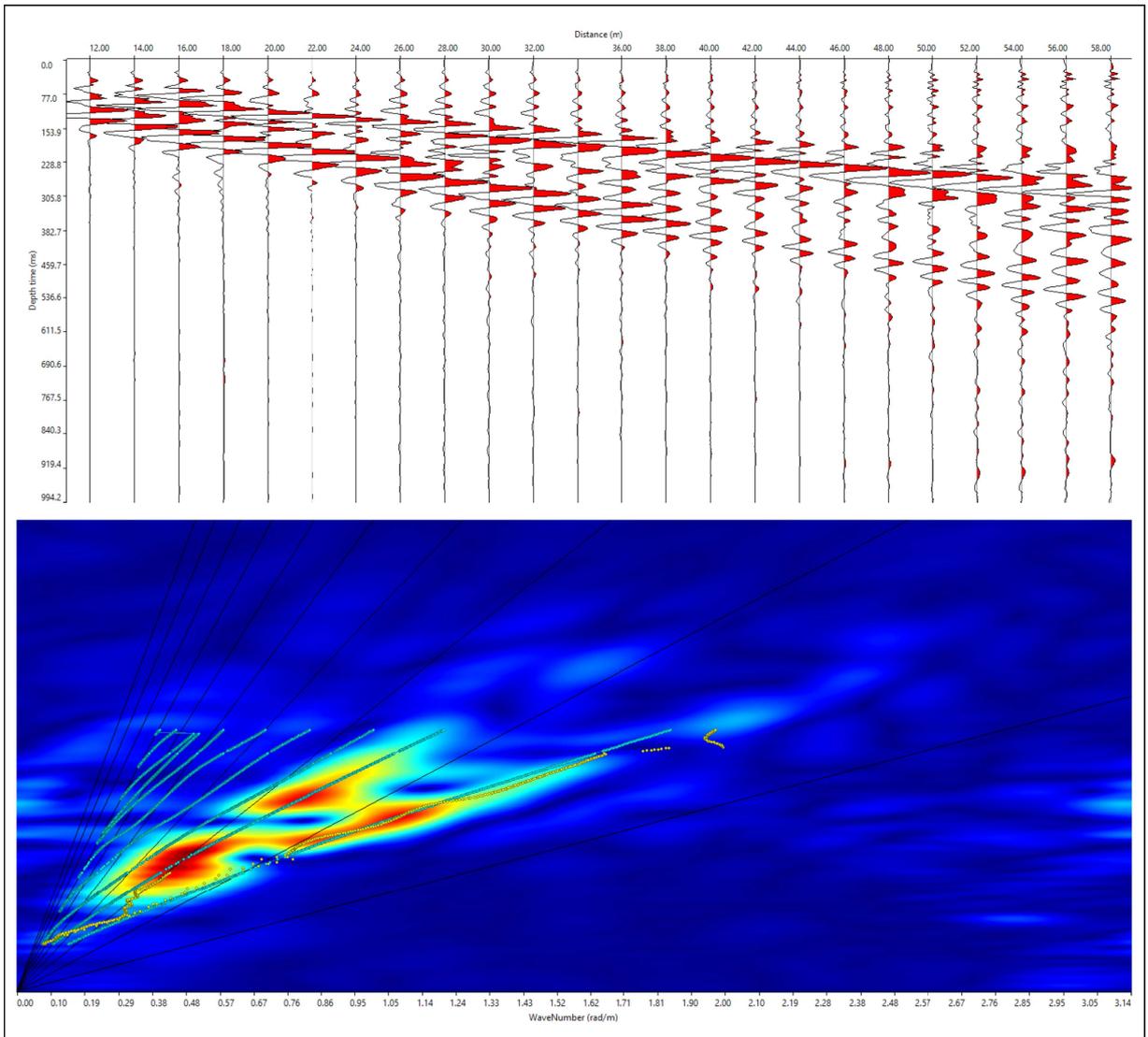
Energizzazione 6 m: sismogramma medio e spettro frequenza-velocità.



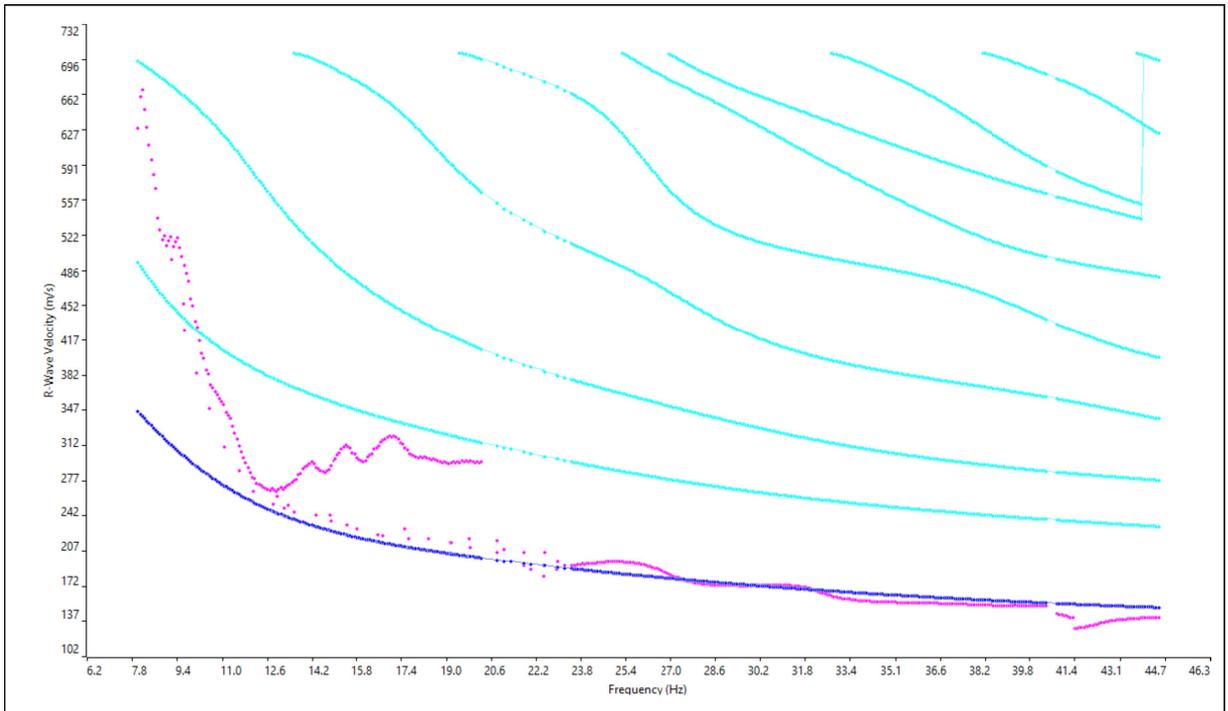
Energizzazione 6 m: curva di dispersione sperimentale (viola) e teorica (blu).



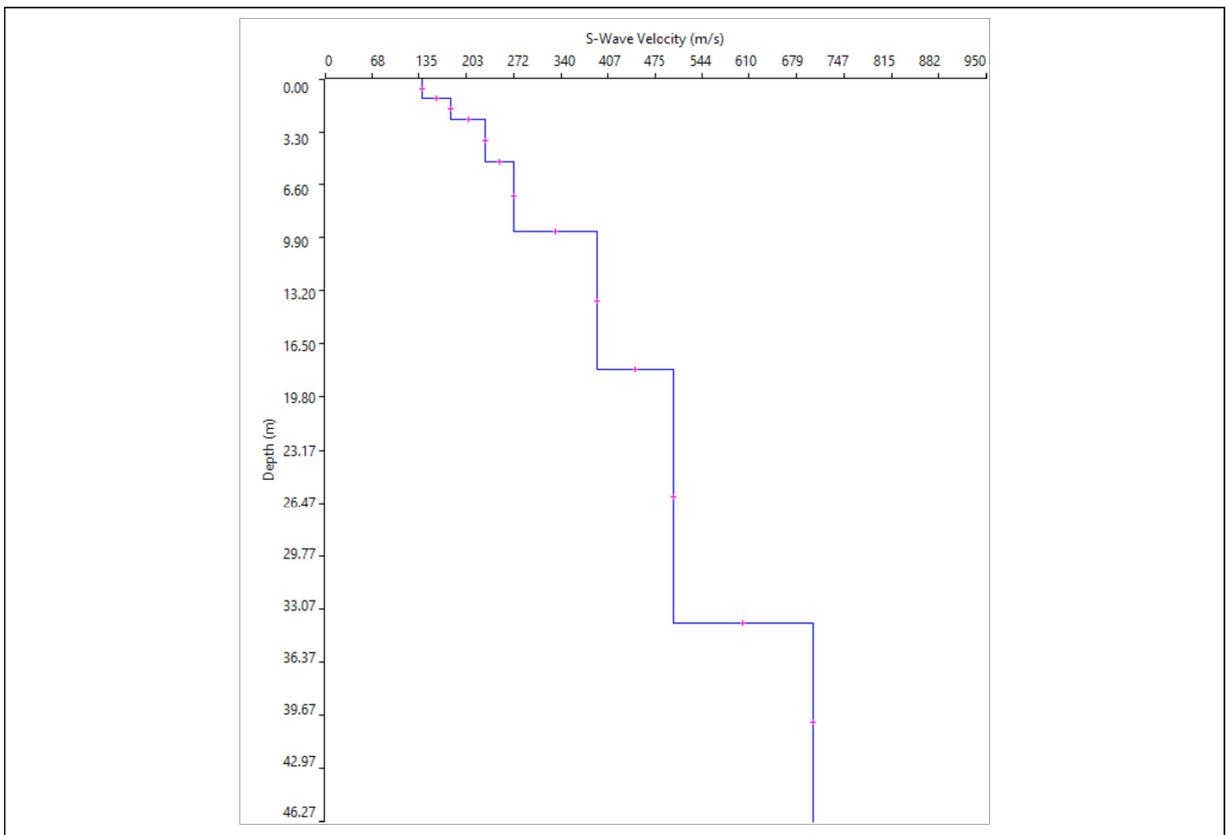
Energizzazione 6 m: distribuzione Vs.



Energizzazione 12 m: sismogramma medio e spettro frequenza-velocità.



Energizzazione 12 m: curva di dispersione sperimentale (viola) e teorica (blu).



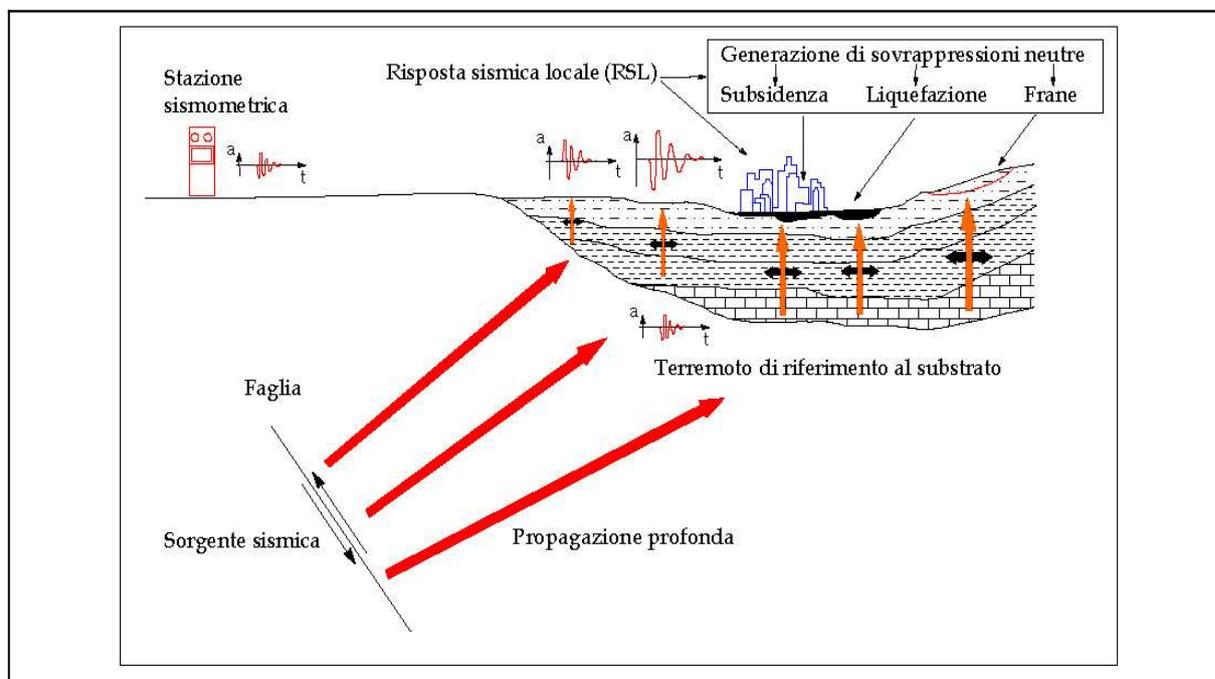
Energizzazione 12 m: distribuzione Vs.

4. ANALISI DEGLI ASPETTI SISMICI

4.1. Individuazione della pericolosità del sito

Il presente capitolo ha lo scopo di valutare la risposta sismica locale in base alle caratteristiche morfologiche, topografiche e litologiche dell'area in esame, e stabilire per essa un grado di interazione degli effetti indotti dagli eventi sismici, allo scopo di indirizzare le scelte progettuali e realizzative in fase di dimensionamento delle opere e loro ubicazione.

In linea generale, non esistono misure di mitigazione atte a contenere il danno provocato potenziale; le uniche raccomandazioni riguardano accorgimenti logistici e progettuali tali da prevenire un ulteriore rischio di amplificazione locale e in generale un piano di sicurezza generale che preveda anche l'eventualità di condizioni sovrastimate.



Propagazione di un evento sismico dalla sorgente al sito (scala distorta).

Come definito nel Testo Unico allegato al D.M. del 14/01/2008, “*le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione. Essa costituisce l’elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche. La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa ag ...*”.

Il Comune di Peschiera Borromeo, secondo la classificazione dei comuni lombardi di cui alla D.G.R. 11 luglio 2014, n. 2129, ricade in **Zona sismica 3**. L'accelerazione sismica orizzontale massima su suolo rigido e pianeggiante, che ha una probabilità del 10% di essere superata in un intervallo di tempo di 50 anni, è pari a $A_{g_{max}} = 0,059165 \text{ g}$ (v. O.P.C.M. 3519/06, in Lombardia varia da 0,037 a 0,163 g).



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

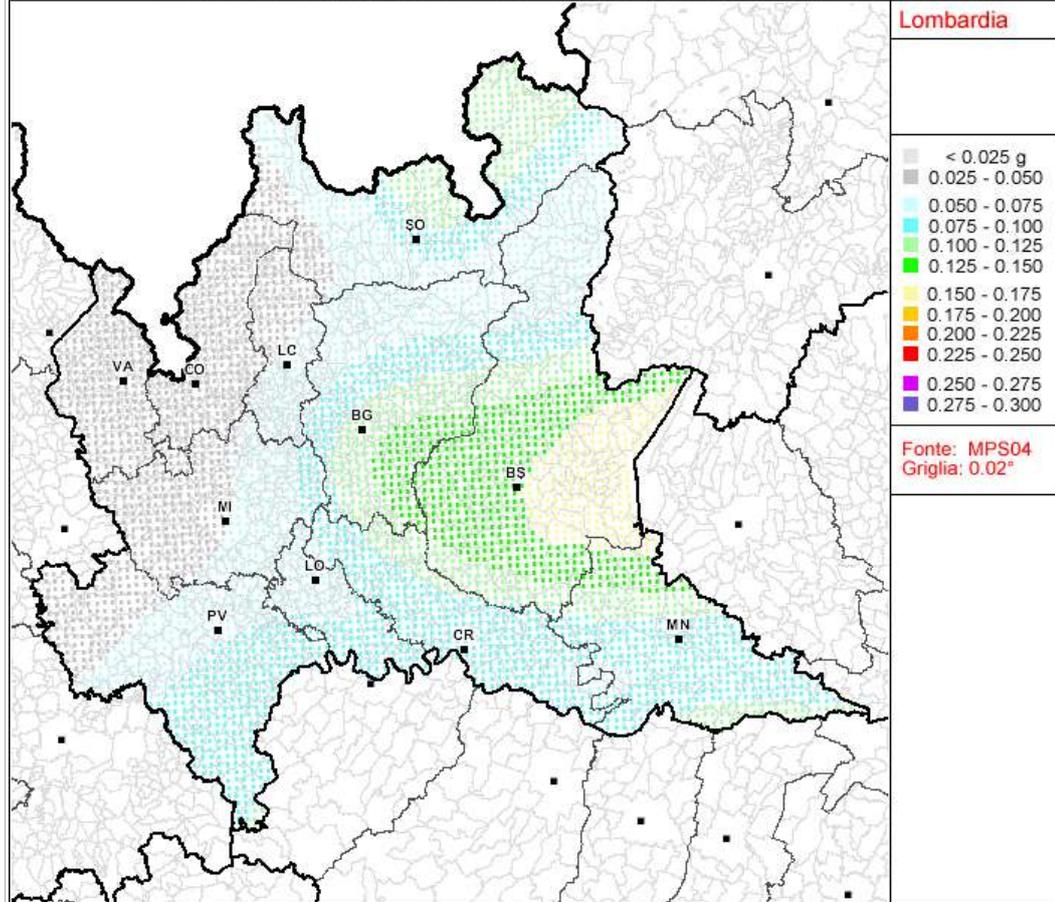
Valori di pericolosità sismica del territorio nazionale

(riferimento: Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n.3519, All. 1b)

espressi in termini di accelerazione massima del suolo

con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni

riferita a suoli rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s; cat.A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005)



Carta della pericolosità sismica di base (OPCM n. 3519 del 28/04/2006)
presa come riferimento nelle NTC-2008.

4.2. Valutazione dei parametri sismici sito-specifici (approccio semplificato)

L'approccio semplificato previsto dal § 3.2.2 delle NTC-08 prevede l'analisi e la valutazione dei seguenti parametri sismici di progetto:

- vita nominale,
- classe d'uso
- vita di riferimento,
- categoria di sottosuolo,
- condizioni topografiche.

Nella scelta della strategia di progettazione, mediante l'utilizzo di software dedicato reso disponibile dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, si sono considerati i seguenti parametri di input:

- vita nominale $V_N = 50$ anni,
- classe d'uso $C_u = III$,
- coefficiente d'uso $C = 1.5$,
- vita di riferimento per la costruzione $V_r = V_N \cdot C = 50$ anni;
- coefficiente di smorzamento viscoso $\xi = 5\%$.

Vita nominale

La vita nominale V_N di un'opera strutturale viene intesa come il numero di anni nel quale l'opera, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, debba poter essere usata per lo scopo a cui è destinata; la vita nominale dei diversi tipi di opere è riportata nella tab. 2.4.I delle NTC-08: per le "opere ordinarie" deve essere utilizzata una vita nominale (in anni) $V_N \geq 50$.

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale V_N (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva ¹	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

Classe d'uso

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di un'interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso (v. § 2.4.2 delle NTC-08). L'opera in progetto qui considerata ricade in **Classe d'uso III**: "Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi [...]".

Vita di riferimento

Le azioni sismiche su una costruzione sono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C ($V_R = V_N \cdot C$) (v. anche tab. 2.4.II delle NTC-08). Nel caso in esame, il periodo di riferimento per la costruzione è pari a **50 anni**.

Categoria di sottosuolo

L'identificazione della categoria di sottosuolo è stata eseguita sulla base dell'indagine sismica effettuata (v. Paragrafo 3.2. precedente), che ha fornito un valore di Vs30 pari a 342-338 m/s. La tabella 3.2.II delle NTC-08 indica la categoria sismica di appartenenza del suolo di fondazione: in base al valore di Vs ottenuto si può affermare che il terreno è assimilabile alla **categoria C**.

Tipo di terreno	Profilo stratigrafico	Parametri		
		VS30 m/s	N _{SPT}	cu kPa
A	Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi	> 800		
B	Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	< 800 > 360	> 50	> 250
C	Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza	< 360 > 180	< 50 > 15	< 250 > 70
D	Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti	< 180	< 15	< 70
E	Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali, con valori di VS30 simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con VS30 > 800m/s			

Condizioni topografiche

Nella tab. 3.2.IV delle NTC-08, riportata nel seguito, sono classificate le diverse configurazioni superficiali; per ciascuna categoria la tab. 3.2.VI delle NTC-08 prevede un coefficiente topografico S_T.

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 $i > 30^\circ$

L'area di intervento ha una pendenza di 0,63 gradi, derivata dal modello digitale del terreno del territorio regionale a cella 20x20m; per configurazioni superficiali semplici come quella in esame non sono attese amplificazioni e, adottando la classificazione prevista dalla tab. 3.2.IV delle NTC-08, risulta la **categoria T1**: “Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ ”. Il valore del coefficiente topografico S_T corrispondente alla categoria topografica T1, è S_T = 1.

Fattore di struttura

Il valore del fattore di struttura q da utilizzare per ciascuna direzione dell'azione sismica (v. § 7.3.1 delle NTC-08) dipende dalla tipologia strutturale, dal suo grado di iperstaticità, dai criteri di progettazione adottati e prende in conto le non linearità del materiale. Esso può essere calcolato tramite la seguente espressione:

$$q = q_0 \cdot K_R$$

ove:

- ✓ q_0 è il valore massimo del fattore di struttura, che dipende dal livello di duttilità attesa, dalla tipologia strutturale e dal rapporto α_u/α_l tra il valore dell'azione sismica per il quale si verifica la formazione di un numero di cerniere plastiche tali da rendere la struttura labile e quello per il quale il primo elemento strutturale raggiunge la plasticizzazione a flessione;
- ✓ K_R è un fattore riduttivo che dipende dalle caratteristiche di regolarità in altezza della costruzione, con valore pari a 1 per costruzioni regolari in altezza e pari a 0,8 per costruzioni non regolari.

Nei confronti delle azioni sismiche gli Stati Limite, sia di Esercizio che Ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali e quelli non strutturali.

Gli Stati Limite sono intesi come gli stati oltre i quali la struttura non soddisfa i criteri di progetto, ovvero gli stati situati alla frontiera tra il dominio di stabilità e quello di instabilità. Le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito, che è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo (periodo di riferimento V_R), in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato; la probabilità è denominata "probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento" P_{V_R} .

Il "periodo di ritorno" T_R è il periodo medio intercorrente fra un sisma e il successivo di eguale intensità. Per ciascuno Stato Limite e relativa probabilità di eccedenza P_{V_R} nel periodo di riferimento, il periodo di ritorno del sisma è dato da:

$$T_R = -V_R / \ln(1 - P_{V_R}) = -C_U \cdot V_N / \ln(1 - P_{V_R}) \quad (C.3.2.1)$$

Per il sito in esame, i periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica sono:

Valori di progetto		T_R (anni)
Stati limite di esercizio - SLE	SLO - $P_{V_R} = 81\%$	45
	SLD - $P_{V_R} = 63\%$	75
Stati limite ultimi - SLU	SLV - $P_{V_R} = 10\%$	712
	SLC - $P_{V_R} = 5\%$	1462

ove:

- ✓ *SLO = Stato Limite di Operatività*: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed intenzioni d'uso significativi;
- ✓ *SLD = Stato Limite di Danno*: a seguito del sisma la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature;
- ✓ *SLV = Stato Limite di salvaguardia della Vita*: a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- ✓ *SLC = Stato Limite di prevenzione del Collasso*: a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei

componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Gli SLE sono attinenti a deformazioni del terreno dovute al peso proprio o a forze esterne, senza considerare le condizioni di sollecitazione a rottura; gli SLU si riferiscono invece a condizioni poste immediatamente prima della rottura ultima del terreno per flusso plastico, senza considerare gli effetti deformativi.

Introducendo il periodo fondamentale di struttura T_1 ed il fattore di struttura q , che devono essere forniti dal Progettista e/o Ing. strutturista responsabile, si potranno ricavare gli *spettri di progetto* $S_d(T)$. Per costruzioni civili o industriali che non superano i 40 m di altezza e con massa uniformemente distribuita, il periodo del modo di vibrare principale, in assenza di calcoli più dettagliati, può essere stimato con la seguente relazione:

$$T_1 = c_1 \cdot H^{3/4} \text{ (analisi lineare statica)}$$

ove:

- ✓ H = altezza della costruzione, in metri, dal piano di fondazione;
- ✓ c_1 = coefficiente pari a 0.085 per costruzioni con struttura a telaio in acciaio, 0.075 per costruzioni con struttura a telaio in calcestruzzo armato, 0.050 per costruzioni con qualsiasi altro tipo di struttura.

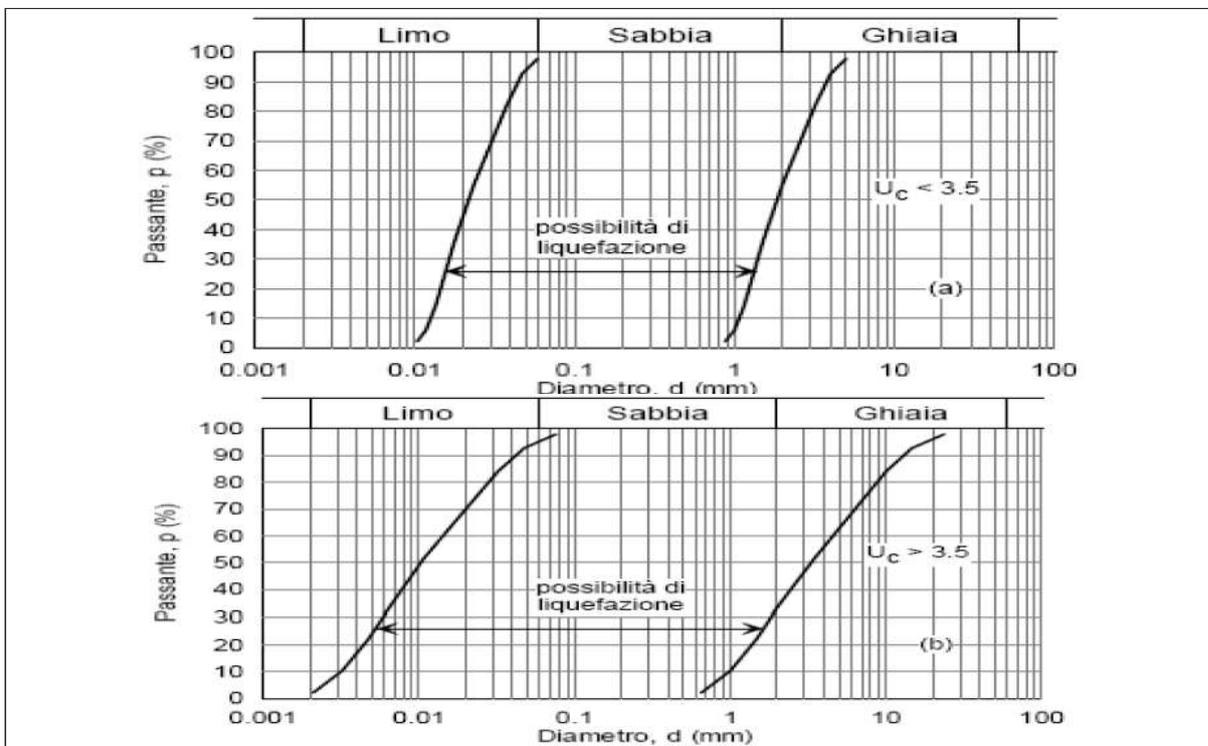
Gli spettri di progetto che devono essere utilizzati per gli Stati Limite, sia per le componenti orizzontali che per la componente verticale, sono gli spettri elastici corrispondenti riferiti alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} considerato.

4.3. Analisi della suscettibilità a liquefazione

Per liquefazione di un terreno si intende il quasi totale annullamento della sua resistenza al taglio, con l'assunzione del comportamento meccanico caratteristico dei liquidi. I fenomeni di liquefazione interessano in genere depositi non coesivi saturi e dipendono principalmente da proprietà geotecniche dei terreni, caratteristiche delle vibrazioni sismiche e loro durata, genesi, storia geologica dei terreni, profondità della falda.

Nell'ambito della verifica dell'esistenza del rischio di liquefazione dei terreni di fondazione, l'adempimento necessario in presenza di terreni spiccatamente granulari sotto falda, è in ragione della prescrizione di cui al paragrafo 7.5.11.1 delle NTC-08 e alla relativa Circolare esplicativa del C.S.LL.PP. n° 617/2009. Facendo riferimento ai criteri di esclusione di cui al paragrafo 7.11.3.4.2 delle NTC, la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti cinque circostanze:

- 1) eventi sismici attesi di Magnitudo Momento M_{aw} inferiore a 5;
- 2) accelerazioni massime attese al piano campagna ($A_{g_{max}}$), in assenza di manufatti (condizioni di campo libero), minori di 0,1g;
- 3) profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- 4) depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$, dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
- 5) distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura seguente in caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.



Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione: il parametro U_c – coefficiente di uniformità – è dato dal rapporto D_{60}/D_{10} , ove D_{60} e D_{10} sono i diametri delle particelle corrispondenti rispettivamente al 60% e al 10% del passante sulla curva granulometrica cumulativa.

Nel seguito si espone, per l'area oggetto di intervento, la valutazione delle ricorrenze di cui sopra al fine di verificare se può essere omessa o meno la verifica di liquefazione.

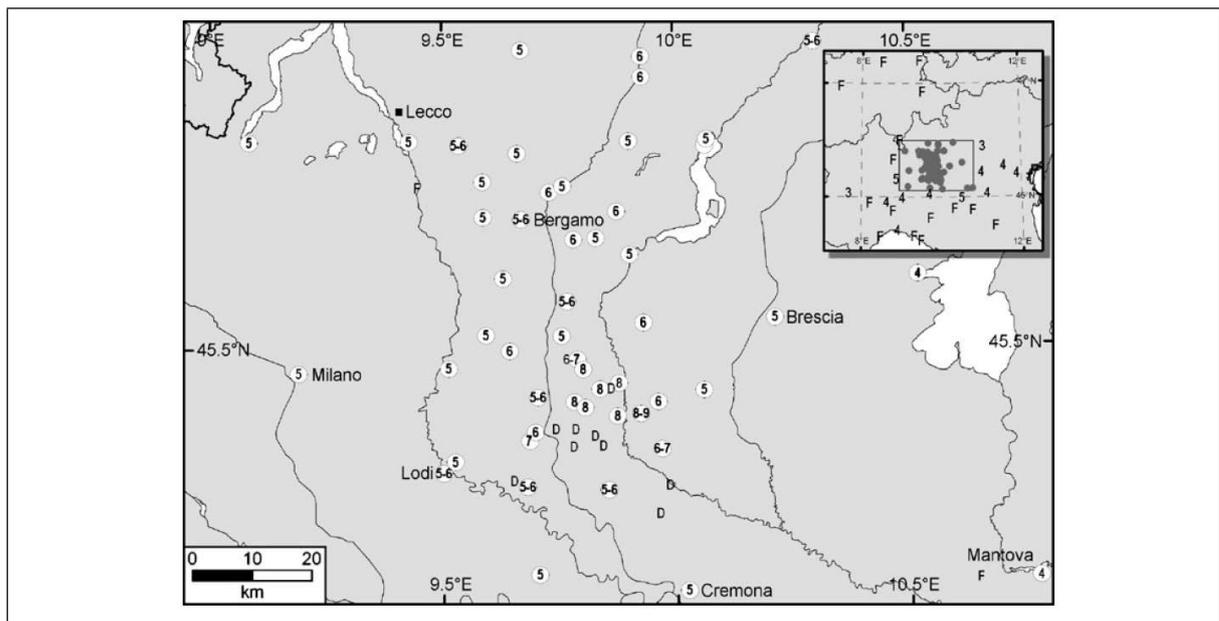
1. Magnitudo locale

Alla maggior parte dei terremoti è associata una stima di durata del segnale sismico determinata dagli analisti dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

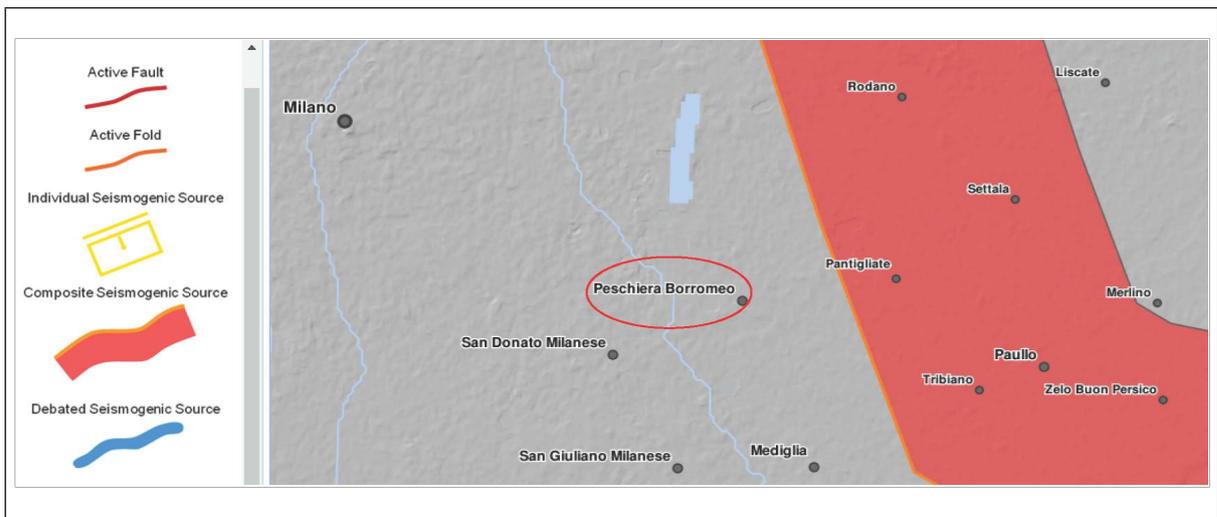
Anno	Me	Gi	AE	Lat	Lon	Maw
1276	7	28	ITALIA SETTENT.	45.08	9.55	5.11
1396	11	26	MONZA	45.58	9.27	5.37
1593	3	8	BERGAMO	45.694	9.67	5.03
1606	8	22	BERGAMO	45.694	9.67	5.03
1642	6	13	BERGAMO	45.694	9.67	5.03
1781	9	10	CARAVAGGIO	45.497	9.644	5.03
1786	4	7	PIACENZA	45.298	9.595	5.31
1802	5	12	VALLE DELL'OGLIO	45.42	9.85	5.67
1918	4	24	LECCHESI	45.778	9.631	5.07
1951	5	15	LODIGIANO	45.254	9.55	5.24
1979	2	9	TREZZO SULL'ADDA	45.617	9.467	5.03

Catalogo parametrico dei terremoti italiani: eventi con Magnitudo Momento > 5.

Il principale evento segnalato negli archivi storici come risentito dalla popolazione e dai manufatti presenti nel territorio indagato è dato dal sisma del 12 maggio 1802 con area epicentrale nella Valle dell'Oglio e $M_{aw} = 5.67$; tale evento si è sentito nel milanese con intensità ca. pari a 5. L'area in studio non è interessata dalla presenza di sorgenti sismogenetiche composite e la sorgente ITCS115 denominata "*Western S-Alps external thrust shallow-west*" è esterna all'area e ad una distanza di ca. 5 km, pur tuttavia i valori di magnitudo dei sismi segnalati ($M_{aw} > 5$) NON consentono di escludere il rischio di liquefazione.



Mappa delle intensità del sisma del 1802 ($M_w = 5,7$; 8-9 MCS).



Individuazione delle principali sorgenti sismogenetiche per terremoti di magnitudo superiore a 5.5 (Catalogo DISS versione 3.2.0. dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia).

2. Accelerazioni massime attese

Al fine della caratterizzazione delle azioni sismiche di cui al § 3.2 della normativa e della definizione delle forme spettrali in base ai parametri correlati al reticolo di riferimento, le coordinate del sito in oggetto (coordinate geografiche decimali) sono le seguenti (la sigla ED50 si riferisce all'ellissoide di riferimento adottato per la carta di pericolosità dell'INGV, ovvero il sistema di coordinate del reticolo sismico di riferimento European Datum 1950):

- Longitudine: λ_{ED50} 9,299365°
- Latitudine: ϕ_{ED50} 45,44355°

Nodi di riferimento del reticolo:

- ✓ vertice 1 - Lat: 45,4618 Lon: 9,2885 Distanza: 2198,263
- ✓ vertice 2 - Lat: 45,4642 Lon: 9,3595 Distanza: 5224,153
- ✓ vertice 3 - Lat: 45,4143 Lon: 9,3630 Distanza: 5933,593
- ✓ vertice 4 - Lat: 45,4119 Lon: 9,2920 Distanza: 3572,034

Utilizzando gli Stati Limite di riferimento ed una categoria di sottosuolo di tipo C si ottengono, per l'area di intervento, i valori dei parametri a_g , F_0 , T_c^* per i periodi di ritorno T_r associati a ciascuno Stato Limite. Detti valori, riportati nella tabella seguente, sono stati determinati utilizzando sia il metodo della "media ponderata" (definito dalle NTC-08) sia quello della "superficie rigata" (esposto nella Circolare del 2009); per il sito in esame, si sono ottenuti valori pressoché coincidenti.

I parametri A_g , F_0 e T_c^* di cui sopra definiscono le forme spettrali:

- ✓ a_g = accelerazione orizzontale massima al sito (m/s^2);
- ✓ F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale (-);
- ✓ T_c^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale (sec).

Stato Limite	Tr [anni]	ag [g]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	45	0,026	2,543	0,197
Danno (SLD)	75	0,032	2,558	0,216
Salvaguardia vita (SLV)	712	0,065	2,640	0,290
Prevenzione collasso (SLC)	1462	0,080	2,674	0,303
Periodo di riferimento per l'azione sismica: 75 anni				

Valori dei parametri a_g , F_o , T_c^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno Stato Limite.

K_h e K_v sono i coefficienti sismici orizzonte e verticale, che dipendono da vari fattori:

$$K_h = \beta \cdot (a_{max} / g)$$

$$K_v = \pm 0,5 \cdot K_h$$

ove:

- ✓ β = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;
- ✓ a_{max} = accelerazione orizzontale massima attesa al sito;
- ✓ g = accelerazione di gravità = 9,80665.

Stato Limite	Ss	Cc	St	K_h	K_v	A_{max} [m/s ²]	β
Operatività (SLO)	1,500	1,800	1,000	0,008	0,004	0,382	0,200
Danno (SLD)	1,500	1,740	1,000	0,010	0,005	0,469	0,200
Salvaguardia vita (SLV)	1,500	1,580	1,000	0,019	0,010	0,955	0,200
Prevenzione collasso (SLC)	1,500	1,560	1,000	0,024	0,012	1,170	0,200

Coefficienti Sismici (tipo di elaborazione: stabilità dei pendii e fondazioni).

Generalmente il potenziale di liquefazione è estremamente basso o nullo per accelerazioni massime SLV al piano campagna minori di $0,1 g = 0,980 m/s^2$, pertanto i valori calcolati di accelerazioni massime attese CONSENTONO di escludere il rischio di liquefazione.

3. Profondità media stagionale della falda

La distanza della superficie piezometrica dal piano di campagna risulta, nell'area di intervento, inferiore a 15 m. Il potenziale di liquefazione è estremamente basso o nullo per una profondità media della falda superiore ai 15 m dal piano campagna, pertanto il valore di profondità della falda NON consente di escludere il rischio di liquefazione.

4. Resistenza meccanica del terreno di fondazione

La resistenza meccanica del terreno di fondazione è stata calcolata sulla base delle risultanze delle prove penetrometriche SCPT. Attraverso l'utilizzo delle correlazioni nazionali ed internazionali maggiormente riconosciute, si ricava il parametro N_{SPT} , dal quale parametro, una volta normalizzato alla pressione di 100 Kpa, si ottiene il parametro $(N_1)_{60}$:

$$(N_1)_{60} = N_{SPT} * C_N * C_E * C_B * C_R * C_S$$

Nel caso in esame il valore del parametro $(N_1)_{60}$ è inferiore a 20. In genere, il potenziale di liquefazione è estremamente basso per resistenze comprese tra 20 e 30, nullo per resistenze $(N_1)_{60} > 30$, pertanto il valore di profondità della resistenza meccanica del terreno di fondazione NON consente di escludere il rischio di liquefazione.

5. Distribuzione granulometrica dei terreni di fondazione

In assenza di analisi granulometriche specifiche, non è possibile individuare il coefficiente di uniformità U_c del deposito né la posizione della sua curva granulometrica nell'ambito del fuso di riferimento normativo.

Alla luce di quanto indicato, considerando le verifiche esposte relative ai cinque parametri analizzati, si ritiene possano essere esclusi incipienti fenomeni di liquefazione nell'intorno dell'area investigata.

5. CONCLUSIONI

La Relazione Geologica in oggetto è stata redatta ai sensi della D.G.R. IX/2616 del 30 novembre 2011 e del D.M. 14 gennaio 2008 (p.to 6.2.1 delle N.T.C.). Il comparto in esame ricade nella Classe di fattibilità geologica 3, con consistenti limitazioni all'edificazione (v. p.to 3.1 della D.G.R. 2616/2011); il tipo di limitazioni riscontrate (v. p.to 3.2 della citata D.G.R.) sono riconducibili alla vulnerabilità idrogeologica del sito e alle scadenti caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione, pertanto si sono sviluppati i dovuti approfondimenti relativi a tali componenti, nonché gli approfondimenti relativi agli aspetti sismici, la cui tipologia e grado sono dettagliatamente descritti nel Capitolo 4.

Alla luce delle analisi e delle ricostruzioni effettuate e illustrate in precedenza nel testo, relativamente alle necessità di ricostruzione del modello geologico e di valutazione della componente sismica, emerge quanto segue.

- 1) Da un punto di vista GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO (v. Capitolo 2), non si segnalano fattori ostativi alla realizzazione del progetto: non si rilevano particolari evidenze morfologiche e alla scala dell'area d'intervento non sono presenti criticità, localmente non è visibile e non è in altro modo nota la presenza di fenomeni di instabilità o legati al dissesto e, in termini di precarietà dei luoghi, allo stato attuale l'area risulta assestata, né si rilevano zone con emergenze o ristagni delle acque in superficie.
- 2) Ai fini della valutazione della fattibilità dell'intervento in progetto, sulla base della documentazione geologica prodotta a supporto del PGT di Peschiera Borromeo, si è verificata l'assenza di interferenza del progetto con le AREE DI SALVAGUARDIA DEI POZZI per acqua del pubblico acquedotto.
- 3) Per ciò che concerne la VERIFICA DELLE CONDIZIONI PIEZOMETRICHE dell'area, nel territorio comunale di Peschiera Borromeo l'alimentazione della prima falda è direttamente connessa alla pratica irrigua (attivazione dei canali irrigui e irrigazione di aree coltivate), che determina le maggiori escursioni positive nel periodo luglio, agosto e settembre. La soggiacenza misurata presso l'area di studio è inferiore a -2,70 m dall'attuale p.c. Le valutazioni condotte su scala stagionale e pluriennale portano tuttavia a ritenere che lo scenario più critico debba considerare una quota massima raggiungibile sommando alla quota misurata 0,27 m per gli incrementi stagionali medi e 0,58 m per gli incrementi pluriennali; la soggiacenza minima statisticamente raggiungibile rispetto al p.c. risulta pertanto pari a -1,90 m. Per non interferire con il deflusso idrico sotterraneo, pur tenuto conto che gli edifici in progetto non prevedono piani interrati, si dovrà comunque impostare il piano di fondazione al di fuori del campo di variazione significative del contenuto d'acqua del terreno, ovvero cautelativamente ad una QUOTA NON INFERIORE A -1,50 M DALL'ATTUALE P.C. In ogni caso, qualora gli scavi dovessero interferire con il livello freatico, dovrà essere prevista la possibilità di mettere in opera sistemi di abbattimento del livello piezometrico adeguatamente dimensionati anche tenendo conto dell'interferenza con eventuali strutture nelle immediate vicinanze.
- 4) Per quanto concerne le “*PROBLEMATICHE NON SEVERE DI ORDINE IDRAULICO*”, si ritiene che il sito sia ubicato ad una distanza ritenuta di ampia sicurezza dal Lambro (circa 2,5 km a est del fiume). Il comparto in esame, inoltre, è completamente esterno alle fasce fluviali del P.A.I. In ogni caso l'area è stata inserita nella classe di fattibilità 3, poiché in passato è stata “*interessata da eventi alluvionali (allagamenti con ridotti tiranti idrici con acque ferme durante gli eventi del*

1947 e 1951) per rigurgito del reticolo idrico e del sistema di smaltimento delle acque e della falda". A tal proposito si pone in evidenza quanto segue:

- ✓ il territorio in esame, dal punto di vista morfologico, presenta un assetto pianeggiante con assenza di scarpate ad accentuata pendenza, impluvi o vallecole che possano favorire il ruscellamento delle acque in superficie, e la realizzazione del progetto non andrà a modificare l'attuale equilibrio geomorfologico dell'area;
- ✓ dal punto di vista idrogeologico, è presente una falda superficiale ad una quota sensibilmente inferiore a quella del piano strada di via Galvani, falda che risulta tale da non interagire con le opere in progetto;
- ✓ in ugual misura non risulta interessata o modificata dal progetto la rete idrica superficiale, in quanto non direttamente presente e limitata alla Roggia Vitaliana, cavo funzionale che scorre in un tratto tombinato con andamento circa nord-sud lungo il confine occidentale del sito;
- ✓ la superficie territoriale circostante risulta essere occupata, lungo il lato est, da estesi campi serviti da una fitta rete irrigua e dotati di una buona rete scolante.

Dall'analisi del progetto, in relazione alle caratteristiche morfologiche e idrogeologiche del territorio, sulla base di quanto sopra e di quanto più dettagliatamente illustrato ai §§ 2.2. e 2.3. precedenti, non sono emersi nello scenario di attuazione degli interventi problemi legati all'incompatibilità degli stessi con la tutela idrogeologica del territorio.

- 5) Il modello geologico e geofisico del comparto in esame è stato ricostruito sulla base delle indagini penetrometriche e sismiche appositamente eseguite nel sito d'interesse (v. Capitolo 3). Durante l'esecuzione delle prove e dall'elaborazione dei dati non sono emerse problematiche rilevanti alla realizzazione delle opere di fondazione. La prova MASW in particolare ha permesso di valutare i fenomeni di amplificazione sismica attraverso la procedura semplificata basata sulla definizione della CATEGORIA DI SOTTOSUOLO C di cui al punto 3.2.2 delle NTC-08.
- 6) I fenomeni di amplificazione sismica di tipo topografico sono stati valutati attraverso la procedura semplificata basata sulla definizione della CATEGORIA TOPOGRAFICA T1 di cui al punto 3.2.2 delle NTC-08, mediante analisi morfologica di dettaglio.
- 7) Ai sensi dello studio geologico comunale redatto in attuazione dell'art. 57 comma 1 della L.R. 12/2005, le caratteristiche geologiche del sito di intervento sono riconducibili allo scenario di Pericolosità Sismica Locale PSL: Z2b - LIQUEFAZIONE (v. p.to 2.1 della D.G.R. 2616/2011, Allegato 5). La sicurezza nei confronti del fenomeno della liquefazione è stata valutata ai sensi del punto 7.11.3.4.2 delle NTC-08.
- 8) In relazione alla COMPONENTE SISMICA DI BASE, sono stati ricavati gli elementi di base utili al calcolo dell'azione sismica; introducendo il periodo fondamentale di struttura T1 ed il fattore di struttura q, il Progettista e/o Ing. Strutturista responsabile potrà ricavare gli spettri di progetto.
- 9) Per quanto concerne lo SMALTIMENTO DELLE ACQUE, si prevede:
 - ✓ la raccolta delle acque meteoriche dalle coperture e il loro riutilizzo per irrigare le aree verdi, per la pulizia delle aree esterne e per le acque dei servizi igienici;
 - ✓ la raccolta, previo opportuno trattamento di disoleatura, delle acque di dilavamento dalle superfici scoperte impermeabili (sedi stradali e parcheggi) e il loro riutilizzo per irrigare le aree verdi, per la pulizia aree esterne e per le acque dei servizi igienici.

In entrambe le circostanze, in caso di troppo pieno si provvederà all'immissione delle acque di scolo nel suolo e negli strati superficiali del sottosuolo, al fine di sfruttare l'attività biologica depurativa del primo strato del terreno ("orizzonte A"). Non sono previsti recapiti in fognatura o

in corso d'acqua superficiale, né sono presenti acque di processo industriale ovvero acque provenienti da qualsiasi tipo di lavorazione, lavaggio, raffreddamento impianti, etc.

- 10) Relativamente agli ASPETTI URBANISTICI faranno riferimento norme e prescrizioni fornite dalla L.R. 12/05 art. 57 – “*Componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio*” e dalle relative delibere attuative (di cui l'ultima è la D.G.R. n. IX/2616 del 30 novembre 2011), nonché da quanto prescritto per il territorio comunale nell'ambito del regolamento edilizio e della Normativa Geologica di Attuazione.

Per l'intervento in oggetto, sulla base di quanto sopra (v. anche §§ precedenti), si è verificata la compatibilità del progetto con la destinazione urbanistica prevista dal PGT vigente e, valutato il quadro progettuale ricostruito in base a quanto fornito ad oggi dal Committente, si ritiene assicurata la compatibilità geologica-geomorfologica e idrogeologica dell'area con la tipologia delle opere in progetto.

In fase di realizzazione degli interventi, fatte salve le ulteriori prescrizioni fornite dalla legislazione vigente in materia e dalle norme tecniche di settore, si forniscono le seguenti RACCOMANDAZIONI:

- ✓ durante la fase di realizzazione delle opere si dovrà avere sempre cura di verificare che le ipotesi di progetto corrispondano effettivamente a quelle realizzate nel corso degli interventi;
- ✓ sarà cura dell'Impresa e della D.L., in caso di varianti in corso d'opera, l'adozione di soluzioni tecniche comunque a favore della sicurezza; sarà compito del Progettista effettuare le dovute valutazioni e richiedere eventuali approfondimenti di indagine;
- ✓ in relazione agli aspetti sismici, qualunque intervento dovrà essere progettato nel rispetto delle leggi statali e regionali vigenti in materia, di quanto richiesto dai locali regolamenti e norme tecniche, nonché dal D.M. 14.01.2008 e dalla classificazione sismica del territorio comunale.

APPENDICE 1

MODULISTICA REGIONALE UNIFICATA SISMICA: MODULO 9 - ASSEVERAZIONE



Regione
Lombardia

MODULO 9

DICHIARAZIONE / ASSEVERAZIONE DEL GEOLOGO DI CONGRUITA' DEI CONTENUTI DELLA RELAZIONE GEOLOGICA AI REQUISITI RICHIESTI DAL PUNTO 6.2.1 DELLE N.T.C. DM 14/01/08 e/o DALLA D.G.R. IX 2616/2011

Il sottoscritto Dott. Geol. Davide Albricci
iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione Lombardia n. AP 1518 incaricato in
data 14/02/2017 da Ro.Lu. s.a.s. di Provesi Anna Maria
per conto di Immobiliare MARISTELLA S.r.l.
di redigere la relazione geologica relativa al seguente intervento
Piano Urbanistico Attuativo ai sensi degli artt. 12 e 14 della L.R. n° 12 dell'11 marzo 2005 e s.m.i. relativo all'Ambito di Trasformazione ATU 7 - Mezzate
.....
.....
.....
eseguito in Comune di Peschiera Borromeo Località Mezzate
Via Galvani n° CAP 20068
Comune Catastale G488 Foglio n. 38 Mappale o Particella 273, 279, 294

consapevole che in caso di dichiarazione mendace sarà punito ai sensi del Codice Penale secondo quanto prescritto dall'art. 76 del succitato D.P.R. 445/2000 e che, inoltre, qualora dal controllo effettuato emerga la non veridicità del contenuto di taluna delle dichiarazioni rese, decadranno i benefici conseguenti al provvedimento eventualmente emanato sulla base della dichiarazione non veritiera (art. 75 D.P.R. 445/2000),

DICHIARA

A. che la relazione geologica in oggetto è stata redatta ai sensi di:

- D.M. 14 gennaio 2008 (N.T.C. p.to 6.2.1)
- D.G.R. IX/2616 del 30 novembre 2011 e D.M. 14 gennaio 2008 (N.T.C. p.to 6.2.1)
- D.M. 14 gennaio 2008 (N.T.C. p.to 6.2.1), recependo quanto contenuto in una relazione geologica già depositata, redatta ai sensi della D.G.R. IX/2616 del 30 novembre 2011 per il rilascio del titolo abilitativo relativo all'intervento in questione

B. che, ai sensi dello studio geologico comunale redatto in attuazione dell'art. 57 comma 1 della L.R. 12/2005, le caratteristiche geologiche del sito di intervento sono:

1. *SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE PSL 1 LIV – DGR IX 2616/2011 all. 5 p.to 2.1*

- | | | |
|---|--|--|
| <input type="checkbox"/> Z1 Instabilità dei versanti | <input type="checkbox"/> Z2a Cedimenti | <input checked="" type="checkbox"/> Z2b Liquefazione |
| <input type="checkbox"/> Z3 Amplificazione topografica | <input type="checkbox"/> Z4 Amplificazione Stratigrafica | |
| <input type="checkbox"/> Z5 Comportamenti differenziali | <input type="checkbox"/> Nessuno scenario | |

1.1 VERIFICA SISMICA DI SECONDO LIVELLO PSL 2 LIV – DGR IX 2616/2011 all. 5 p.to 2.2

- Fattore di amplificazione sismica calcolato (FAC) > Soglia comunale (FAS)*
- Fattore di amplificazione sismica calcolato (FAC) <= Soglia comunale (FAS)*
- Analisi di secondo livello non effettuata

* tenuto conto delle tolleranze ammesse nell'Allegato 5 della D.G.R. IX/2616/2011

2. CLASSE DI FATTIBILITA' GEOLOGICA – DGR IX 2616/2011 p.to 3.1

- 1 senza particolari limitazioni
- 2 con modeste limitazioni
- 3 con consistenti limitazioni
- 4 con gravi limitazioni

2.1 TIPO DI LIMITAZIONE ALLA FATTIBILITA' GEOLOGICA – DGR IX 2616/2011 p.to 3.2

- a) Instabilità dei versanti dal punto di vista statico
- b) Vulnerabilità idrogeologica
- c) Vulnerabilità idraulica
- d) Scadenti caratteristiche geotecniche
- nessuna particolare limitazione

DICHIARA INOLTRE

C. di aver seguito tutte le prescrizioni previsti dalle norme geologiche di piano vigenti riportate nel piano delle regole del PGT del Comune di Peschiera Borromeo.....

D. di aver eseguito ai sensi degli allegati alla DGR IX/2616 del 30 novembre 2011:

- Approfondimento relativo all'instabilità dei versanti dal punto di vista statico (App1)
- Approfondimento relativo alla vulnerabilità idrogeologica (App2)
- Approfondimento relativo alla vulnerabilità idraulica (App3)
- Approfondimento relativo alle scadenti caratteristiche geotecniche (App4)
- Approfondimento relativo agli aspetti sismici (App5), la cui tipologia e grado sono dettagliatamente descritte nelle successive schede
- Nessun particolare approfondimento

E. di aver redatto il modello geologico del sito sulla base di:

- indagini appositamente eseguite nel sito d'interesse o nel suo immediato intorno, del tipo esecuzione di n. 7 prove penetrometriche dinamiche continue SCPT
esecuzione di n. 1 prova sismica di superficie di tipo MASW a 24 geofoni
messa in opera di tubazione provvisoria in PVC microfessurata e del diametro di 1,5" per la verifica della presenza della falda
- indagini pregresse, la cui estendibilità al sito d'interesse è stata adeguatamente motivata in relazione, del tipo

- F. di aver valutato i fenomeni di amplificazione sismica di tipo stratigrafico attraverso:
- analisi di risposta sismica locale
 - procedura semplificata basata sulla definizione della seguente categoria di sottosuolo, di cui al punto 3.2.2 delle NTC, la cui applicabilità è stata adeguatamente motivata in relazione :
 - A B C D E
 mediante la seguente tipologia d'indagine esecuzione di n. 1 prova sismica di superficie di tipo MASW a 24 geofoni
 la cui idoneità al caso specifico è stata adeguatamente motivata in relazione
- G. di aver valutato i fenomeni di amplificazione sismica di tipo topografico attraverso:
- analisi di risposta sismica locale
 - procedura semplificata basata sulla definizione della seguente categoria topografica, di cui al punto 3.2.2 delle NTC, la cui applicabilità è stata adeguatamente motivata in relazione:
 - T1 T2 T3 T4
 mediante analisi morfologica condotta su base topografica a scala di dettaglio.....
 la cui idoneità al caso specifico è stata adeguatamente motivata in relazione
- H. di aver adeguatamente considerato la sicurezza nei confronti del fenomeno della liquefazione, mediante:
- esclusione della verifica (punto 7.11.3.4.2 NTC), opportunamente motivata in relazione
 - verifica di stabilità (punto 7.11.3.4.3 NTC) mediante la seguente metodologia
- I. che l'intervento previsto risulta fattibile e compatibile con l'assetto geologico del sito:
- senza esecuzione di opere e/o interventi specifici per la mitigazione del rischio
 - previa esecuzione di opere e/o accorgimenti costruttivi da eseguirsi durante i lavori relativi all'intervento in oggetto
 - previa esecuzione di specifiche opere e/o interventi per la mitigazione del rischio da eseguirsi prima dei lavori relativi all'intervento in oggetto; in relazione a questo si specifica che tali lavori:
 - non sono stati eseguiti o sono stati eseguiti solo parzialmente
 - sono stati eseguiti nel rispetto delle prescrizioni contenute nello studio specifico e con il quale risultano compatibili

ASSEVERA

ai sensi dell'art. 481 del Codice Penale la conformità di quanto eseguito ai fini della relazione in oggetto alla normativa nazionale e regionale vigente e la piena osservanza della relazione alle norme sismiche vigenti.

Dichiara infine di essere informato, ai sensi e per gli effetti di cui all'art. 10 della legge 675/96 che i dati personali raccolti saranno trattati, anche con strumenti informatici, esclusivamente nell'ambito del procedimento per il quale la presente dichiarazione viene resa.

Data 04/05/2017.....

IL GEOLOGO

(timbro e firma)

MODULO 9: Approfondimento 5 relativo agli aspetti sismici (App5) – INSTABILITA'

Nel caso di scenari PSL di tipo Z1a, Z1b e Z1c (Tabella 1 p.to 2.1 Allegato 5 D.G.R. IX/2616) per tipologia di frane in terra

	1° grado	2° grado	3° grado
Conoscenze minime obbligatorie al 1° grado di approfondimento	<input type="checkbox"/> Modello geologico del sito <input type="checkbox"/> Classificazione USCS dei materiali <input type="checkbox"/> Modello geotecnico del sito		
Verifiche e modellazioni al 1° grado di approfondimento	<input type="checkbox"/> Analisi all'equilibrio limite in condizioni statiche (FS) e pseudo-statiche (FS _{ps})		
Risultati al 1° grado di approfondimento	<input type="checkbox"/> FS _{ps} ≥ 1.3 Fine approfondimento SITO STABILE	<input type="checkbox"/> 1.1 ≤ FS _{ps} < 1.3 Obbligo del 2° grado di approfondimento	<input type="checkbox"/> FS _{ps} < 1.1 Obbligo del 3° grado di approfondimento
Indagini integrative minime obbligatorie al 2° grado di approfondimento		<input type="checkbox"/> Prove in sito per determinazione indiretta dei parametri di resistenza	
Verifiche e modellazioni al 2° grado di approfondimento		<input type="checkbox"/> Stima dello spostamento atteso mediante relazioni empiriche disponibili in letteratura opportunamente scelte e motivate	
Risultati al 2° grado di approfondimento		<input type="checkbox"/> Spostamento ≤ 2 cm Fine approfondimento SITO STABILE	<input type="checkbox"/> Spostamento > 2 cm Obbligo del 3° grado di approfondimento
Indagini integrative minime obbligatorie al 3° grado di approfondimento			<input type="checkbox"/> Rilievo topografico di dettaglio <input type="checkbox"/> Indagine di sismica rifrazione <input type="checkbox"/> Indagini in sito di tipo diretto tramite sondaggio/i a carotaggio continuo <input type="checkbox"/> Prove in foro <input type="checkbox"/> Prove di laboratorio su campioni indisturbati
Verifiche e modellazioni al 3° grado di approfondimento			<input type="checkbox"/> Analisi dinamiche semplificate (metodo degli spostamenti)
Risultati al 3° grado di approfondimento			<input type="checkbox"/> Spostamento ≤ 5 cm Fine approfondimento SITO STABILE <input type="checkbox"/> Spostamento > 5 e ≤ 15 cm Verifica DI AMMISSIBILITA' DELLO SPOSTAMENTO <input type="checkbox"/> Spostamento > 15 cm OPERE DI SISTEMAZIONE E MITIGAZIONE DEL RISCHIO
<input type="checkbox"/> Eventuali verifiche di stabilità con metodi avanzati di analisi dinamica (da non intendere come sostitutivi dei metodi precedenti)			

MODULO 9: Approfondimento 5 relativo agli aspetti sismici (App5) – AMPLIFICAZIONE

Nel caso di scenari PSL di tipo Z3, Z4 e relativi sottotipi (Tabella 1 p.to 2.1 Allegato 5 D.G.R. IX/2616), qualora l'analisi sismica di II° livello non fosse stata eseguita nel sito d'indagine, sebbene obbligatoria, o fosse stata eseguita ma il fattore di amplificazione sismica calcolato (FAC) risulti maggiore del valore di soglia comunale (FAS), *previo specifica tolleranza ammessa dalla normativa regionale (Allegato 5 D.G.R. IX/2616); tali approfondimenti saranno da prevedere anche nel caso dello scenario PSL di tipo Z5 (Tabella 1 p.to 2.1 Allegato 5 D.G.R. IX/2616)

	1° grado	2° grado	3° grado
Conoscenze minime obbligatorie al 1° grado di approfondimento	<input type="checkbox"/> Modello sismo-stratigrafico del sito		
Verifiche e modellazioni al 1° grado di approfondimento	<input type="checkbox"/> Analisi di II° livello ai sensi dell'Allegato 5 DGR IX/2616 applicata al sito oggetto di intervento, previa verifica dei requisiti di applicabilità, ovvero: 1- Assenza di fenomeni 2D legati alla risonanza di bacino 2- Assenza di inversioni di velocità significative 3- Contrasti di impedenza sismica < 3 4- Valori di $V_{SH} > 250$ m/s		
Risultati al 1° grado di approfondimento	<input type="checkbox"/> $FAC \leq FAS^*$ Fine approfondimento Compatibilità energetica del metodo semplificato proposto dalle NTC con i fenomeni attesi al sito: utilizzo della Cat. Sottosuolo corrispondente al V_{S30} misurato <input type="checkbox"/> $FAC > FAS^*$ Fine approfondimento Non compatibilità energetica del metodo semplificato proposto dalle NTC con i fenomeni attesi al sito: utilizzo della Cat. Sottosuolo superiore a quella corrispondente al V_{S30} misurato	<input type="checkbox"/> $FAC > FAS^*$ Nel caso non siano disponibili schede di II° livello valide per la situazione investigata o nel caso si voglia aumentare il grado di accuratezza delle previsioni 2° grado di approfondimento	<input type="checkbox"/> Non applicabilità dell'analisi di II° livello Obbligo del 3° grado di approfondimento Oppure nel caso <input type="checkbox"/> $FAC > FAS^*$ e nel caso si scelga di NON utilizzare la Categoria di Sottosuolo superiore a quella corrispondente al V_{S30} misurato 3° grado di approfondimento
Indagini integrative minime obbligatorie al 2° grado di approfondimento		<input type="checkbox"/> Indagine sismica di tipo MASW e/o rifrazione onde SH	
Verifiche e modellazioni al 2° grado di approfondimento		<input type="checkbox"/> Verifica ed integrazione del modello geofisico del sottosuolo e analisi numeriche, utilizzando gli accelerogrammi di input regionali e calcolo di FAC	
Risultati al 2° grado di approfondimento		<input type="checkbox"/> $FAC \leq FAS^*$ Fine approfondimento Compatibilità energetica del metodo semplificato proposto dalle NTC con i fenomeni attesi al sito: utilizzo della Cat. Sottosuolo corrispondente al V_{S30} misurato <input type="checkbox"/> $FAC > FAS^*$ Fine approfondimento Non compatibilità energetica del metodo semplificato proposto dalle NTC con i fenomeni attesi al sito: utilizzo della Cat. Sottosuolo superiore a quella corrispondente al V_{S30} misurato	Nel caso <input type="checkbox"/> $FAC > FAS^*$ e nel caso si scelga di NON utilizzare la Categoria di Sottosuolo superiore a quella corrispondente al V_{S30} misurato 3° grado di approfondimento
Indagini integrative minime obbligatorie al 3° grado di approfondimento			<input type="checkbox"/> Indagine di sismica superficiale combinata con più tecniche, compreso ARRAY2D con velocimetri ad acquisizione sincrona nei casi di substrato rigido posto a profondità maggiori di 20-30 m
Verifiche e modellazioni al 3° grado di approfondimento			<input type="checkbox"/> Analisi di risposta sismica locale con sets accelerometrici di input opportunamente selezionati (almeno due gruppi ciascuno da 7 accelerogrammi per SLV e SLD)
Risultati al 3° grado di approfondimento			<input type="checkbox"/> Spettri di risposta elastici e/o accelerogrammi calcolati al piano di fondazione Fine approfondimento

MODULO 9: Approfondimento 5 relativo agli aspetti sismici (App5) – LIQUEFAZIONE

Nel caso di scenari PSL di tipo Z2b (Tabella 1 p.to 2.1 Allegato 5 D.G.R. IX/2616) soggetti a fenomeni di liquefazione

	1° grado	2° grado	3° grado
Conoscenze minime obbligatorie al 1° grado di approfondimento	<input checked="" type="checkbox"/> Valore di Magnitudo massima attesa <input checked="" type="checkbox"/> Valore di a_{max} in superficie <input checked="" type="checkbox"/> Soggiacenza della falda <input type="checkbox"/> Curva granulometrica e valori di resistenza penetrometrica normalizzata negli orizzonti non coesivi saturi presenti entro il volume significativo di sottosuolo		
Verifiche e modellazioni al 1° grado di approfondimento	<input checked="" type="checkbox"/> Valutazione dei requisiti per l'esclusione della verifica di sicurezza alla liquefazione		
Risultati al 1° grado di approfondimento	<input checked="" type="checkbox"/> Assenza dei fattori scatenanti e/o predisponenti Fine approfondimento SITO STABILE	<input type="checkbox"/> Presenza dei fattori scatenanti e predisponenti Obbligo del 2° grado di approfondimento	
Indagini integrative minime obbligatorie al 2° grado di approfondimento		<input type="checkbox"/> Prove in sito per la determinazione indiretta del parametro di resistenza ciclica CRR <input type="checkbox"/> Determinazione sperimentale della frazione di fine FC alle profondità di analisi	
Verifiche e modellazioni al 2° grado di approfondimento		<input type="checkbox"/> Stima del coefficiente di sicurezza alla liquefazione (FL) tramite applicazione puntuale di metodi storico-empirici ad almeno 3 diverse profondità ritenute significative	
Risultati al 2° grado di approfondimento		<input type="checkbox"/> $FL \geq 1.0$ (per tutti i punti d'analisi) Fine approfondimento SITO STABILE	<input type="checkbox"/> $FL < 1.0$ (per almeno un punto d'analisi) Obbligo del 3° grado di approfondimento
Indagini integrative minime obbligatorie al 3° grado di approfondimento			<input type="checkbox"/> Prove penetrometriche statiche con punta elettrica (CPTe) o piezocono (CPTu)
Verifiche e modellazioni al 3° grado di approfondimento			<input type="checkbox"/> Stima dell'andamento del coefficiente di sicurezza alla liquefazione con la profondità tramite applicazione di metodi storico-empirici e calcolo del potenziale di liquefazione I_L valido per una profondità critica almeno pari al volume significativo di sottosuolo
Risultati al 3° grado di approfondimento			<input type="checkbox"/> $I_L \leq 2.0$ Fine approfondimento SITO STABILE <input type="checkbox"/> $2.0 < I_L \leq 5.0$ Verifica DI AMMISSIBILITA' DEL CEDIMENTO ATTESO STIMATO <input type="checkbox"/> $I_L > 5.0$ OPERE DI SISTEMAZIONE E MITIGAZIONE DEL RISCHIO
<input type="checkbox"/> Eventuali verifiche di sicurezza con metodi avanzati di analisi dinamica (da non intendere come sostitutivi dei metodi precedenti)			