
Relazione Geologica-Sismica

Cornaredo (MI) via dei Giardini

Piano di Recupero Z.R. 4.04

Committente:

Dott. Paolo Balossi Restelli

c/o Studio Arch. Anna Trotta

Milano via Lagrange, 2

Redatto da:

Alessandro Gambini

Geologo Specialista
Ordine dei Geologi della Lombardia
N° 1142 AP Sez. A



Doc. n°: 20180207.346.1.a1

07 febbraio 2018

STUDIO PREALPINO DI GEOLOGIA

Corso XXVI Aprile 107 - 20010 Arluno (MI)

Tel/Fax +39029017085

info@geologiaprealpina.com

www.geologiaprealpina.com

| | |
|---|-----------|
| I. PREMESSA | 3 |
| II. NORMATIVA DI RIFERIMENTO | 4 |
| RELAZIONE GEOLOGICA | 5 |
| 1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO. | 5 |
| 2. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO. | 5 |
| 3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO | 7 |
| 4. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO | 8 |
| 5. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO | 10 |
| 6. ANALISI DEI VINCOLI E DEI RISCHI | 10 |
| 7. CLASSIFICAZIONE SISMICA | 10 |
| 7.1 INDAGINE GEOFISICA CON METODO MASW | 14 |
| 7.1.1 Interpretazione ed elaborazione dati MASW | 15 |
| 7.1.2 Risultati MASW | 22 |
| 7.1.3 ALTRI PARAMETRI GEOTECNICI | 23 |
| 7.2 VALUTAZIONE DELLA SUSCETTIBILITÀ SISMICA DELL'AREA (VERIFICA DI II LIVELLO) | 23 |
| 7.3 PARAMETRI SISMICI | 28 |
| CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA | 32 |
| 8. VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE DEL TERRENO | 32 |
| 9. INDAGINE GEOTECNICA | 34 |
| 10. RISULTATI INDAGINE GEOTECNICA | 35 |
| 10.1 CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA | 35 |
| 10.2 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA | 35 |
| 11. CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE | 37 |
| 12. CONCLUSIONI | 42 |
| ALLEGATI | 44 |

Dott. Paolo Balossi Restelli
Piano di recupero Z.R.4.04
SAN PIETRO ALL'OLMO, CORNAREDO (MI) Via dei Giardini
Relazione Geologica-Sismica

| | | |
|--------------|---|----|
| Allegato 1. | Inquadramento geografico. | 45 |
| Allegato 2. | Inquadramento topografico di dettaglio. | 46 |
| Allegato 3. | Inquadramento geologico regionale. | 47 |
| Allegato 4. | Inquadramento Geologico di Dettaglio. | 48 |
| Allegato 5. | Inquadramento idrogeologico | 49 |
| Allegato 6. | Carta dei Vincoli. | 50 |
| Allegato 7. | Carta Fattibilità | 51 |
| Allegato 8. | Zone sismogenetiche ZS9 - INGV. | 52 |
| Allegato 9. | Pericolosità Sismica. | 53 |
| Allegato 10. | Stratigrafie | 54 |
| Allegato 12. | Documentazione fotografica | 55 |
| Allegato 13. | Planimetria | 56 |
| Allegato 14. | Risultati prova SCPT | 57 |

I. PREMESSA

Il presente rapporto vuole illustrare i lineamenti geologici ed idrogeologici del sottosuolo, sintetizzare le indagini geognostiche e geofisiche eseguite ed i risultati ottenuti in relazione ai lavori per il Piano di Recupero Z.R.4.04 consistente nella ricostruzione di un antico cascinale e costruzione box interrati, sita in San Pietro all'Olmo, Via dei Giardini.

I lavori prevedono la completa riqualificazione dell'area con la ricostruzione dell'intero cascinale e la creazione di box interrati.

La quota d'imposta delle fondazioni dell'opera sarà pari a -3,5 m da p.c.; il calcolo della capacità portante è stato eseguito considerando la seguente tipologia di fondazione:

- Fondazione nastriforme: 0,8 x 10 m, altezza 0,2 m

Secondo quanto indicato dal committente le opere in fase di realizzazione per quanto previsto dal D.M. 14/01/08, sono così classificate:

- vita nominale: **Tipi di Costruzione 2** (Norme Tecniche per le Costruzioni NTC 2008 – 2.4.1) $V_N \geq 50$ anni
- classe d'uso: **Classe II** (NTC 2008 – 2.4.2). $C_U = 1,0$

Lo scrivente è stato incaricato dalla committente, al fine di redigere il presente elaborato conformemente ai seguenti documenti:

- Relazione Geologica ai sensi della DGR IX/2616 del 30/11/2011 e delle NTC 2008;
- Relazione Sismica ai sensi delle NTC 2008

Si specifica che nella relazione geologica sono stati inseriti anche i dati relativi alla modellazione sismica del sito.

A tal fine le attività oggetto dell'incarico si sono svolte secondo lo schema illustrato di seguito:

- Raccolta e studio dei dati esistenti in merito a geologia e idrogeologia del sottosuolo;
- Esecuzione di n. 5 prove penetrometriche in sito;
- Interpretazione dei risultati ottenuti delle prove eseguite;
- Definizione del modello geotecnico del terreno e verifica SLU;
- Verifica suscettibilità alla liquefazione dei terreni.

Le prove in sito sono state eseguite in data 12 luglio 2016.

II. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- DGR 2129/2014 “Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia” ;
- LR 33/2015 “Disposizioni in materia di opere o di costruzioni e relativa vigilanza in zone sismiche”;
- DGR 5001/2016 “Approvazione delle linee di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica”.
- Piano di Governo del Territorio del Comune di Cornaredo
- Decreto Ministeriale 14.01.2008
- Testo Unitario – Norme Tecniche per le Costruzioni
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Circolare 02.02.2009
- Istruzioni per l'applicazione delle “Norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14/01/08
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Allegato al voto n° 36 del 27.07.2007
- Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale.
- Decreto Ministeriale 16.01.1996
- Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche
- Decreto Ministeriale 11.03.1988 Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

RELAZIONE GEOLOGICA

1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.

L'area oggetto di studio sorge nel Comune di Cornaredo (San Pietro all'Olmo), nella porzione centro occidentale del territorio comunale, ad una quota di circa 142 metri sul livello del mare (Allegati 1 & 2). L'area si presenta generalmente pianeggiante ed occupa una superficie di circa 12.000 m².

2. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO.

La zona oggetto di indagini è ubicata nella Pianura Padana, regione geografica racchiusa tra le Alpi a nord e a ovest, gli Appennini a sud, il mare Adriatico a est e costituisce la più estesa pianura italiana, sviluppandosi per ben 46.000 km².

La Pianura Padana ha la lunghezza massima di 400 km, la larghezza media varia dagli 80 ai 120; si affaccia al mare Adriatico, verso il quale declina progressivamente, con un fronte di 270 km.

La regione è un'unica superficie pianeggiante, elevata in media circa 100 m, corrispondente a un antico golfo marino che alcuni milioni di anni or sono si incuneava tra Alpi e Appennini, e che è stato via via colmato dal materiale eroso dalle catene montuose e depositato in massima misura dal Po e dai suoi affluenti, sia alpini sia appenninici. Il versante alpino della Pianura Padana è molto più espanso di quello appenninico: ciò dipende in modo essenziale proprio dalla maggior quantità di detriti portati a valle dai fiumi alpini, in genere più impetuosi e ricchi d'acqua.

Tra gli aspetti salienti della Pianura Padana vi è la netta distinzione in due fasce, l'Alta pianura e la Bassa pianura, differenti non solo per la quota, ma per la natura dei terreni e il regime delle acque. L'Alta pianura si stende ai piedi delle Prealpi e del pedemonte degli Appennini; i suoli sono costituiti da materiali grossolani poco coerenti, e nei quali quindi l'acqua si infiltra facilmente. Il sito in esame si colloca all'interno della fascia di transizione tra l'alta pianura e la bassa pianura, degradante verso sud/sud-est.

La Bassa pianura ha invece suoli formati da materiali più fini, argille perlopiù, impermeabili o comunque poco permeabili, dove le acque ristagnano e si originano facilmente paludi e acquitrini.

L'acqua assorbita dal suolo ciottoloso e ghiaioso dell'Alta pianura scorre in falde sotterranee, favorita anche dalla naturale pendenza del terreno, sinché viene a contatto con gli strati argillosi e impermeabili della Bassa pianura fuoriuscendo attraverso le cosiddette risorgive o fontanili.

Per quanto concerne la morfologia dell'area oggetto della presente relazione, è possibile osservare che la parte superficiale del terreno è in gran parte rimaneggiata dalle attività antropiche in essere e che si sono

susseguite nel passato. Allo stesso modo dicasi dell'uso dell'suolo che se non occupato da edifici o infrastrutture, risulta, laddove non è presente l'urbanizzato cittadino, essere ancora adibito ad uso agricolo.

I rilievi eseguiti nella zona ove è ubicato il sito in oggetto consentono di classificare l'area per quanto previsto dalle NTC 2008 - 3.2.2 in merito alle condizioni topografiche, come appartenente alla categoria topografica:

T1: superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $\leq 15^\circ$

Nel dettaglio l'area in esame sorge in un contesto morfologico fortemente rimaneggiato durante la costruzione delle infrastrutture e degli edifici adiacenti. Comunque sia per il sito in oggetto non sono state rilevate variazioni sostanziali della morfologia, legate agli interventi antropici accaduti negli anni passati.

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'evoluzione geologica della Pianura Padana è legata allo sviluppo delle catene alpina e appenninica, rappresentando l'avanfossa di entrambi i sistemi orogenici; il substrato di questa vasta depressione presenta un profilo asimmetrico con una pendenza minore sul lato settentrionale (monoclinale pedealpina) e più accentuato sul margine appenninico, dove si raggiungono le profondità maggiori.

Dal Pliocene ad oggi questa depressione è stata interessata da una progressiva deposizione di sedimenti, dapprima marini ed in seguito continentali; a causa di una accentuata subsidenza, tali depositi possono raggiungere notevoli spessori.

L'andamento generalmente uniforme del basamento miocenico è localmente interrotto da alcune strutture sepolte che sono state interpretate come dovute all'intersezione dell'orogenesi appenninica (Pliocene) sull'avampaese già interessato dall'orogenesi sudalpina (Miocene superiore).

Sul margine meridionale della monoclinale si trovano gli archi delle pieghe appenniniche (del Monferrato, Emiliane, Ferraresi-Romagnole) prodotti da movimenti compressivi sviluppatasi durante l'orogenesi della catena stessa.

Le unità geologiche affioranti in pianura sono comunque esclusivamente di ambiente continentale e costituite da depositi morenici, fluvioglaciali ed alluvionali di età recente, compresa tra il Pleistocene e l'Olocene (1.6 – 0.01 milioni di anni dal presente).

Per quanto concerne l'area oggetto di studio, i dati presenti in bibliografia e quelli derivanti da indagini svolte in sito per questa relazione, indicano che i materiali affioranti in superficie fanno parte dell'unità di Minoprio (Pleistocene medio – Pleistocene superiore) come riportato sulla Carta Geologica d'Italia Foglio 118 – Milano alla scala 1:50.000 (Allegato 3) e sono costituiti in prevalenza da ghiaie a supporto clastico e di matrice, matrice sabbiosa e sabbioso limosa, limi ghiaiosi, sabbie, sabbie limose e limi (depositi fluvioglaciali).

Nel PGT di Cornaredo i sedimenti che contraddistinguono l'area in esame sono indicati come costituiti da ghiaia e coltre di alterazione superficiale (Allegato 4).

4. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Secondo le definizioni più recenti, la struttura idrogeologica del territorio in esame è costituita dal sovrapporsi di quattro unità idrogeologiche.

Dall'alto verso il basso si distinguono le seguenti unità idrogeologiche:

Unità ghiaioso sabbiosa: depositi continentali di origine glaciale e fluvioglaciali (PLEISTOCENE SUP.)

Ghiaie e sabbie prevalenti con intercalazioni limose e argillose, più abbondanti nella parte inferiore, con spessore medio di 20-40 m. Questa unità contiene un acquifero insaturo con superficie libera (falda freatica) e quindi soggetto alla possibilità di inquinamenti dall'alto. LITOZONA A.

Unità sabbioso ghiaiosa: depositi continentali di origine glaciale e fluvioglaciali (PLEISTOCENE MEDIO), immediatamente sottostante alla precedente costituisce la base dell'acquifero tradizionale.

L'unità è caratterizzata da una maggiore percentuale di sedimenti a granulometria fine, quali sabbie limi ed argille. Lo spessore è variabile tra i 50 e i 90 m da N a S, la profondità della base dell'unità è quindi compresa tra 40-50 e 100-140 m. In essa sono presenti vari livelli acquiferi, del tipo confinato e semiconfinato, raggruppati nel cosiddetto secondo acquifero, da cui provengono i più importanti volumi d'acqua per uso potabile. LITOZONA B.

L'insieme dei livelli idrici presenti nelle 2 Unità sopra descritte, prende il nome di "acquifero tradizionale".

Unità sabbioso argillosa: facies continentale (PLEISTOCENE INF.)

Sabbie con abbondanti intercalazioni argillose e limose, di origine continentale, deltizio/lagunare; tale unità ha uno spessore medio di 140 metri e contiene alcuni importanti livelli ad acqua dolce, decisamente confinati, grazie alla continuità areale delle coperture argillosa sovrastante. Costituiscono il terzo acquifero e sono oggetto di ricerca e di parziale sfruttamento. LITOZONA C.

Unità argillosa: facies marina (PLEISTOCENE INF.)

Argille prevalenti con intercalazioni sabbiose di origine marina, presenti in generale ad una profondità superiore a 250 m; contiene alcuni livelli acquiferi, ma nella parte inferiore si ha il passaggio graduale alle acque salmastre, che preludono a quelle decisamente salate.

Per quanto riguarda la situazione idrogeologica, siamo quindi in presenza di una ricca successione di livelli porosi e permeabili, di natura essenzialmente sabbiosa e ghiaiosa, che costituiscono altrettanti importanti serbatoi acquiferi nelle prime centinaia di metri del sottosuolo.

Ad una falda superficiale libera, sostenuta da un importante livello argilloso dotato di una buona continuità areale, fa seguito verso il basso una serie di acquiferi, tra di loro separati da intervalli impermeabili, limosi e argillosi; i singoli acquiferi risultano pertanto confinati o semiconfinati, in funzione dell'estensione areale della copertura impermeabile; questa copertura garantisce agli acquiferi sottostanti una buona protezione nei confronti degli inquinanti provenienti dall'alto.

L'intervento in fase di realizzazione interessa un volume di terreno compreso nella Litozona A.

La struttura idrogeologica del sottosuolo del sito in oggetto è dunque costituita da depositi continentali di origine fluviale e fluvioglaciale (Olocene - Pleistocene Superiore) costituiti in prevalenza da ghiaie e sabbie con intercalazioni limose e argillose, più abbondanti nella parte inferiore; lo spessore medio dei depositi in esame è di 50 – 70 m, contenenti un acquifero insaturo a superficie libera.

L'ambiente di sedimentazione è continentale; dominano le piane alluvionali con sistemi fluviali. Gli apporti, molto grossolani, provengono dalle aree alpine in erosione, con direzione degli apporti da nord a Sud.

I caratteri sedimentari della successione del gruppo (granulometria grossolana dei sedimenti, classazione scarsa o assente, caratteri della stratificazione) sono compatibili con i sistemi fluviali caratterizzati da un'elevata energia dei processi sedimentari, energia determinata dalle fasi di deterioramento climatico dei cicli glaciali pleistocenici. Le facies costituenti tale deposito presentano porosità e permeabilità elevata, tipiche delle ghiaie e ghiaie grossolane a matrice sabbiosa, e sabbie medio-grossolane.

La bibliografia, indica che i rapporti tra le falde acquifere della struttura idrogeologica del sito in esame sono definiti dalle successioni stratigrafiche che li caratterizzano; in particolare data la presenza di intercalazioni decimetriche di argilla e argilla siltosa, presenti in profondità oltre i 40/50 m da p.c., si ritiene che tali livelli argillosi non possano determinare, o solo localmente, dei confinamenti della falda.

Diversa la situazione degli acquiferi sottostanti delimitati da intervalli di argilla e argilla siltosa di notevole spessore, che garantiscono pertanto il confinamento e protezione delle falde sottostanti.

Per quanto riguarda la soggiacenza delle acque sotterranee, il Piano di Governo del Territorio del Comune di Cornaredo riporta per l'area oggetto di indagine, linee di flusso della falda acquifera superficiale con direzione all'incirca NO-SE, in conformità con l'andamento regionale determinato dal rilevante prelievo idrico della conurbazione milanese (Allegato 5). La falda si attesta su una quota compresa tra 140 e 128 m s.l.m, con un gradiente medio idrico di circa 0,3/0,5%. Durante le indagini svolte in sito e descritte nel presente documento sono state intercettate acque di falda ad una quota di circa 3,40 m da pc..

In considerazione ai diversi valori di soggiacenza, bisogna tenere in considerazione che durante la stagione irrigua, momento di massima irrigazione, la falda risente degli ingenti apporti idrici derivanti dall'agricoltura e pertanto presenta valori minimi di soggiacenza; di contro durante la stagione invernale presenta valori

massimi di soggiacenza. Pertanto, è plausibile che la quota piezometrica della falda stessa possa oscillare durante la stagione anche di un paio di metri.

Stante quanto sopra esposto, in merito ai dati idrogeologici presenti in bibliografia e a quelli desunti dalle indagini eseguite in sito, si può definire l'area oggetto di studio caratterizzata dalla presenza di un acquifero vulnerabile.

Infine l'esame dei documenti del PGT mostra come l'area non presenti vincoli idrogeologici e non ricada all'interno delle aree di rispetto ($r=200$ m) dei pozzi ad uso idropotabile del comune di Cornaredo (Allegato 6).

5. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO

Nei pressi dell'area oggetto di studio sono presenti, a partire da circa 100 m a sud del sito fino a 1000 m a sud dello stesso, diversi fontanili (Gagliardo, Grandazzi, Bergamasca, Laghetto). A circa 1,5 km a sud scorre lo scolmatore di Nord-Ovest (MIO32).

6. ANALISI DEI VINCOLI E DEI RISCHI

L'analisi dei documenti del PGT adottato dal Comune di Cornaredo, indica che l'area ove saranno realizzate le opere in fase di progettazione non è interessata da vincoli di natura geologica e/o ambientale. L'area risulta classificata come appartenente alla **Classe F3a-3b – Fattibilità con Consistenti Limitazioni** delle NTA (Allegato 7).

L'unica criticità rilevata è legata al grado di vulnerabilità dell'acquifero, legato alla granulometria dei depositi costituenti la parte insatura dell'acquifero. Si prescrive pertanto di utilizzare sistemi di dispersione e allontanamento delle acque meteoriche/reflue che garantiscano la tutela della risorsa idrica da possibili fenomeni di contaminazione.

7. CLASSIFICAZIONE SISMICA

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

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

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

Si specifica che a seguito della D.G.R. 11 Luglio 2014 – n. X/2129 – “Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia” entrato in vigore il 10 Aprile 2016 (D.G.R. n. 4144/2015 Regione Lombardia che sostituisce la D.G.R. 10 ottobre 2014 – n. X/2489), il Comune di Cornaredo, diversamente a molti Comuni della Lombardia, è rimasto in “classe sismica 4”.

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

Già l'Ordinanza PCM 3519 del 27/04/06 fornisce una revisione dei valori di a_g sul territorio nazionale ed inserisce il territorio di **CORNAREDO** nella sottozona caratterizzata da valori di a_g compresi tra 0.025 e 0.050 (accelerazione massima al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni) – Allegato 9.

Più recentemente nell'ambito della revisione delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008) sono state adottate le stime di pericolosità sismica del progetto S1, concludendo il percorso iniziato nel 2003. Tali stime superano il concetto di classificazione a scala comunale e sulla base di 4 zone sismiche. Tuttavia le 4 zone sismiche mantengono una funzione prevalentemente amministrativa. La Regione Lombardia ha stabilito nella D.G.R. n°8/7374 del 28/05/2008 (punto 1.4.3) che “la suddivisione del territorio in zone sismiche (ai sensi dell'OPCM 3274/03) individua unicamente l'ambito di applicazione dei vari livelli di approfondimento in fase pianificatoria” e specifica altresì che “ai sensi del D.M. 14/01/2008, la determinazione delle azioni sismiche in fase di progettazione non è più valutata riferendosi ad una zona sismica territorialmente definita, bensì sito per sito, secondo i valori riportati nell'All. B al citato D.M.”. I dati riportati nell'All.B del D.M. 14/01/2008

coincidono per lo più con quelli riportati nell'Ord. 3519/2006, e sono in ogni caso determinabili mediante le coordinate geografiche e l'utilizzo di programmi applicativi.

L'area in oggetto è classificata nel PGT come appartenente alla classi **Z4a – Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi.**

Nelle definizioni precedenti $V_{s,30}$ è la velocità media di propagazione delle onde di taglio entro 30 m di profondità.

| | |
|---|--|
| $V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}} \quad [\text{m/s}]$ | h_i = spessore in metri dello strato i-esimo V_i = velocità dell'onda di taglio i-esima N = numero di strati |
|---|--|

Secondo tale ordinanza, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, sono definite 5 categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione:

Dott. Paolo Balossi Restelli
Piano di recupero Z.R.4.04
SAN PIETRO ALL'OLMO, CORNAREDO (MI) Via dei Giardini
Relazione Geologica-Sismica

| Suolo | Descrizione | $V_{s,30}$ (m/s) | $C_{u,30}$ (kPa) (terreni a grana fine) | N_{spt30} (terreni a grana grossa) |
|-----------|---|------------------------|--|---|
| A | Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione con spessore massimo pari a 3 m | $V_{s,30} > 800$ | | |
| B | Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità | $360 < V_{s,30} < 800$ | $C_{u,30} > 250$ | $N_{spt,30} > 50$ |
| C | Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità | $180 < V_{s,30} < 360$ | $70 < C_{u,30} < 250$ | $15 < N_{spt,30} < 50$ |
| D | Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità | $V_{s,30} < 180$ | $C_{u,30} < 70$ | $N_{spt,30} < 15$ |
| E | Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento | $V_{s,30} > 800$ | | |
| S1 | Depositi di terreni che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fine di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche | $V_{s,30} < 100$ m/s | $10 < C_{u,30} < 20$ | |
| S2 | Depositi di terreni suscettibili a liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti | | | |

Categorie di sottosuolo

Tuttavia in questa relazione, ricadendo l'area di studio su depositi appartenenti al Livello Fondamentale della Pianura come la maggior parte dei Comuni confinanti con Cornaredo, cautelativamente viene attribuito all'area di studio lo scenario di pericolosità sismica locale **Z4a "Zona di pianura con presenza di depositi alluvionali"**.

Per la corretta definizione delle V_{s30} è stato eseguito uno stendimento sismico direttamente all'interno del lotto che verrà edificato, tramite la realizzazione di una MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) con modellazione del sottosuolo mediante l'analisi delle onde Rayleigh.

7.1 Indagine Geofisica con metodo MASW

Il metodo MASW è una tecnica di indagine non invasiva che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo.

Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidezza della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione.

La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi. Il metodo di indagine MASW si distingue in metodo attivo e metodo passivo (Zywicki, D.J.1999) o in una combinazione di entrambi. Nel metodo attivo le onde superficiali generate in un punto sulla superficie del suolo sono misurate da uno stendimento lineare di sensori.

Nel metodo passivo lo stendimento dei sensori può essere sia lineare, sia circolare e si misura il rumore ambientale di fondo esistente. Il metodo attivo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5Hz e 70Hz, quindi dà informazioni sulla parte più superficiale del suolo, sui primi 30m-50m, in funzione della rigidezza del suolo. Il metodo passivo in genere consente di tracciare una velocità di fase apparente sperimentale compresa tra 0 Hz e 10Hz, quindi dà informazioni sugli strati più profondi del suolo, generalmente al di sotto dei 50m, in funzione della rigidezza del suolo.

Le attività di indagine sono state eseguite il giorno 12/07/16.

7.1.1 Interpretazione ed elaborazione dati MASW

Per l'elaborazione è stato utilizzato il software Easy Masw della Geostru Software e si è sviluppata in due fasi:

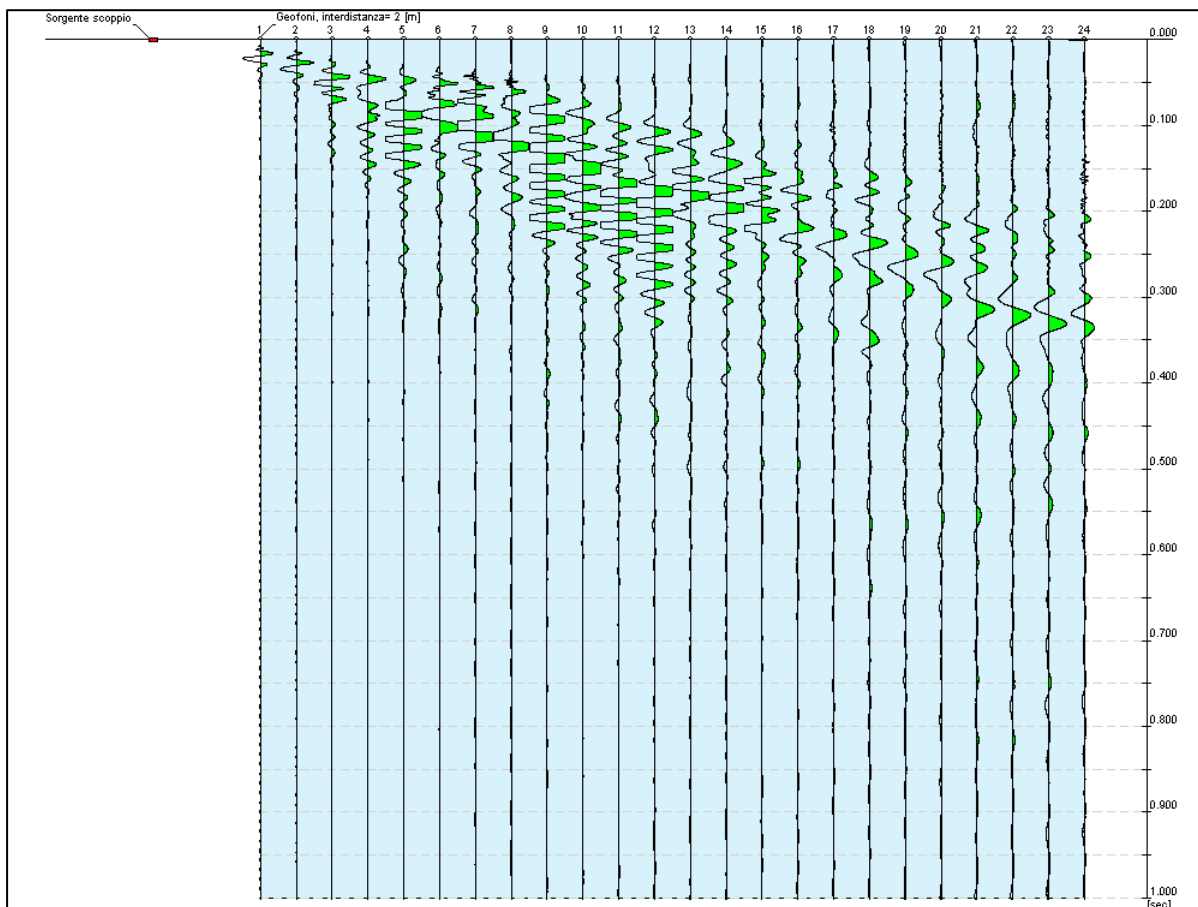
1. determinazione della curva di dispersione e la valutazione dello spettro di velocità;
2. inversione della curva di dispersione interpretata, mediante picking di un modo dell'onda di Rayleigh e successiva applicazione di algoritmi genetici.

La sovrapposizione delle curve teoriche e sperimentali fornisce un parametro abbastanza indicativo sull'attendibilità del modello geofisico risultante.

STENDIMENTO 1

Tracce

| | |
|---------------------------------|--------|
| N. tracce | 24 |
| Durata acquisizione [msec] | 1002.3 |
| Interdistanza geofoni [m] | 2.0 |
| Periodo di campionamento [msec] | 0.131 |

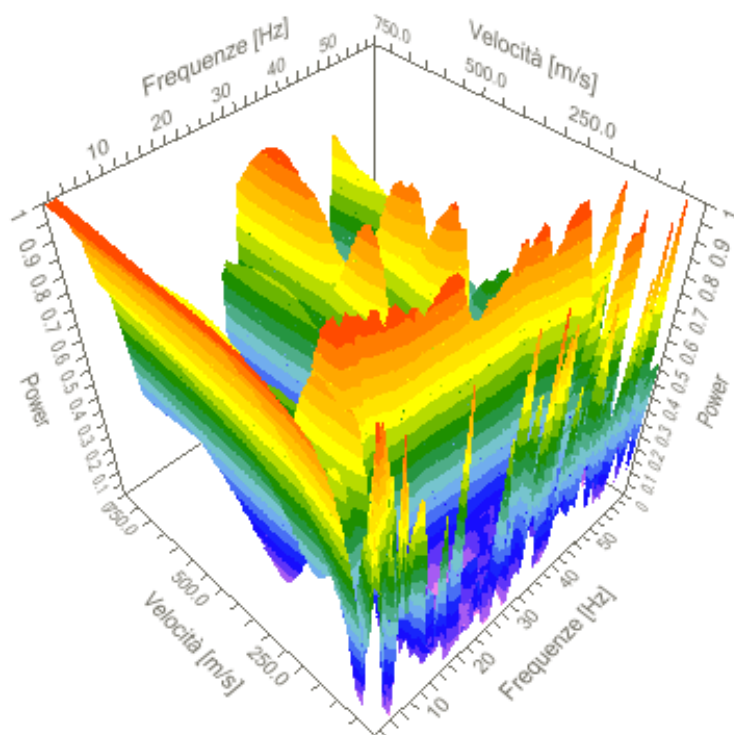


Sismogramma stendimento MASW 1

Analisi spettrale

| | |
|--|-----|
| Frequenza minima di elaborazione [Hz] | 1 |
| Frequenza massima di elaborazione [Hz] | 60 |
| Velocità minima di elaborazione [m/sec] | 1 |
| Velocità massima di elaborazione [m/sec] | 800 |
| Intervallo velocità [m/sec] | 1 |

Spettro Velocità di fase - Frequenze



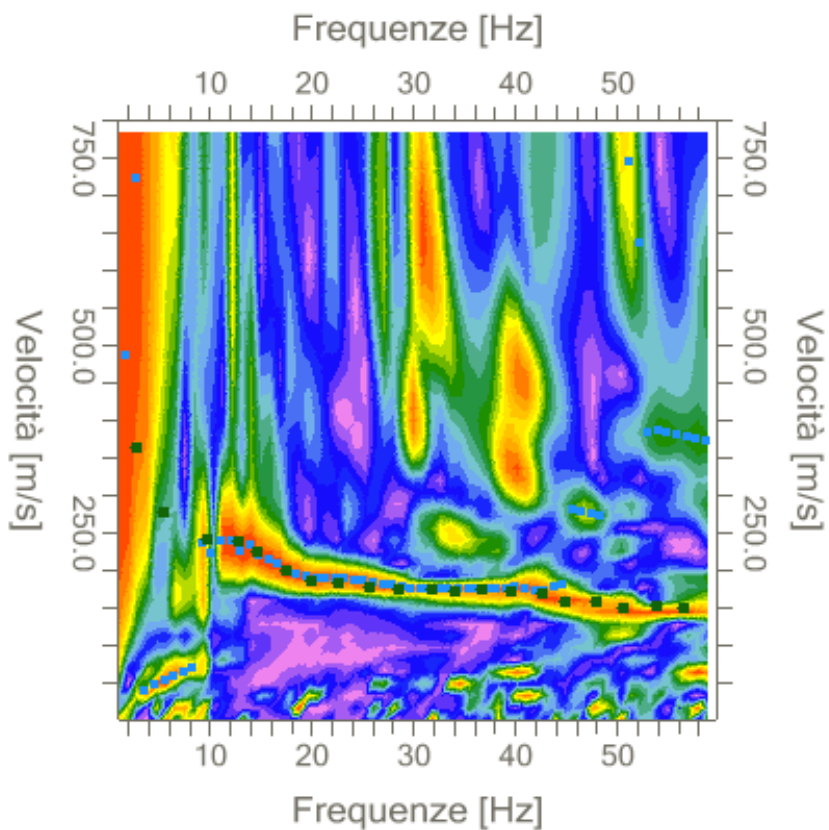
Analisi spettrale

Curva di dispersione

| n. | Frequenza [Hz] | Velocità [m/sec] | Modo |
|----|-------------------|---------------------|------|
| 1 | 2.9 | 364.1 | 0 |
| 2 | 5.4 | 275.9 | 0 |
| 3 | 9.9 | 240.7 | 0 |
| 4 | 12.9 | 237.5 | 0 |
| 5 | 14.8 | 224.7 | 0 |
| 6 | 17.6 | 199.2 | 0 |
| 7 | 19.9 | 186.4 | 0 |
| 8 | 22.8 | 183.2 | 0 |
| 9 | 25.8 | 176.8 | 0 |
| 10 | 28.6 | 173.6 | 0 |
| 11 | 31.9 | 173.6 | 0 |
| 12 | 34.2 | 170.4 | 0 |
| 13 | 36.8 | 173.6 | 0 |
| 14 | 39.6 | 170.4 | 0 |
| 15 | 42.6 | 167.2 | 0 |
| 16 | 45.0 | 157.6 | 0 |
| 17 | 48.0 | 157.6 | 0 |
| 18 | 50.6 | 148.0 | 0 |
| 19 | 53.9 | 151.2 | 0 |
| 20 | 56.7 | 148.0 | 0 |

Parametri della curva di dispersione

Spettro Velocità di fase - Frequenze



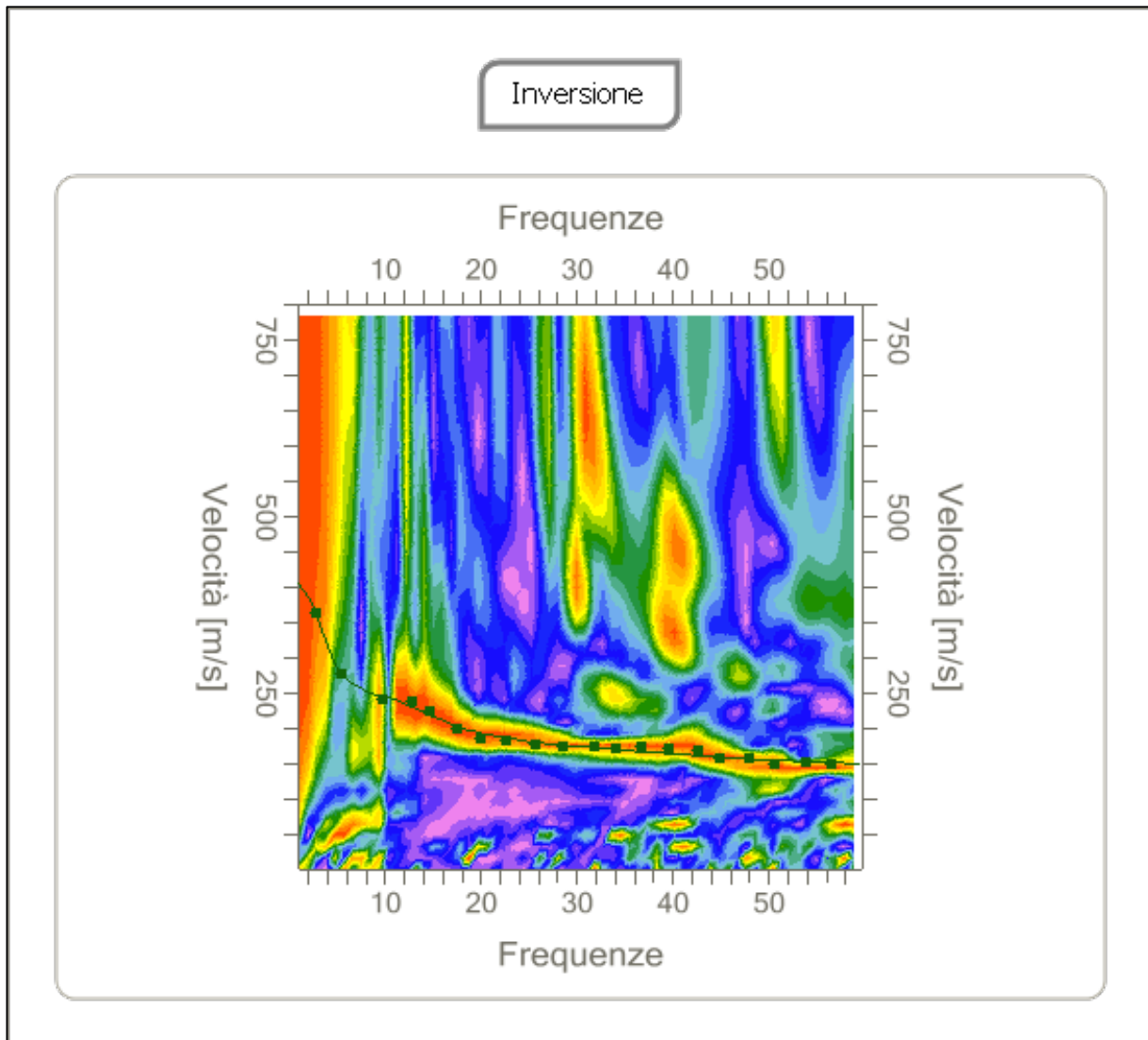
Curva di dispersione stendimento masw 1

Inversione

| n. | Profondità [m] | Spessore [m] | Peso unità volume [kg/mc] | Coefficiente Poisson | Falda | Vp [m/sec] | Vs[m/sec] |
|----|-------------------|-----------------|------------------------------------|-------------------------|-------|---------------|-----------|
| 1 | 1.50 | 1.50 | 1800.0 | 0.3 | No | 288.6 | 154.3 |
| 2 | 5.40 | 3.89 | 1900.0 | 0.3 | No | 382.4 | 204.4 |
| 3 | 25.11 | 19.71 | 1900.0 | 0.3 | Si | 551.9 | 295.0 |
| 4 | 31.02 | 5.91 | 1900.0 | 0.3 | Si | 663.7 | 354.8 |
| 5 | 36.03 | 5.01 | 1900.0 | 0.3 | Si | 754.8 | 403.5 |
| 6 | oo | oo | 2000.0 | 0.3 | Si | 858.2 | 458.7 |

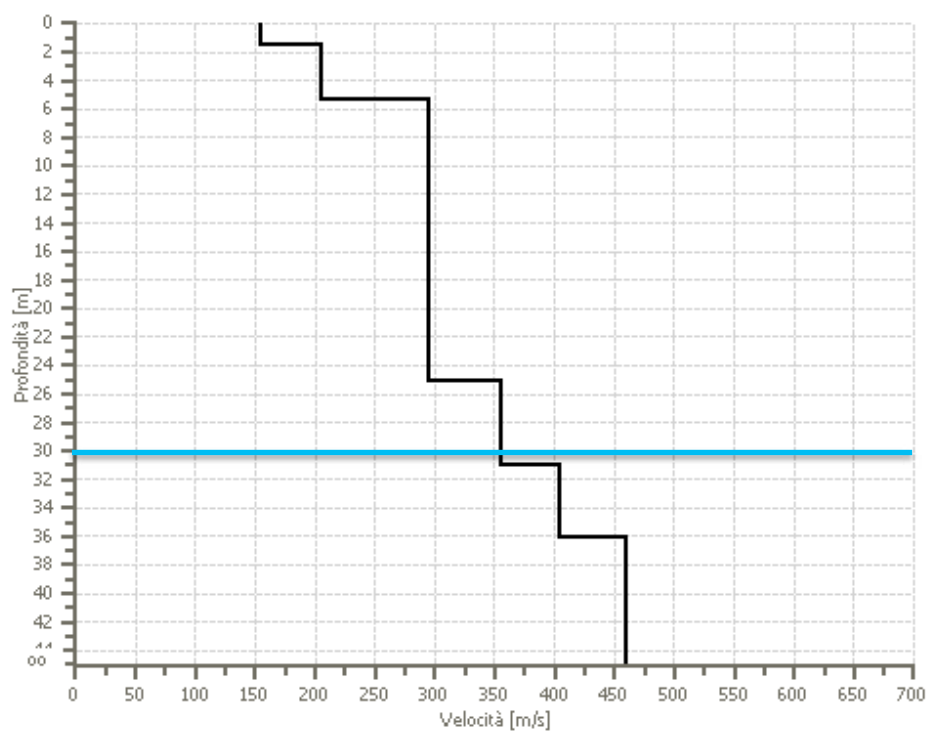
Valori dell'inversione

Percentuale di errore : 0.028 %
Coefficiente di disadattamento: 0.017

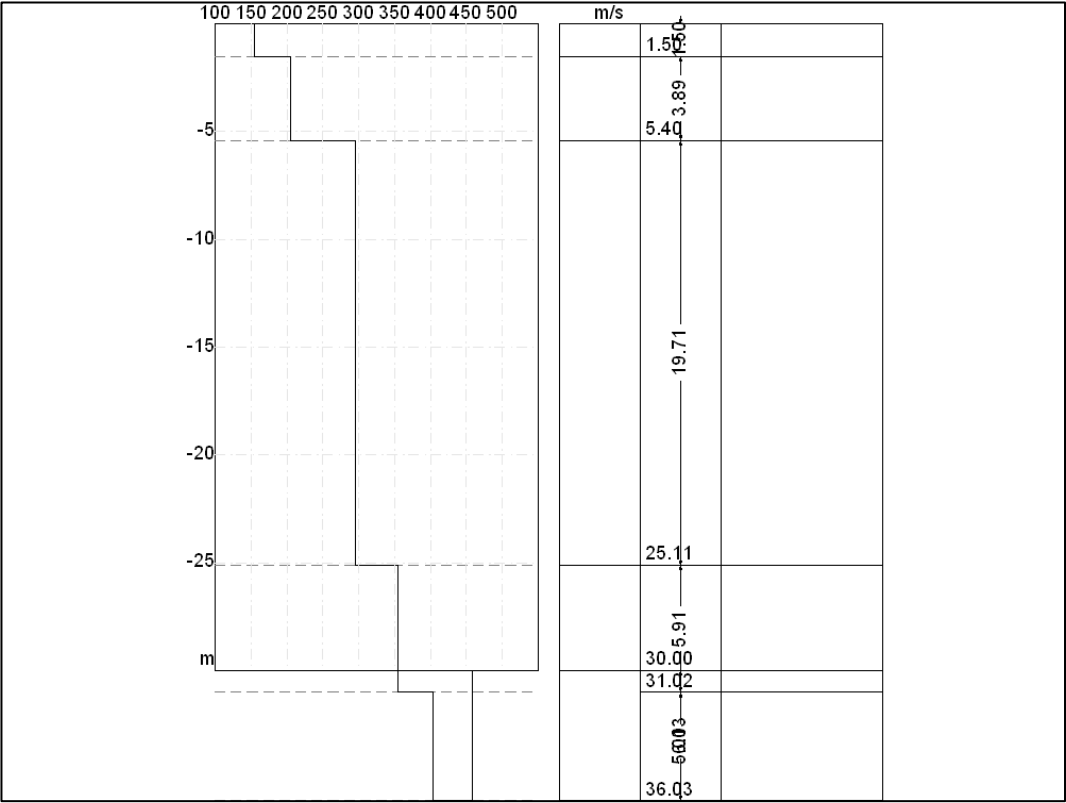


Inversione

Profilo di velocità



Profilo di velocità



Modello risultante dall'inversione dei dati - Sismostratigrafia

7.1.2

Risultati MASW

A partire dal modello sismico mono-dimensionale riportato nel capitolo precedente, è possibile calcolare il valore delle Vs30, che rappresenta la "velocità equivalente" di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio a partire dal piano di posa ad 1 m di profondità.

Per il calcolo delle Vs30 si fa riferimento alla seguente espressione, riportata nel D.M. 14.09.2005 e nel D.M. 14.01.2008 (*"Norme tecniche per le costruzioni"*):

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n H_i / V_i}$$

dove Hi e Vi indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $\gamma < 10^{-6}$) dello strato i-esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori.

| | |
|----------------------------|--|
| Vs30 [m/sec] | 274.21 |
| Categoria del suolo | <p style="text-align: center;">C</p> <p>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu_{30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina)</p> |

7.1.3 Altri parametri geotecnici

I valori delle Vs sono stati ricavati dall'indagine sismica di tipo MASW, consentendo, tramite formule empiriche, di eseguire una prima stima dei principali parametri elastici dei terreni investigati, con:

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

| n. | Profondità [m] | Spessore [m] | Vs [m/s] | Vp [m/s] | Densità [kg/mc] | Coefficiente Poisson | G0 [MPa] | Ed [MPa] | M0 [MPa] | Ey [MPa] |
|----|-------------------|-----------------|-------------|-------------|--------------------|-------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 1 | 1.50 | 1.50 | 154.26 | 288.60 | 1700.00 | 0.30 | 40.45 | 141.59 | 87.65 | 105.18 |
| 2 | 5.40 | 3.89 | 204.40 | 382.40 | 1800.00 | 0.30 | 75.20 | 263.21 | 162.94 | 195.53 |
| 3 | 25.11 | 19.71 | 295.00 | 551.89 | 2000.00 | 0.30 | 174.05 | 609.16 | 377.10 | 452.52 |
| 4 | 31.02 | 5.91 | 354.75 | 663.68 | 2000.00 | 0.30 | 251.70 | 880.94 | 545.35 | 654.42 |
| 5 | 36.03 | 5.01 | 403.45 | 754.79 | 2000.00 | 0.30 | 325.55 | 1139.43 | 705.36 | 846.43 |
| 6 | oo | oo | 458.74 | 858.23 | 2100.00 | 0.30 | 441.93 | 1546.77 | 957.52 | 1149.03 |

Schema riassuntivo parametri geotecnici estrapolati dalla MASW

7.2 Valutazione della suscettibilità sismica dell'area (Verifica di Il Livello)

Effetti litologici

Al fine di determinare i valori di F_a dal punto di vista degli effetti litologici, sono stati utilizzati i risultati emersi dall'esecuzione dello stendimento geofisico con metodo MASW.

Mediante tale elaborazione e con l'utilizzo di apposite schede messe a disposizione dalla Regione Lombardia, contenute nella D.G.R. 8/7374 del 28/05/2008, si è calcolato il valore di F_a (fattore di amplificazione) da confrontare con i limiti di riferimento indicati dalla Regione Lombardia.

Per ottenere il suddetto F_a è necessario ricavare il valore di V_{s30} (onde sismiche di taglio o trasversali) utilizzando le velocità V_s degli strati intercettati mediante la formula precedentemente riportata.

In questo modo si risale al tipo di suolo, che come precedentemente indicato si tratta di **tipo C**.

Sulla base di parametri geotecnici e litologici, si individua la litologia prevalente del sito e da questo dato si sceglie la relativa scheda di riferimento riportata nella D.G.R. 8/7374 del 28 Maggio 2008. Nello specifico la normativa regionale riporta 6 tipi di schede litologiche:

- scheda per le litologie prevalentemente ghiaiose;
- scheda per le litologie prevalentemente limoso-argillose (tipo 1 e tipo 2);

- scheda per le litologie prevalentemente limoso-sabbiose (tipo 1 e tipo 2);
- scheda per le litologie sabbiose (da utilizzarsi in zone di pianura).

Si riportano, in un apposito diagramma all'interno di queste schede, i valori delle V_s relative ad ogni strato.

Tale confronto permette di verificare se si rientra o meno nel campo di validità della scheda di riferimento.

I dati ottenuti in campagna e riportati vengono inseriti all'interno della scheda relativa al grafico per la litologia sabbiosa.

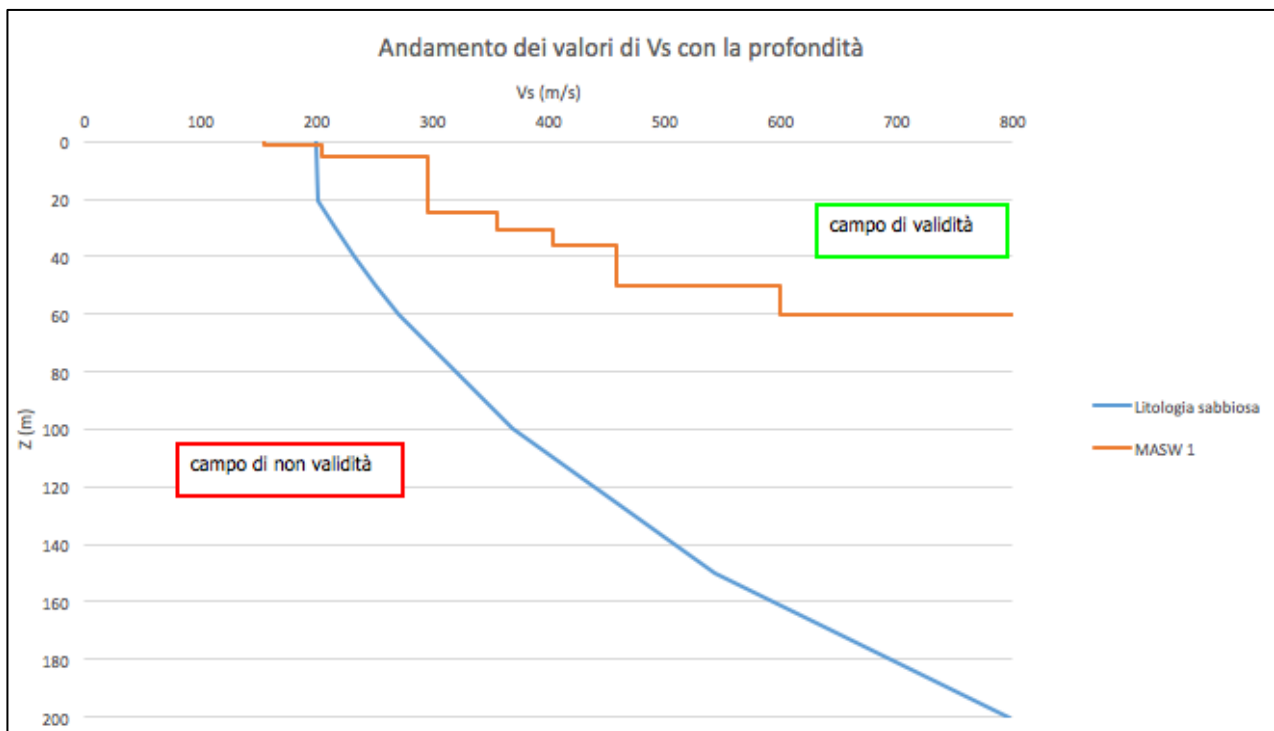


Fig 7.2.1 - Grafico relativo al campo di validità della scheda litologica sabbiosa

Come è possibile osservare l'andamento delle V_s è posizionato al di "sopra" della linea che divide il campo di validità dal campo di non validità. Il profilo di velocità delle V_s rilevate è quindi tutto all'interno del campo di validità.

Come specificato dalla normativa, si deve procedere a correlare i dati all'interno delle schede di riferimento finché non si individua quella idonea.

Ottenuti la velocità del primo strato ed il relativo spessore si riportano questi valori all'interno dell'abaco al fine di ricavare il colore della curva da utilizzare (Fig. 7.2.2) per ottenere il valore di F_a . Tale parametro (F_a) verrà confrontato con quello riportato in bibliografia in funzione della struttura da realizzare: intervallo 0,1-0,5 s - riferito a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide e intervallo 0,5-1,5 s - riferito a strutture più alte e flessibili.

Per utilizzare correttamente l'abaco di figura 7.2.2, come vincolo viene posto che il primo strato abbia almeno 4 m di spessore. Se tale condizione non fosse soddisfatta è necessario calcolare la media pesata almeno dei primi 4 metri di terreno tenendo in dovute considerazioni gli spessori parziali con le rispettive velocità delle onde di taglio. Nel nostro caso limitatamente al "primo strato" si ha una velocità delle onde assimilabile a circa 200 m/s.

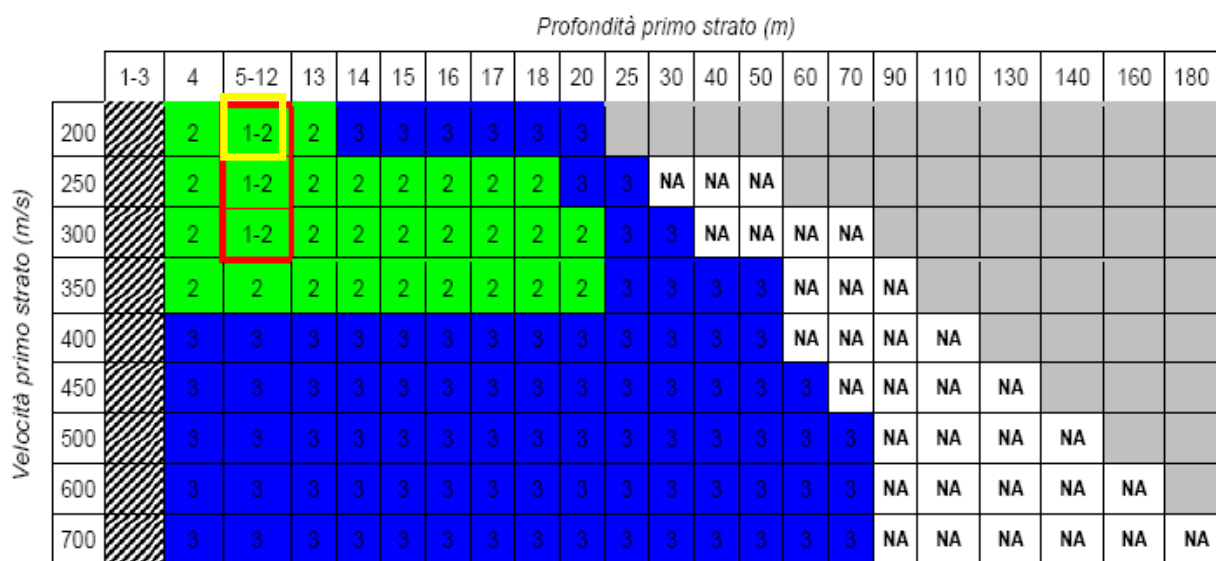


Fig.7.2.2 - Abaco che permette di individuare, in base al colore, la curva di riferimento per l'individuazione di F_a , grazie all'intersezione della profondità raggiunta dal primo strato e la sua velocità

Intersecando il valore di velocità riscontrata con la profondità sopra indicata, si ricade nel campo 2, che corrisponde alla curva verde di figura 7.2.3.

Con i valori sopra ottenuti si calcola il periodo "T" relativo al sito. Nel caso la velocità ottenuta dall'indagine non raggiungesse gli 800 m/s, occorre incrementare la velocità e la profondità delle onde utilizzando un passo adeguato, fino all'intercettazione degli 800 m/s (bedrock sismico). Per la determinazione del periodo si utilizza la seguente equazione:

$$T = \frac{4 \times \sum_{i=1}^n h_i}{\left(\frac{\sum_{i=1}^n V s_i \times h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \right)}$$

h_i = Spessore in metri dello strato i-esimo

$V s_i$ = Velocità dell'onda di taglio i-esima

| Valore del periodo T calcolato |
|-----------------------------------|
| 0,45 s |

Valori del periodo T calcolato

Conoscendo la velocità del primo strato, la curva di riferimento ed il valore del periodo T calcolato, si può risalire al valore di Fa utilizzando gli abacchi di riferimento di Fig. 7.2.3 e Fig. 7.2.4 per la litologia sabbiosa e riferiti rispettivamente ad edifici bassi ed ad edifici alti.

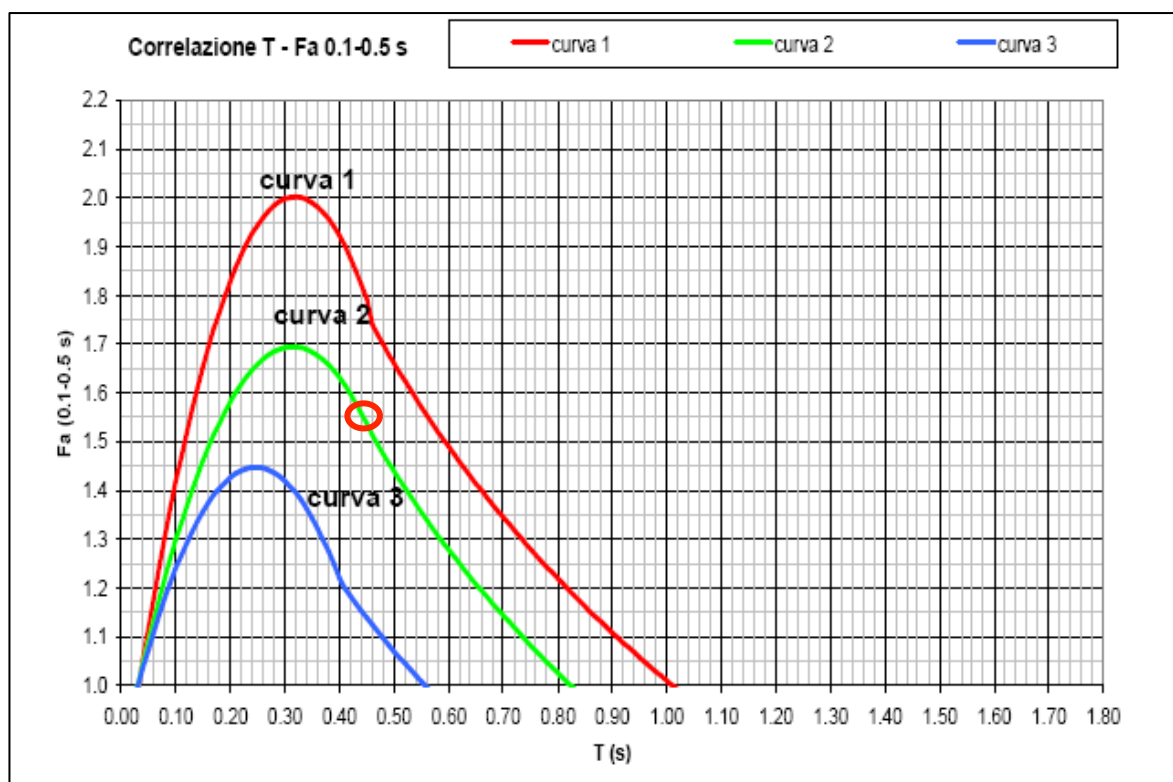


Fig. 7.2.3 – Abaco di riferimento per la litologia sabbiosa per determinare Fa sulla base di T e della curva di riferimento (riferito ad edifici bassi)

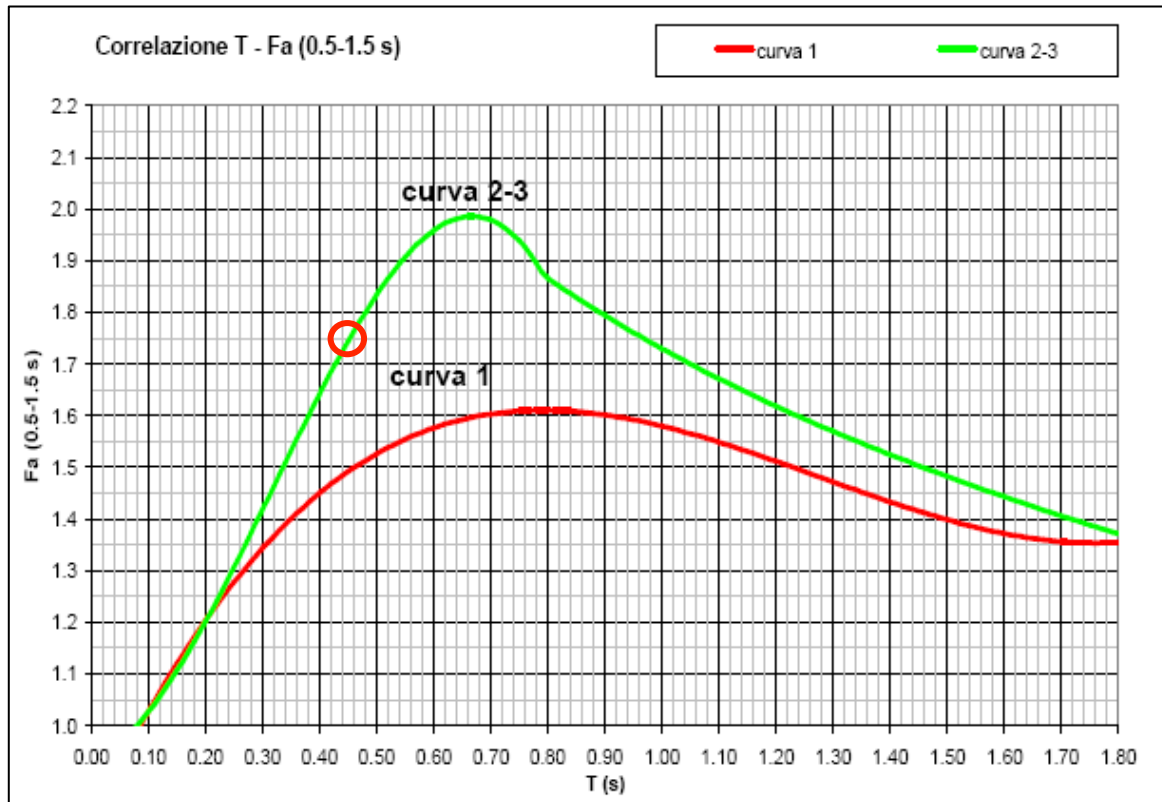


Fig. 7.2.4 – Abaco di riferimento per la litologia sabbiosa per determinare F_a sulla base di T e della curva di riferimento (riferito ad edifici alti)

Dagli abachi emerge come il valore attribuito al periodo ($T=0,45$), identifichi un valore di:

$F_a = 1,55$ per edifici bassi (F_a di riferimento per i terreni di tipo $C = 1,8$)

$F_a = 1,72$ per edifici alti (F_a di riferimento per i terreni di tipo $C = 2,4$).

L'analisi sismica evidenzia pertanto che i valori di F_a risultano:

- **per edifici bassi** ($T = \text{periodo} = 0,1-0,5 \text{ s}$) i valori calcolati di F_a sono accettabili e conformi alla categoria di suolo individuata.

| VALORI DI SOGLIA PER PERIODO COMPRESO TRA 0.1-0.5 s | | | | | |
|---|----------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| COMUNE | Classificazione sismica del sito | Valori di soglia | | | |
| Milano | 4 | Suolo tipo B 1.4 | Suolo tipo C 1.8 | Suolo tipo D 2.2 | Suolo tipo E 2.0 |

Tab. 7.2.2: Valori di soglia di F_a relativi ad edifici bassi

- **per gli edifici alti** ($T = \text{periodo} = 0,5-1,5 \text{ s}$) i valori calcolati di F_a sono accettabili e conformi alla categoria di suolo individuata.

| VALORI DI SOGLIA PER PERIODO COMPRESO TRA 0.5-1.5 s | | | | | |
|---|----------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| COMUNE | Classificazione sismica del sito | Valori di soglia | | | |
| Milano | 4 | Suolo tipo B 1.7 | Suolo tipo C 2.4 | Suolo tipo D 4.2 | Suolo tipo E 3.1 |

Tab. 7.2.3: Valori di soglia di F_a relativi ad edifici alti

7.3 Parametri sismici

Per il calcolo della magnitudo attesa $M_{w_{\max}}$ per il sito in esame viene utilizzato quanto indicato negli "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica" (2008), in quanto il comune di Arluno non appartiene ad alcune delle zone sismogenetiche istituite dall'INGV. Tale approccio prevede di confrontare il valore di M_s ricavato dalla formula seguente con $M_{w_{\max}}$ delle ZS9 più prossime al sito.

$$M_s = 1 + 3 \cdot \log(R)$$

R è la distanza tra il sito e la Zs9 considerata.

Pertanto si è proceduto partendo dalla misura della distanza esistente tra il sito in esame e le zone sismogenetiche più vicine (la 907 e la 911), alle quali è associato un valore di $M_{w_{\max}}$ pari a 6,14.

Le distanze misurate dal sito sono rispettivamente 40 km per la 907 e 30 km per la 911 (allegato 9).

I valori di M_s ottenuti sono:

| Zs9 | Ms |
|-----|------|
| 907 | 5,8 |
| 911 | 5,43 |

Alla luce dei valori ottenuti risulta $M_s < M_i$ ($M_{w_{max}}$ Zs9) si dovrà adottare come valore della magnitudo attesa per il sito in esame **$M_{w_{max}} = 6,14$** .

Visto quanto indicato nei paragrafi precedenti, in merito le caratteristiche dell'area d'interesse e la tipologia di costruzione in fase di progettazione indicata dalla committente, gli elementi fondamentali dell'area e i parametri sismici sono:

| AREA IN ESAME | VALORE |
|-----------------------------|-----------|
| latitudine: | 45,489619 |
| longitudine: | 9,013663 |
| Vita nominale: | 50 |
| Classe d'uso dell'edificio: | II |
| PARAMETRI SISMICI | VALORE |
| Categoria sottosuolo: | C |
| Categoria topografica: | T1 |
| Coefficiente c_u : | 1,0 |

Valori dei parametri sismici e degli elementi fondamentali dell'area

Le azioni sismiche di progetto, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base", che è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa **a_g (NTC 2008 – 3.2)**, in condizioni di campo libero, dal valore riportato nelle ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente **$S_e(T)$** , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza **P_{VR} (NTC 2008 – 3.2.1)** nel periodo di riferimento **V_R** . Nel caso in esame **$V_R = 50$ anni**

Nella tabella sottostante sono elencati, per i diversi stati limite (NTC 2008 - 2.2 e 3.2.1) i parametri per la caratterizzazione sismica locale:

| SL | P_{VR} (adm) | T_R (anni) | a_g (g) | F_0 (adm) | T_C^* (sec) | S_s (adm) | C_c (adm) | S_t (adm) |
|-----|-------------------|-----------------|--------------|----------------|------------------|----------------|----------------|----------------|
| SLO | 81% | 30 | 0,017 | 2,55 | 0,16 | 1,50 | 1,92 | 1,00 |
| SLD | 63% | 50 | 0,021 | 2,52 | 0,19 | 1,50 | 1,82 | 1,00 |
| SLV | 10% | 475 | 0,043 | 2,67 | 0,28 | 1,50 | 1,59 | 1,00 |
| SLC | 5% | 975 | 0,051 | 2,73 | 0,30 | 1,50 | 1,56 | 1,00 |

Valori dei parametri per la caratterizzazione sismica locale

Dove:

- P_{VR} probabilità di superamento nel periodo di riferimento in riferimento ai vari stati limite;
- T_R è periodo di ritorno;
- F_0 è valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro di accelerazione orizzontale;
- T_C^* è periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro di accelerazione orizzontale;
- a_g accelerazione orizzontale massima attesa al sito – valore nominale;
- S_s è il coefficiente di amplificazione stratigrafica;
- C_c è il coefficiente funzione della categoria di sottosuolo;
- S_t è il coefficiente di amplificazione topografica;

I valori così ottenuti di a_g , F_0 e T_C^* , sono stati utilizzati per il calcolo delle forme spettrali, dalle quali si ricava il valore di A_{max} (accelerazione orizzontale massima) per i diversi stati limite:

| SL | a_g (accelerazione orizzontale massima) (m/sec ²) | a_g (g) | S (coefficiente di amplificazione sismica) | A_{max} (accelerazione massima) (m/sec ²) |
|-----|--|--------------|---|--|
| SLO | 0,017 | 0,167 | 1,5 | 0,249 |
| SLD | 0,021 | 0,206 | 1,5 | 0,311 |
| SLV | 0,043 | 0,422 | 1,5 | 0,629 |
| SLC | 0,051 | 0,500 | 1,5 | 0,755 |

Valori di A_{max} per i diversi stati limite

I coefficienti sismici sito specifici, orizzontali (K_h) e verticali (K_v) sono i seguenti:

| SL | K_h (adm) | K_v (adm) |
|-----|----------------|----------------|
| SLO | 0,005 | 0,002 |
| SLD | 0,006 | 0,003 |
| SLV | 0,012 | 0,006 |
| SLC | 0,014 | 0,007 |

Valori dei coefficienti sismici sito specifici

Il calcolo dei parametri sismici sito-specifici elaborati in considerazione delle opere in progetto (fondazioni dirette), della Classe d'Uso, della categoria del sottosuolo individuata con le indagini in sito indicano che l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito A_{max} risulta essere pari a **0,629 m/sec²**.

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

8. VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE DEL TERRENO

La liquefazione di un terreno è rappresentata dal quasi totale annullamento della sua resistenza al taglio con l'assunzione del comportamento meccanico caratteristico dei liquidi. La predisposizione a tale fenomeno rappresenta un elemento da tenere in considerazione soprattutto in chiave di progettazione antisismica.

La liquefazione interessa soprattutto i depositi sabbiosi sciolti, posti sottofalda, che presentano le seguenti caratteristiche:

- Sabbie da fini a medie con contenuti in materiale fine variabile fra 0 e 25%;
- Grado di saturazione pari a 1 (terreni sotto falda);
- Da poco a mediamente addensati;
- Profondità del deposito entro i 15 m dal piano campagna.
- Valori di N_{spt} inferiori a 10 nei primi 10 m di profondità.

Secondo il D.M. 14/01/2008 (articolo 7.11.3.4.2 "Esclusione della verifica a liquefazione), è possibile non effettuare la verifica alla liquefazione quando è soddisfatta almeno una delle seguenti condizioni:

1. eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;
2. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
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 $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc1N > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e $qc1N$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
5. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

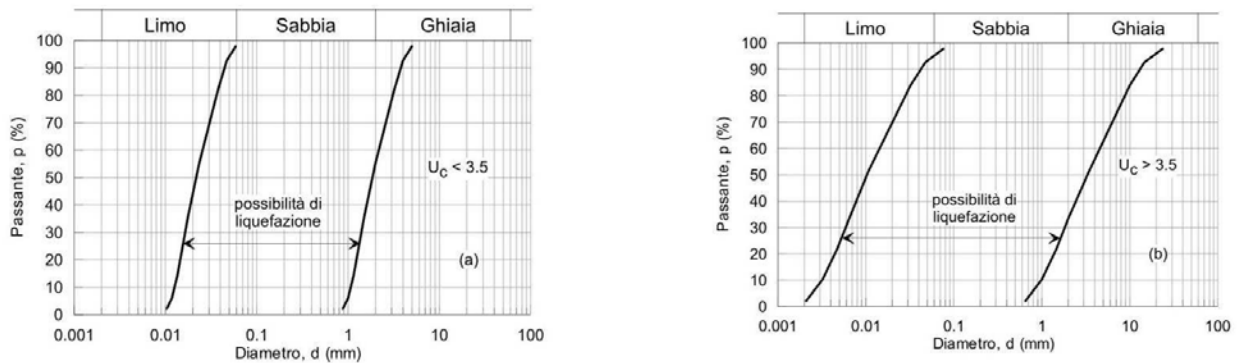


Fig. 8.1 – Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione

Per il sito in esame è verificata la condizione:

5. Granulometria dei terreni esterna ai fusi granulometrici di Fig. 8.1.

I dati inerenti la granulometria dei materiali costituenti il sottosuolo del sito sono stati ricavati dalle stratigrafie pubblicate sul portale cartografico di Regione Lombardia – Banca dati Geologica del Sottosuolo, considerando perforazioni eseguite nelle vicinanze dell'area in esame (Allegato 10).

Preso atto di quanto sopra esposto, la valutazione del potenziale di liquefazione non sarà eseguita.

9. INDAGINE GEOTECNICA

Al fine di eseguire la caratterizzazione geologico-tecnica dei materiali costituenti il sottosuolo del sito in esame, in accordo con la committente, sono state eseguite n.5 prove penetrometriche dinamica (Standard Cone Penetration Test,) spinte alla profondità massima si circa 10 m (SCPT_02) da piano campagna (Allegato 12,13 e 14).

La prova SCPT è stata realizzata infiggendo nel terreno una punta conica, mediante battitura in superficie di un maglio di 73 kg che cade ripetutamente da un'altezza di 750 mm.

La prova misura quindi la resistenza del terreno alla penetrazione dinamica. La resistenza viene dunque definita in termini di numero di colpi (NSCPT) del maglio necessari ad ottenere un'infissione di 30 cm della punta.

I risultati della prova penetrometrica eseguita, in termini di numero di colpi per approfondimenti standard di 30 cm, sono riportati in Allegato 14.

Esistono diversi metodi di interpretazione dei risultati di prove penetrometriche dinamiche in funzione della strumentazione utilizzata (punta conica o aperta) e della tipologia di terreni indagati (nel caso in esame prevalentemente granulari).

Il metodo più utilizzato, usato anche nella presente trattazione, consiste nel normalizzare i dati ottenuti (numero di colpi per approfondimenti standard NSPT) in un valore N, inteso sempre come numero di colpi, che tenga conto delle condizioni sopra citate.

Il valore di N così ricavato può essere utilizzato nelle correlazioni messe a punto per questa prova, per ottenere dati quali:

- densità relativa;
- angolo d'attrito interno del terreno;
- peso di volume del terreno;

L'ubicazione della prova SCPT è mostrata nella planimetria allegata (Allegato 13), ed è stata individuata sulla base degli elaborati progettuali forniti dalla committente e sulla presenza/assenza di sottoservizi, e dall'accessibilità alle aree di lavoro.

10. RISULTATI INDAGINE GEOTECNICA

10.1 Caratterizzazione geologica

Dall'indagine geognostica condotta nell'area in esame è stato ipotizzato un modello stratigrafico del terreno fino alla profondità di -10 m da p.c.:

- Da 0,0 a 0,9 m è caratterizzato da terreno di riporto con presenza di laterizi;
- da 0,9 a 6,5 m sabbia con ghiaia e limo argilloso;
- da 6,5 a 10,0 m ghiaia con sabbia;

Le opere di fondazione che saranno realizzate interessano gli strati di sabbia con ghiaia e limo argilloso, ad una profondità di -3,5 m da p.c.

10.2 Caratterizzazione geotecnica

Nella tabella seguente è riassunto il modello geotecnico e sono elencati i parametri geotecnici del terreno calcolati, ricavati dall'esecuzione delle prove SCPT01 ÷ SCPT05 (Allegato 14).

I valori dei parametri indicati nella tabella sottostante sono stati calcolati, partendo dall'assunto del CSLP che in presenza di un volume di terreno coinvolto nello stato limite, come nel caso di fondazioni superficiali, è giustificato utilizzare i valori medi rispetto ai valori caratteristici in quanto vi è una compensazione delle eterogeneità.

| PARAMETRI GEOTECNICI TERRENI DI FONDAZIONE | | | |
|---|----------|-------------------|-------------------------|
| Orizzonte A – RIPORTO (0,0-0,9 m da p.c.) | | | |
| CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE | Simbolo | Unità di misura | Valore |
| Classificazione | - | - | Granulare |
| Nspt | - | - | 17 |
| Addensamento | - | - | Moderatamente addensato |
| PESI | Simbolo | Unità di misura | Valore |
| Peso di volume | γ | kN/m ³ | 19 |
| PARAMETRI DI RESISTENZA AL TAGLIO | Simbolo | Unità di misura | Valore |
| Angolo di attrito efficace | ϕ | ° | 32 |
| Coesione efficace | C' | KPa | - |
| Coesione non drenata | Cu | KPa | - |
| Orizzonte B – SABBIA CON GHIAIA E LIMO ARGILLOSO (0,9-6,5 m da p.c.) | | | |
| CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE | Simbolo | Unità di misura | Valore |
| Classificazione | - | - | Granulare |
| Nspt | - | - | 7 |
| Addensamento | - | - | Poco Addensato |
| PESI | Simbolo | Unità di misura | Valore |
| Peso di volume | γ | kN/m ³ | 16 |
| PARAMETRI DI RESISTENZA AL TAGLIO | Simbolo | Unità di misura | Valore |
| Angolo di attrito efficace | ϕ | ° | 29 |
| Coesione efficace | C' | KPa | - |
| Coesione non drenata | Cu | KPa | - |
| Orizzonte C – GHIAIA CON SABBIA (6,5 – 10,0 m da p.c.) | | | |
| CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE | Simbolo | Unità di misura | Valore |
| Classificazione | - | - | Granulare |
| Nspt | - | - | 19 |
| Addensamento | - | - | Moderatamente addensato |
| PESI | Simbolo | Unità di misura | Valore |
| Peso di volume | γ | kN/m ³ | 19 |
| PARAMETRI DI RESISTENZA AL TAGLIO | Simbolo | Unità di misura | Valore |
| Angolo di attrito efficace | ϕ | ° | 33 |
| Coesione efficace | C' | KPa | - |
| Coesione non drenata | Cu | KPa | - |

Tab. 10.2.1: Parametri geotecnici del terreno ricavati dalle prova SPT.

La quota d'imposta della fondazione sarà pari a -3,5 m da p.c. Di conseguenza saranno considerati i parametri geotecnici riferiti all'orizzonte B.

11. CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE

Secondo le NTC (D.M. 14/01/2008) la sicurezza e le prestazioni di un'opera o di una parte di essa devono essere valutate in relazione agli stati limite che si possono verificare durante la vita nominale. Stato limite è la condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze per le quali è stata progettata. In particolare le opere e le varie tipologie strutturali devono possedere i seguenti requisiti:

sicurezza nei confronti di stati limite ultimi (SLU): capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone ovvero comportare la perdita di beni, ovvero provocare gravi danni ambientali e sociali, ovvero mettere fuori servizio l'opera. Il superamento di uno stato limite ultimo ha carattere irreversibile e si definisce collasso.

sicurezza nei confronti di stati limite di esercizio (SLE): capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio. Il superamento di uno stato limite di esercizio può avere carattere reversibile o irreversibile.

robustezza nei confronti di azioni eccezionali: capacità di evitare danni sproporzionati rispetto all'entità delle cause innescanti quali incendio, esplosioni, urti.

Le opere strutturali devono quindi essere verificate sia per gli stati limite ultimi che possono presentarsi (in conseguenza alle diverse combinazioni delle azioni), sia per gli stati limite di esercizio definiti (in relazione alle prestazioni attese).

Le verifiche S.L.U. di tipo geotecnico per fondazioni superficiali, riguardano il collasso per carico limite nei terreni di fondazione e per scorrimento sul piano di posa; per tutte le combinazioni di carico, relative allo SLU considerato, deve essere soddisfatta la seguente disuguaglianza:

$$E_d \leq R_d$$

Dove:

E_d = valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione

R_d = valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico

I calcoli seguenti forniscono il valore di R_d al collasso per carico limite della relazione generale per fondazioni superficiali.

La verifica della suddetta condizione deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le **azioni** (**A1** e **A2**), per i **parametri geotecnici** (**M1** e **M2**) e per le **resistenze** (**R1**, **R2** e **R3**). I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito di due approcci progettuali distinti e alternativi.

Nel primo approccio progettuale (**Approccio 1**) sono previste due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti: la prima combinazione è generalmente più severa nei confronti del dimensionamento strutturale delle opere a contatto con il terreno, mentre la seconda combinazione è generalmente più severa nei riguardi del dimensionamento geotecnico.

- Combinazione 1: (**A1+M1+R1**)

- Combinazione 2: (**A2+M2+R2**)

Nel secondo approccio progettuale (**Approccio 2**) è prevista un'unica combinazione di gruppi di coefficienti, da adottare sia nelle verifiche strutturali sia nelle verifiche geotecniche.

- Combinazione 1: (**A1+M1+R3**)

Relativamente alle caratteristiche di portanza dei terreni, è stata svolta la procedura che prevede la verifica allo stato limite ultimo di tipo geotecnico (per fondazioni superficiali) seguendo l'**approccio progettuale 2-** (combinazione unica **A1+M1+R3**) del suddetto D.M. 14.01.08.

Come illustrato di seguito, si è proceduto al calcolo delle resistenze di progetto R_d alla rottura per carico limite mediante la formula di Brinch-Hansen per fondazione con piano di posa orizzontale e carico verticale centrato (trave rovescia).

$$q_{ult} = c' N_c s_c d_c i_c b_c g_c + q_0 N_q S_q d_q i_q b_q g_q + 0.5 \gamma B N_\gamma s_\gamma i_\gamma b_\gamma g_\gamma$$

N_γ, N_c, N_q = fattori di capacità portante dipendenti da ϕ

s_γ, s_c, s_q = fattori di forma della fondazione

γ = peso di volume del terreno alla quota d'imposta

i_c, i_q, i_γ = fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione del carico

b_c, b_q, b_γ = fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione della base della fondazione

g_c, g_q, g_γ = fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione del piano campagna

d_c, d_q, d_γ = fattori dipendenti dalla profondità del piano di posa

B = larghezza della fondazione espressa in metri

c' = coesione alla quota del piano di imposta

q_0 = sovraccarico alla quota di posa

La scelta di porre la coesione C uguale a zero è da intendersi come misura cautelativa nel calcolo della q_{ult} .

A tal fine per i calcoli dei cedimenti è stato utilizzato il valore della Resistenza di Progetto R_d , ottenuto applicando il fattore di sicurezza $\gamma_R=2.3$, così come previsto dalla normativa.

FONDAZIONE SUPERFICIALE: trave rovescia

Ipotesi di lavoro: fondazione superficiale (trave rovescia) impostate in corrispondenza dell'**ORIZZONTE B-SABBIA CON GHIAIA E LIMO ARGILLOSO** (Fig. 11.1)

peso di volume naturale γ_1 al di sotto del piano di fondazione = 16 KN/m³

peso di volume naturale γ_2 al di sopra del piano di fondazione = 19 KN/m³

angolo di attrito efficace $\varphi = 29^\circ$

coesione $c = 0$

condizioni drenate

Struttura di fondazione:

Trave rovescia larghezza $B = 0,8$ m lunghezza $L = 10,0$ m

Immorsamento fondazione $D =$ uguale al piano di posa

Piano di posa = - 3,5 m

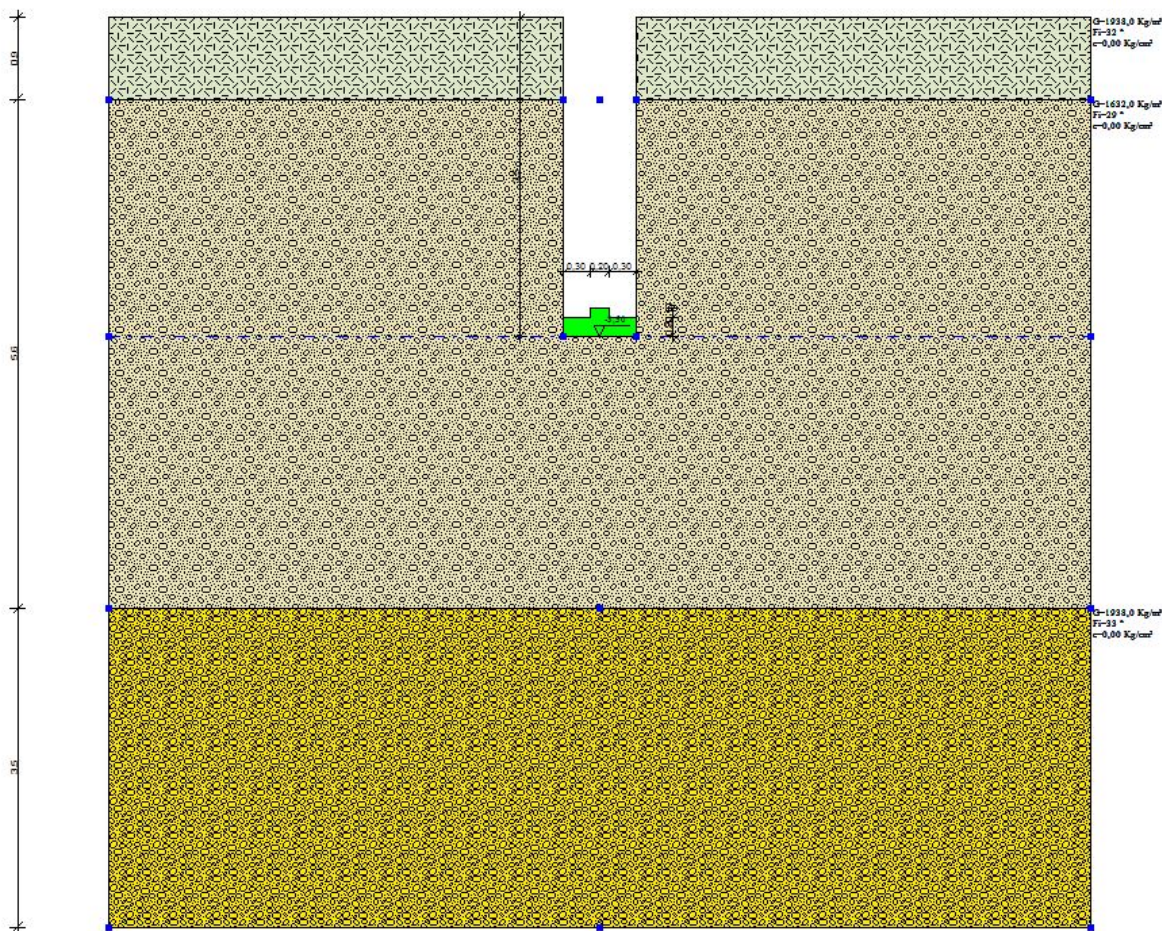


Fig. 11.1. Modello rappresentante la fondazione in relazione al modello geotecnico del sottosuolo.

Dott. Paolo Balossi Restelli
Piano di recupero Z.R.4.04
SAN PIETRO ALL'OLMO, CORNAREDO (MI) Via dei Giardini
Relazione Geologica-Sismica

I valori di progetto ottenuti per la resistenza del sistema geotecnico R_d , calcolati con il metodo di *Brinch-Hansen*, sono i seguenti:

| Approccio | A1 + M1 + R1 | A2 + M2 + R2 | A1 + M1 + R3 |
|--------------------|--------------|--------------|--------------|
| t/m ² | 147 | 47 | 63 |
| kg/cm ² | 14,7 | 4,7 | 6,3 |
| kN/m ² | 1440 | 470 | 630 |

Tab. 11.1: Risultati del calcolo della capacità portante nei tre approcci previsti dalle NTC 2008.

12. CONCLUSIONI

La presente relazione geologica e sismica redatta, a supporto del progetto di ricostruzione di nuovi edifici residenziali e annessi garage interrati, ha permesso di valutare le caratteristiche geotecniche e sismiche dei terreni di fondazione.

Al fine di ottenere utili informazioni tecniche destinate ad una corretta interpretazione delle caratteristiche reologiche dei terreni costituenti il sottosuolo dell'area in esame, si è proceduto alla verifica delle proprietà litostratigrafiche e geotecniche, desunte dall'analisi delle prove penetrometriche dinamiche eseguite.

In particolare, i risultati delle analisi eseguite, consentono di indicare i seguenti dati geologici e geotecnici di sintesi:

- ◆ L'elaborazione dei dati ha permesso di evidenziare una successione stratigrafica composta da 3 **orizzonti** principali distinti per natura litologica, granulometria e grado di addensamento; in particolare, il modello litostratigrafico - geomeccanico ottenuto dall'analisi dei risultati delle prove penetrometriche è illustrato nel paragrafo 10.2
- ◆ L'area in oggetto, secondo quanto riportato nella carta della fattibilità geologica allegata al PGT di Cornaredo, ricade in **Classe F3a-3b – Fattibilità con Consistenti Limitazioni**, a causa della elevata permeabilità dei terreni e della ridotta soggiacenza della falda.
- ◆ Durante l'indagine eseguita è stata misurata la soggiacenza della falda acquifera superficiale che è risultata essere pari a – 3,5 m da p.c.
- ◆ Il territorio comunale di Cornaredo, nella classificazione sismica nazionale è attualmente inserito in **Zona 4**; ai fini della eventuale valutazione della risposta sismica locale per le verifiche sotto azione sismica con il metodo agli stati limite, si espone quanto segue:

- il sottosuolo è da assumere in categoria **C** (Tab. 3.2.II delle NTC); le condizioni morfologiche sono da inserire nella categoria **T1**.

- I terreni indagati risultano *NON LIQUEFACIBILI* in caso di sollecitazioni sismiche

Dagli studi effettuati, ai sensi della normativa vigente in materia, emerge un *quadro geologico – geomorfologico - idrogeologico che non evidenzia particolari controindicazioni per l'attuazione dell'intervento in progetto.*

Tutto ciò premesso si sottolinea che la presenza della falda acquifera a – 3,5 m da p.c. comporta l'adozione dei necessari accorgimenti tecnici per impermeabilizzare le strutture in sotterraneo (box, cantine, ecc) onde evitare l'infiltrazione di acqua negli stessi nei periodi di minore soggiacenza della tavola d'acqua. Per lo stesso motivo durante l'esecuzione dei lavori si dovrà provvedere ad installare un idoneo sistema per l'aggottamento delle acque di falda (pozzi, well-point, ecc) a protezione degli scavi, al fine di consentire la regolare esecuzione delle attività e la costruzione delle opere.

Per l'adempimento di quanto prescritto dalle **Nuove Norme Tecniche per le costruzioni D.M. 14/01/2008**, il presente studio dovrà essere integrato con una relazione geotecnica che motivi la scelta del sistema di fondazione adottato, ne verifichi gli aspetti di collasso per capacità portante agli **SLU** e le condizioni di equilibrio agli **SLE**.

Risulta dunque opportuno valutare in fase progettuale il cedimento, effetto dell'azione E_{qt} relativo alle reali combinazioni di carico di esercizio SLE fornite dal progettista strutturista.

Ciò premesso si sottolinea che durante l'esecuzione dei lavori si dovrà porre particolare attenzione alle seguenti indicazioni:

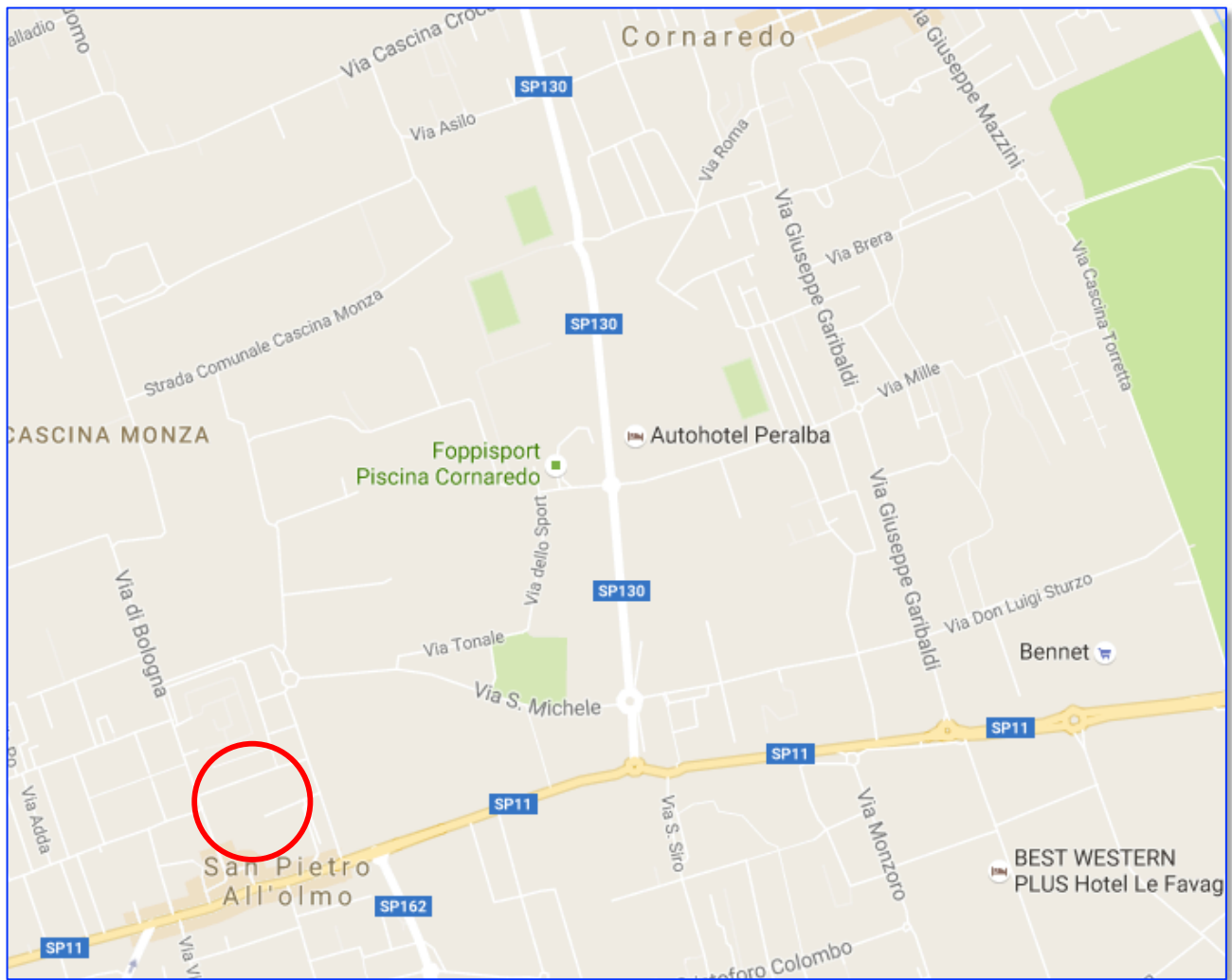
- verificare l'eventuale presenza di lenti di materiale sfavorevole (materiali non addensati) non direttamente verificata dalle prove eseguite e nelle aree non indagate; in tal caso sarà necessario provvedere a porre in essere i necessari interventi per migliorare le caratteristiche geotecniche dei materiali interessati dalle opere di fondazione;
- il riempimento degli scavi andrà eseguito utilizzando materiali con buone caratteristiche di permeabilità così da garantire il regolare deflusso delle acque di infiltrazione.



ALLEGATI

Allegato 1. Inquadramento geografico.

Fonte Google ® maps



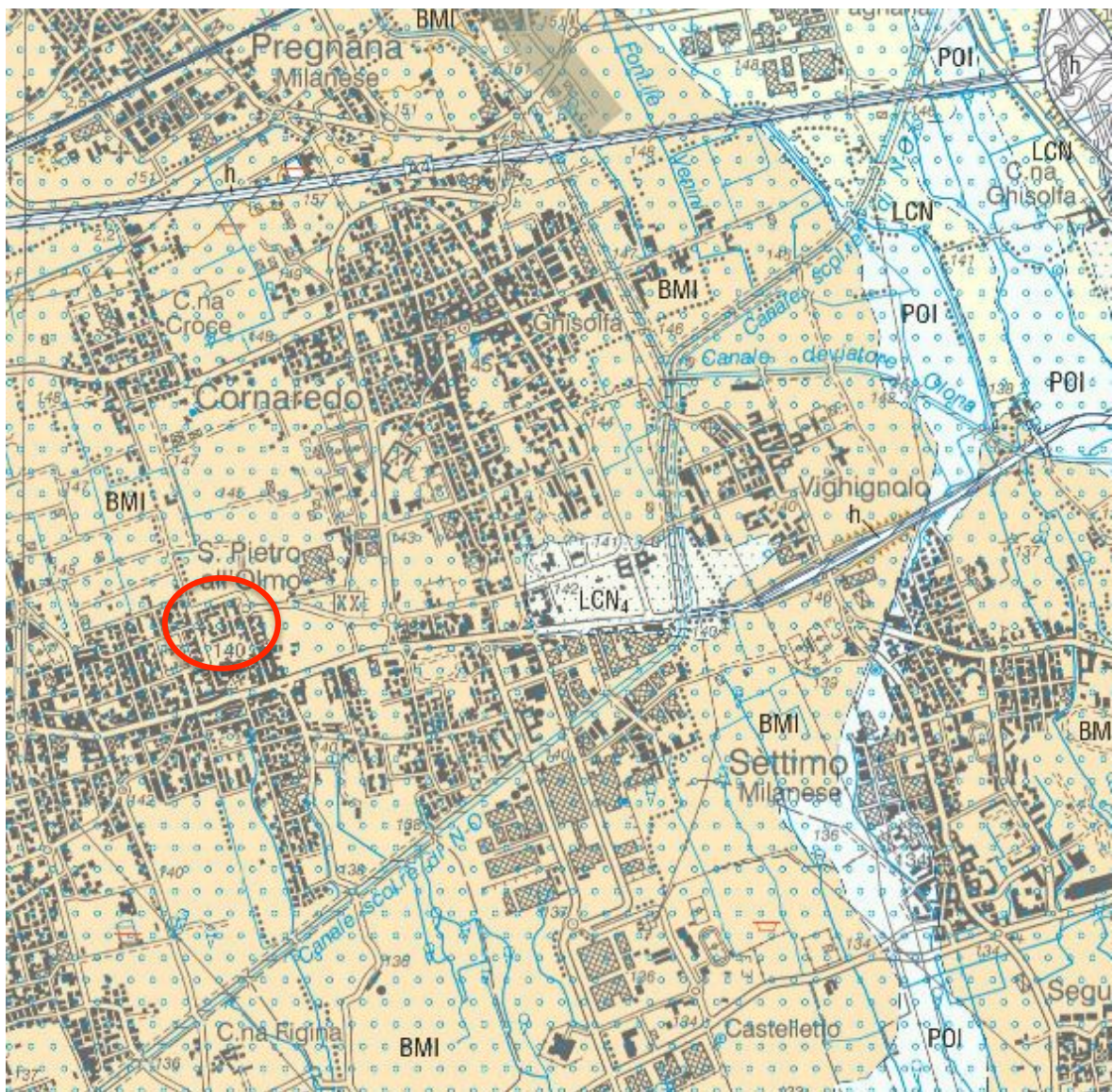
Allegato 2. Inquadramento topografico di dettaglio.

Carta Tecnica Regionale della Regione Lombardia, scala 1:10.000.



Allegato 3. Inquadramento geologico regionale.

Carta Geologica d'Italia Foglio 118 – Milano – Scala 1:50.000



UNITÀ DI MINOPRIO



BMI

Ghiaie a supporto clastico e di matrice; matrice sabbiosa e sabbioso limosa; limi ghiaiosi; sabbie, sabbie limose e limi (depositi fluvioglaciali). Superficie limite superiore caratterizzata da suoli con spessore medio di 1,5 m; colori 10YR e 7.5YR; presenza di suoli sepolti nel settore meridionale del Foglio. Copertura loessica non osservata.

PLEISTOCENE MEDIO - PLEISTOCENE SUPERIORE

SUBSISTEMA DI RONCHETTO DELLE RANE



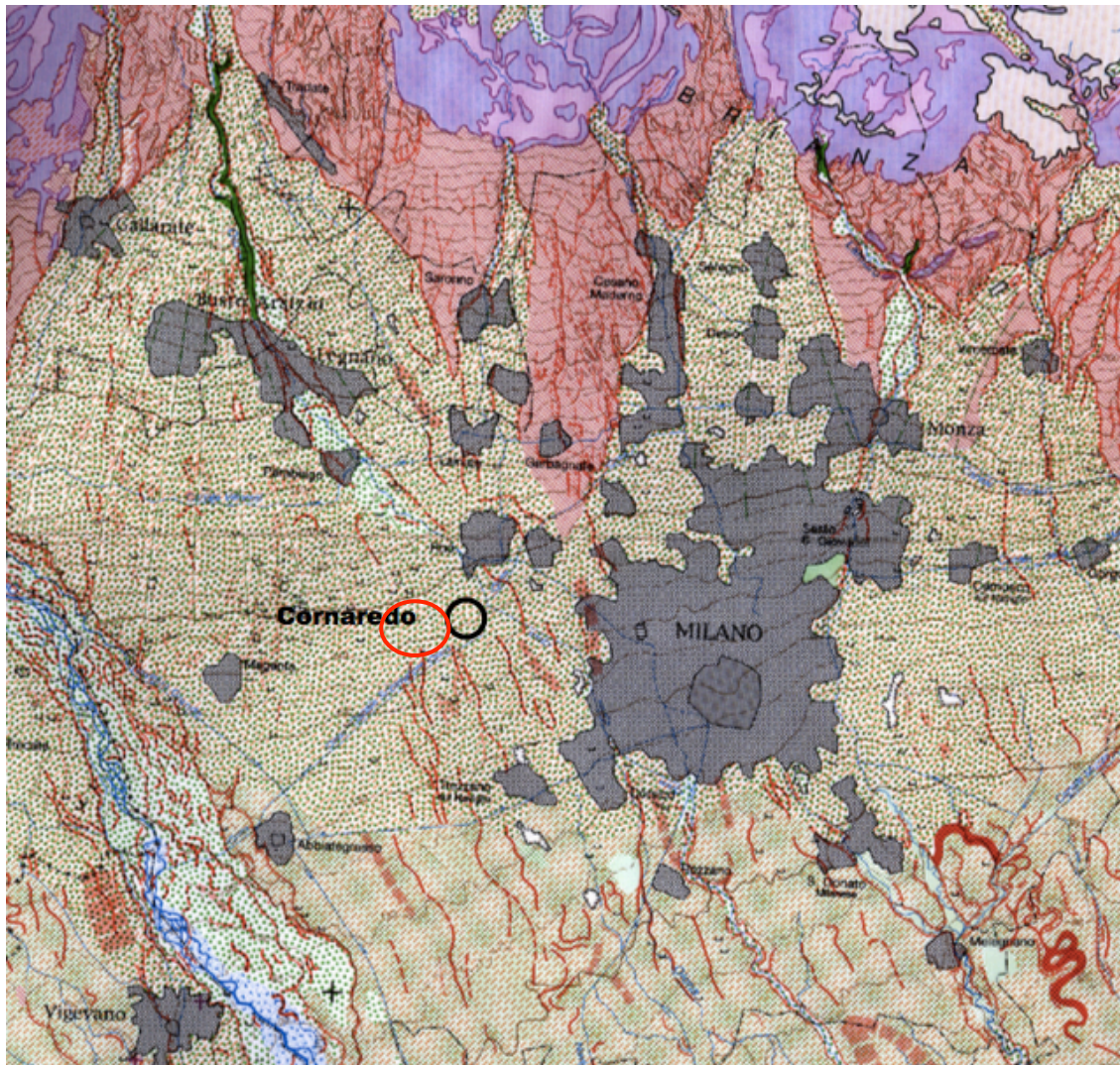
LCN₄

Sabbie e sabbie limose, da massive a laminate; limi e limi argillosi massivi (depositi fluvioglaciali a bassa energia). Spessori da 2 a 4 m. Superficie limite superiore caratterizzata da suoli moderatamente evoluti (Alfisuoli); colori da 10YR a 2.5Y; idromorfia comune.

PLEISTOCENE SUPERIORE

Allegato 4. Inquadramento Geologico di Dettaglio.

PGT Comune di Cornaredo



IDROGRAFIA HYDROGRAPHY

- Corso d'acqua.
River bed.
- Letto di fiume torrente a canali intrecciati, inondato saltuariamente.
Braided river bed, occasionally inundated.

FORME DI ACCUMULO GLACIALE LANDFORMS OF GLACIAL DEPOSITION

- Complessi di colline moreniche e depressioni intermoreniche (non rilevate in dettaglio per questa carta).
Complexes of moraine ridges and intermoraine depressions (not surveyed in detail for this map).

FORME E DEPOSITI FLUVIALI, FLUVIOGLACIALI, FLUVIOLACUSTRI FLUVIAL, GLACIOFLUVIAL AND FLUVIOLACUSTRINE FORMS AND DEPOSITS

- Tratti di pianura alluvionale distinti secondo la natura dei sedimenti superficiali prevalenti.
Alluvial plain, according to nature of prevailing surface sedimentary nature.

- a - ghiaiosi.
gravel.
- b - sabbiosi.
sand.
- c - mosi ed argillosi.
silt and clay.
- Torze.
Flood.

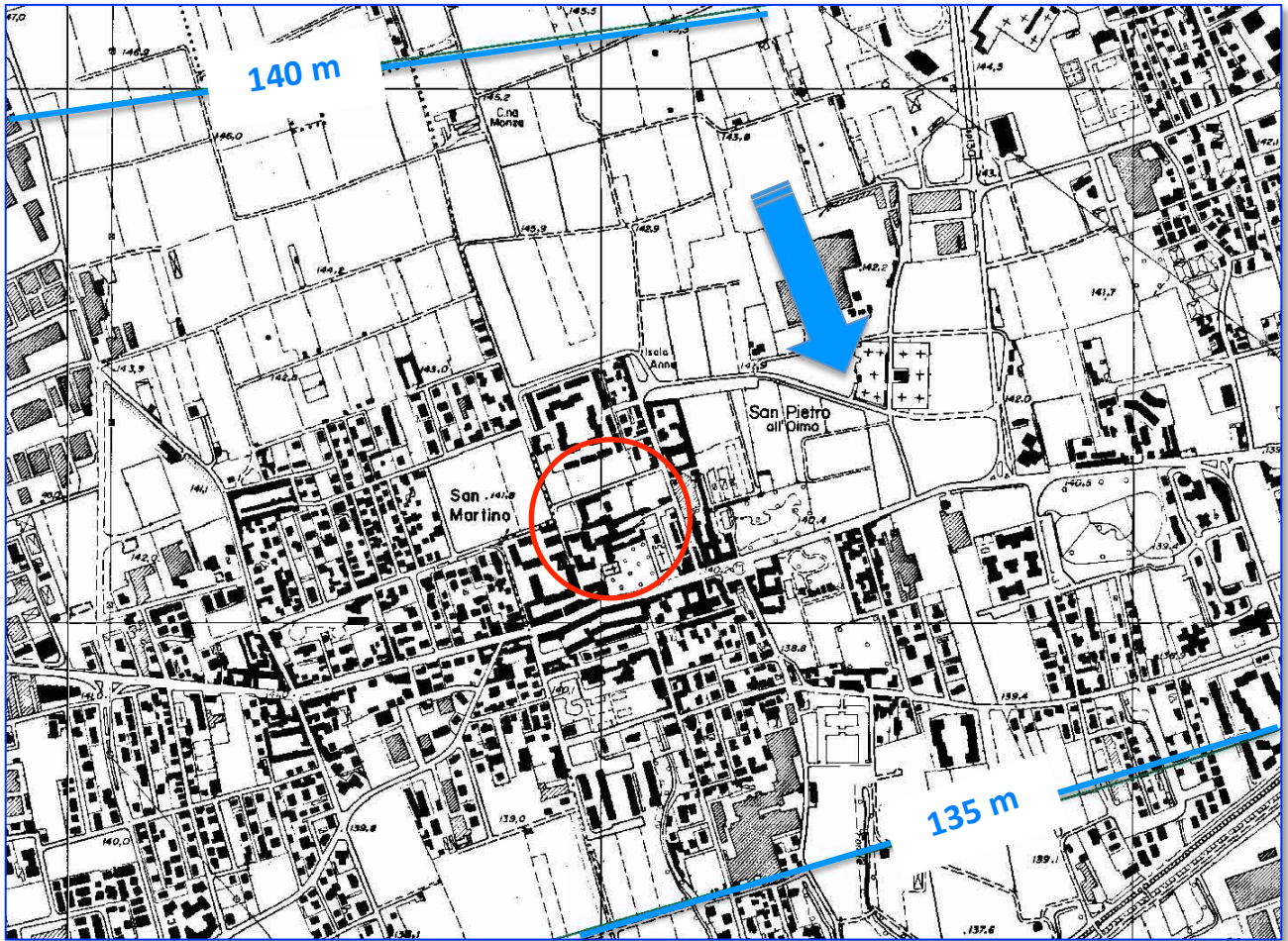
- Coltri di alterazione superficiale (suoli con orizzonte B rubefatto, suoli antichi e poligenici).
Weathering mantle (soils with rubified B horizon, old and polygenetic soils):
- a - fino a 1 m di profondità;
up to 1 m thick.
- b - oltre 1 m di profondità.
more than 1 m thick.
- Superficie di spianamento, glacis d'erosione e glacis coperti, glacis dissecati.
Planation surface, erosional glacis, covered glacis, dissected glacis.
- Conorde anuvionale e fluvio-glaciale:
Alluvial or fluvio-glacial fan:
- a - pendenza > 20‰;
> 20% slope.
- b - pendenza 10-20‰;
20-10% slope.
- c - pendenza < 10‰;
< 10% slope.
- a - altezza < 5 m;
< 5 m high.
- b - altezza 5-20 m;
5-20 m high.
- c - altezza > 20 m;
> 20 m high.
- Tracce diffuse di corsi d'acqua a canali intrecciati, estinti.
Widespread traces of abandoned braided streams.

FORME E DEPOSITI DI ORIGINE EOLICA FORMS AND DEPOSITS OF AEOLIAN ORIGIN

- Copertura di loess a, b - associata a coltri di alterazione.
Loess cover a, b - associated with weathering mantles.

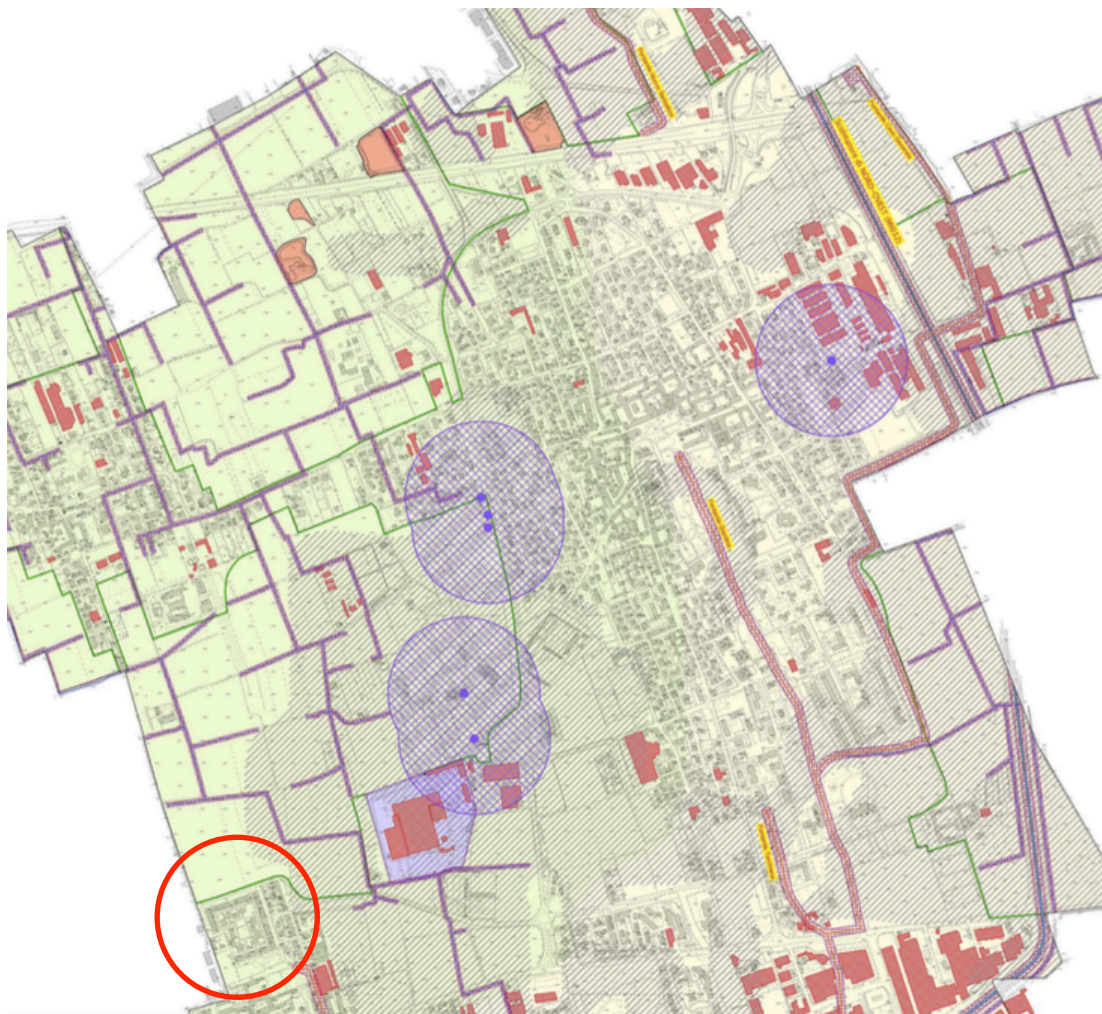
Allegato 5. Inquadramento idrogeologico

Sistema Informativo Ambientale – Città Metropolitana di Milano

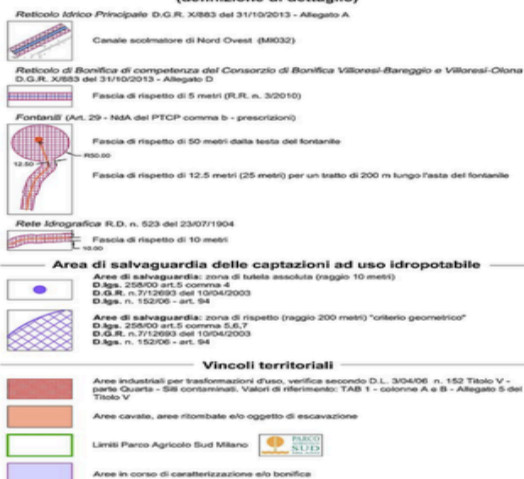


Allegato 6. Carta dei Vincoli.

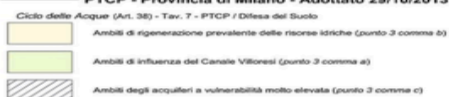
PGT Comune di Cornaredo



Corsi d'acqua - Art. 24 - Tav.7 PTCP - Difesa del Suolo (definizione di dettaglio)

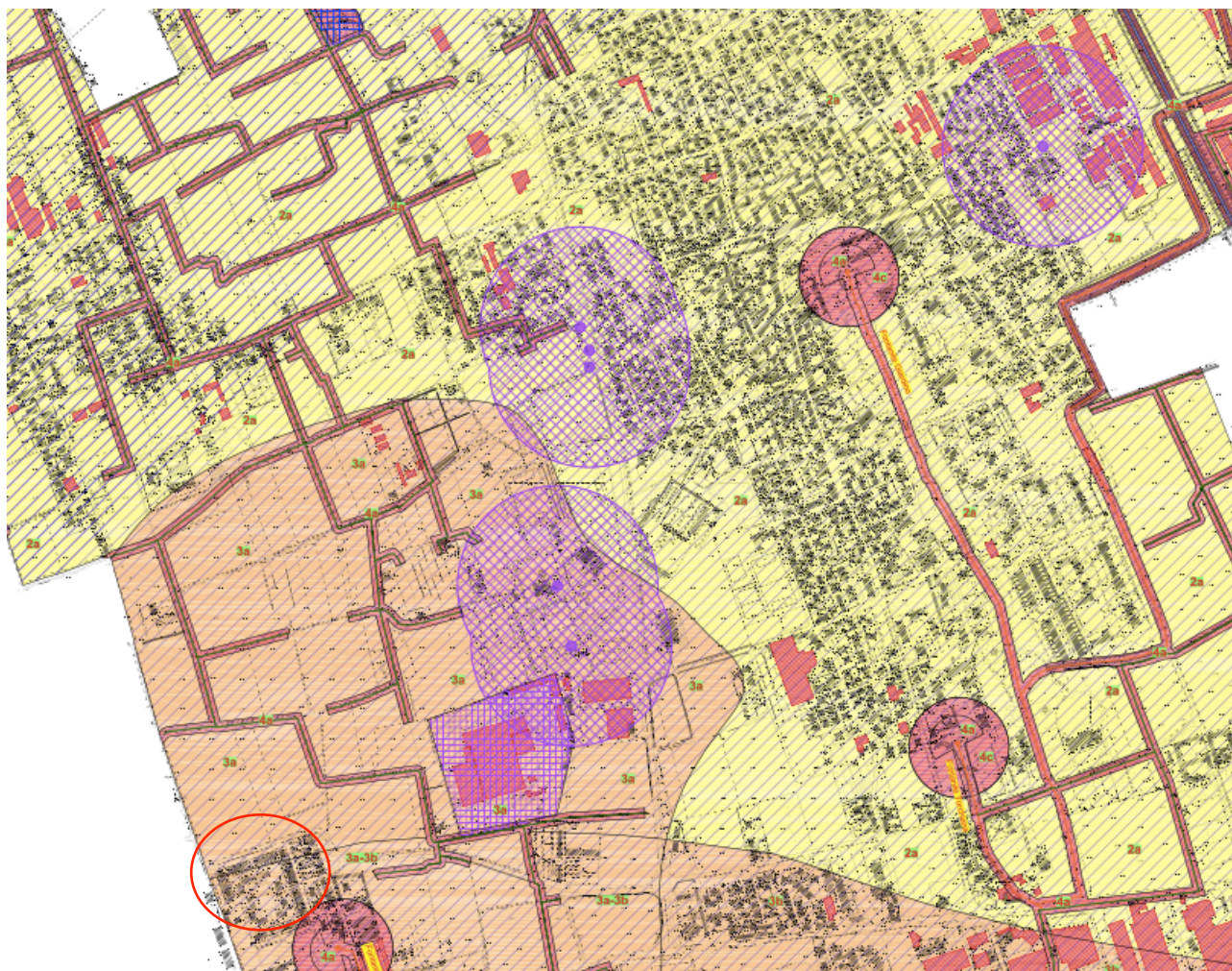


PTCP - Provincia di Milano - Adottato 29/10/2013



Allegato 7. Carta Fattibilità

PGT Comune di Cornaredo



INDICAZIONI SULLA FATTIBILITÀ GEOLOGICA

Classe 2 (gialla) - Fattibilità con modeste limitazioni



La classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate modeste limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso, che possono essere superate mediante approfondimenti di indagine e accorgimenti tecnico-costruttivi e senza l'esecuzione di opere di difesa. Per gli ambiti assegnati a questa classe devono essere indicati gli eventuali approfondimenti da effettuare e le specifiche costruttive degli interventi edificatori.

2a Settori con discreta capacità portante e livello della falda mediamente superiore a 6.00 m dal p.c.

Classe 3 (arancione) - Fattibilità con consistenti limitazioni



La classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate consistenti limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso per le condizioni di pericolosità/vulnerabilità individuate, per il superamento delle quali potrebbero rendersi necessari interventi specifici o opere di difesa.

3a Settori con ridotta capacità portante; primo sottosuolo poco addensato fino a 3 metri

3b Settori con elevata permeabilità e ridotta soggiacenza della falda

Classe 4 (rossa) - Fattibilità con gravi limitazioni



L'alta pericolosità/vulnerabilità comporta gravi limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso. Deve essere esclusa qualsiasi nuova edificazione, se non opere tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti.

4a Reticolo idrografico principale, di bonifica e minore

- fascia di rispetto = 10 metri R.D. 523/1904
- fascia fontale = 12.5 metri asta
- 50 metri testa fontale

4b Settori con materiali riportati, ritombamento di cave, aree colmate/aree oggetto di escavazione

4c Aree con emergenze idriche diffuse - Testa di fontale ($r=100$ metri)

ULTERIORI VINCOLI E LIMITAZIONI



Aree di salvaguardia: zona di tutela assoluta (raggio 10 metri)
D.lgs. 258/00 art.5 comma 4
D.G.R. n.7/12693 del 10/04/2003



Aree di salvaguardia: zona di rispetto (raggio 200 metri) "criterio geometrico"
D.lgs. 258/00 art.5 comma 5,6,7
D.G.R. n.7/12693 del 10/04/2003



Aree Industriali per trasformazioni d'uso, verifica secondo D.L. 3/04/06 n. 152 Titolo V - parte Quarta - Siti contaminati. Valori di riferimento: TAB 1 - colonne A e B - Allegato 5 del Titolo V



Settori interessati da piani di caratterizzazione e/o bonifica

Allegato 8. Zone sismogenetiche ZS9 - INGV.

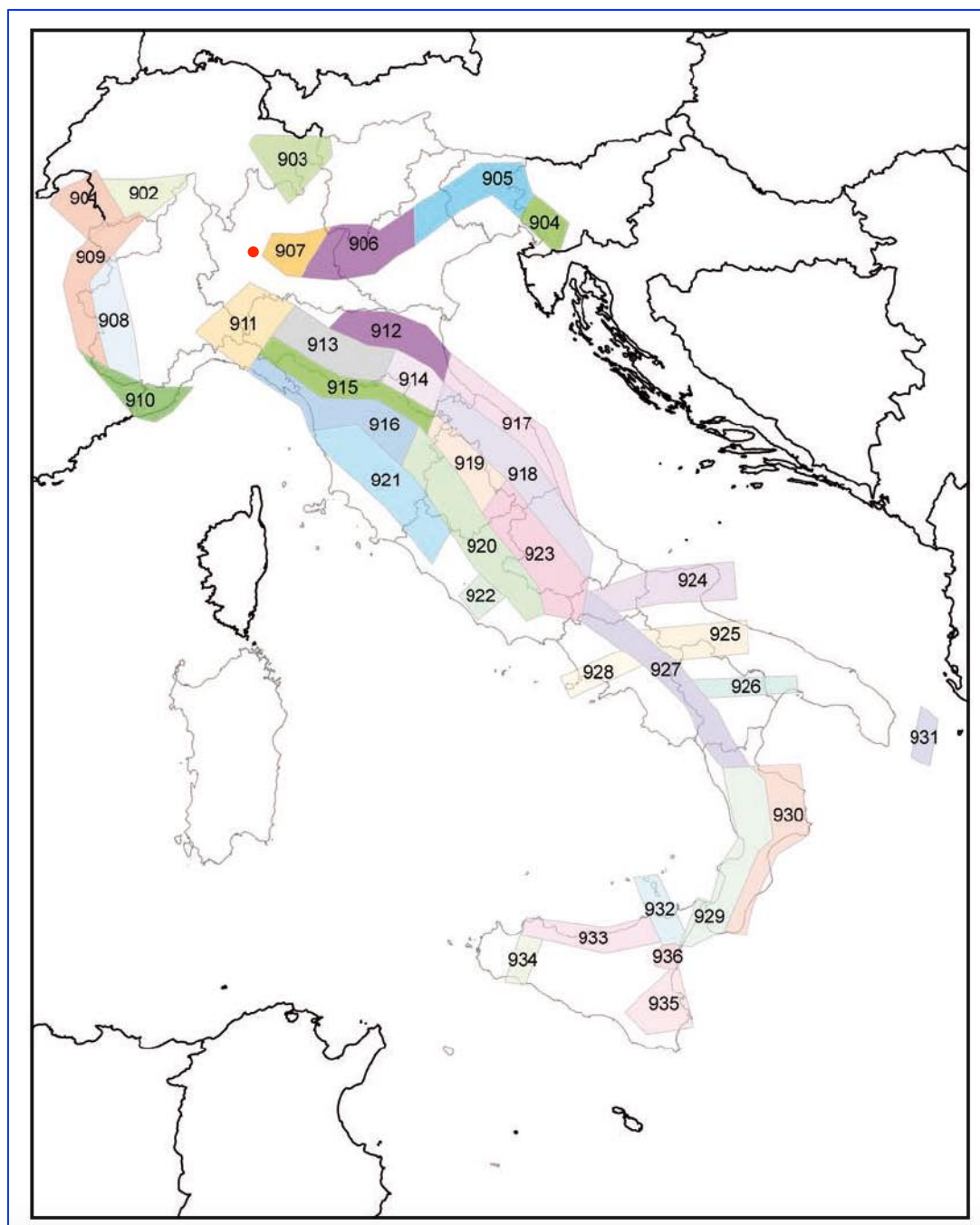
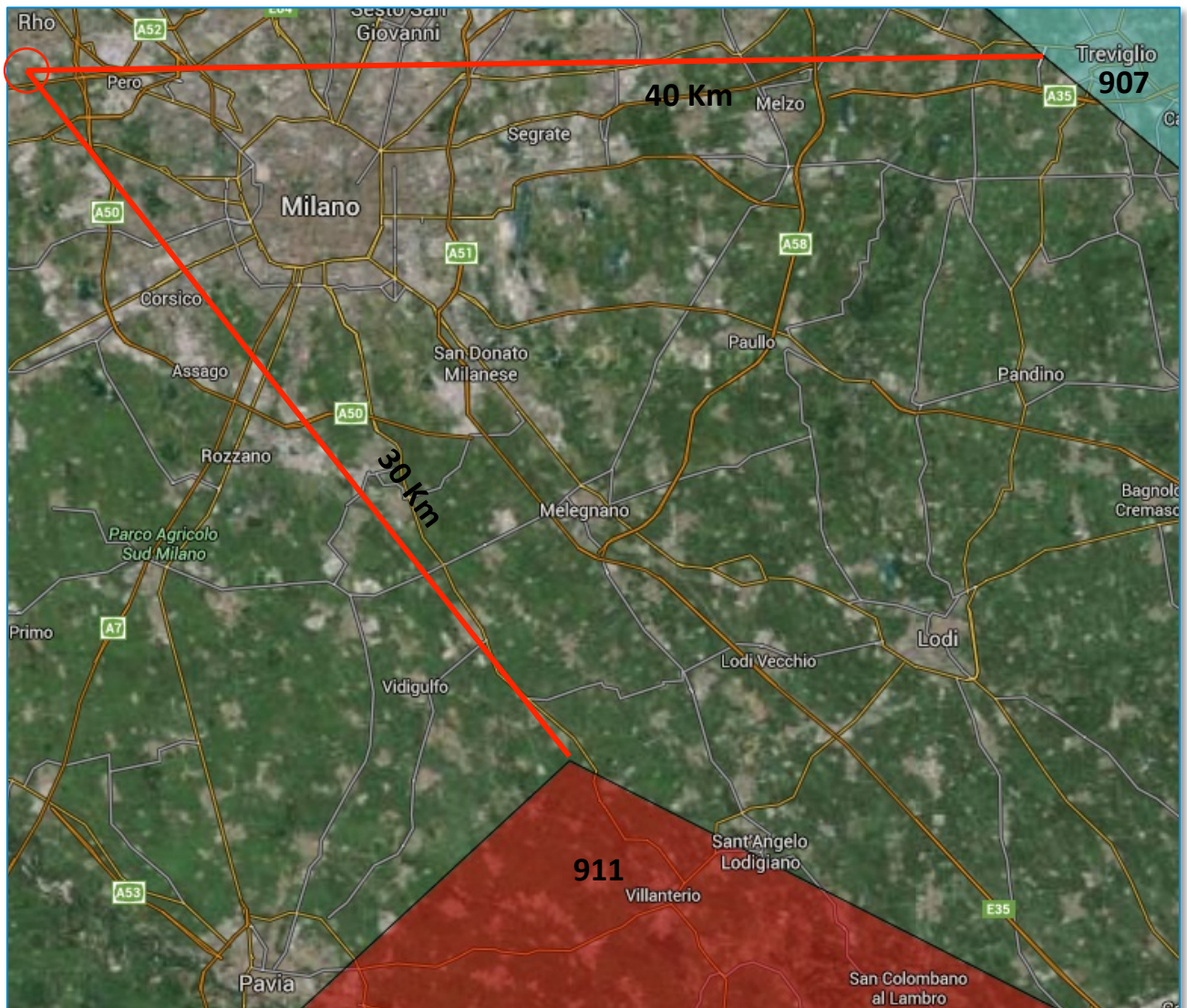


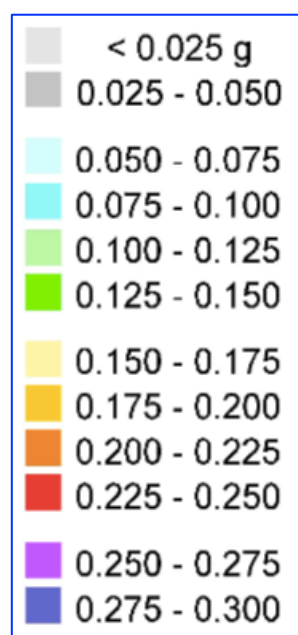
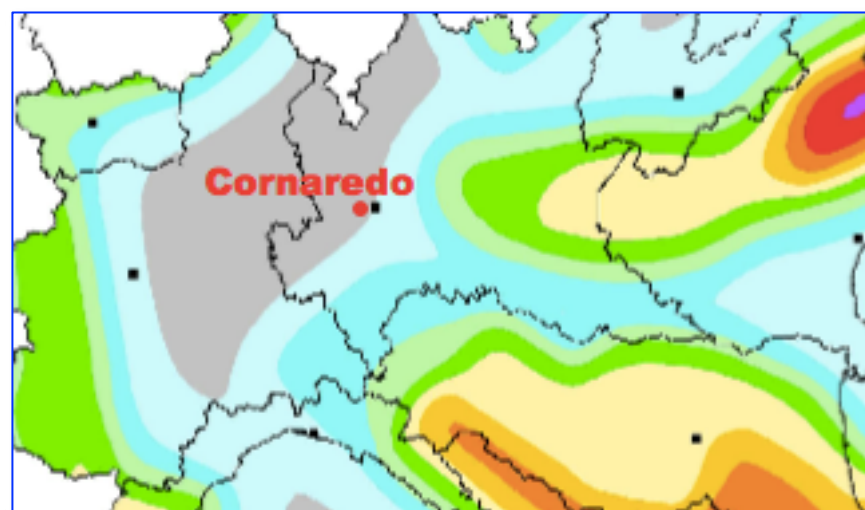
Tabella 2.8-1 – Valori di M_{wmax} per le zone sismogenetiche di ZS9 (estratto da Gruppo di lavoro, 2004)

| Nome ZS | Numero ZS | M_{wmax} |
|--|---|------------|
| Colli Albani, Etna | 922, 936 | 5.45 |
| Ischia-Vesuvio | 928 | 5.91 |
| Altre zone | 901, 902, 903, 904, 907, 908, 909, 911, 912, 913, 914, 916, 917, 920, 921, 926, 932, 933, 934 | 6.14 |
| Medio-Marchigiana/Abruzzese, Appennino Umbro, Nizza Sanremo | 918, 919, 910 | 6.37 |
| Friuli-Veneto Orientale, Garda-Veronese, Garfagnana-Mugello, Calabria Jonica | 905, 906, 915, 930 | 6.60 |
| Molise-Gargano, Ofanto, Canale d'Otranto | 924, 925, 931 | 6.83 |
| Appennino Abruzzese, Sannio – Irpinia-Basilicata | 923, 927 | 7.06 |
| Calabria tirrenica, Iblei | 929, 935 | 7.29 |



Allegato 9. Pericolosità Sismica.

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia – Mappa Interattiva di Pericolosità Sismica



Allegato 10. Stratigrafie

Portale Cartografia Regione Lombardia

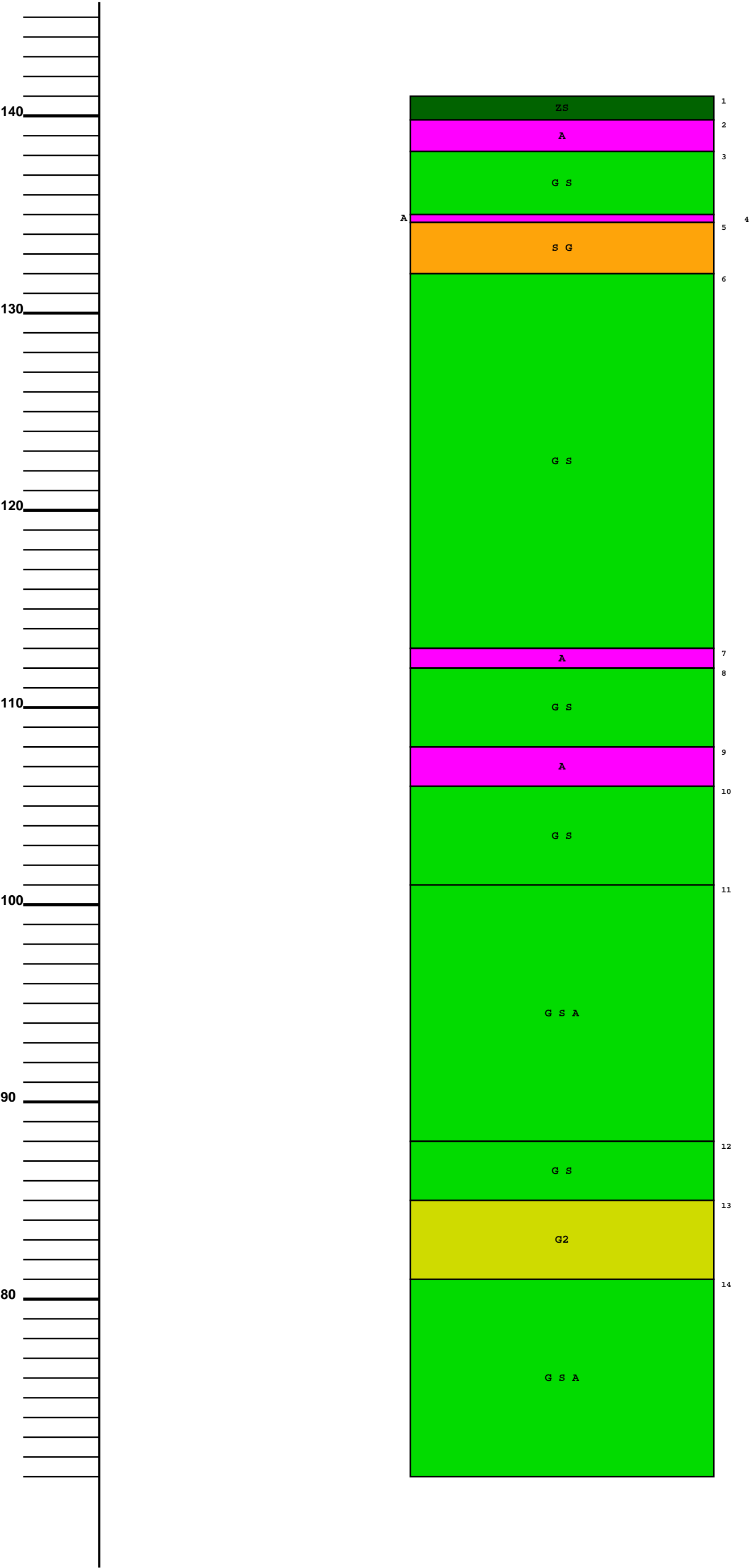
**INFORMAZIONI INDAGINE****COMUNE: CORNAREDO IDE: B6A210866917****QUOTA (m s.l.m.): 141 PROFONDITA'(m): 70 NUMERO STRATI: 14**

| Strato | Da | A | Spessore | descrizione | sigla |
|--------|-----|-----|----------|---------------------------|-------|
| 1 | 0 | 1,2 | 1,2 | Terreno vegetale | ZS |
| 2 | 1,2 | 2,8 | 1,6 | Argilla compatta | A |
| 3 | 2,8 | 6 | 3,2 | Ghiaia e sabbia | G S |
| 4 | 6 | 6,4 | 0,4 | Argilla gialla | A |
| 5 | 6,4 | 9 | 2,6 | Sabbia mista, ghiaia | S G |
| 6 | 9 | 28 | 19 | Ghiaia e sabbia | G S |
| 7 | 28 | 29 | 1 | Argilla gialla | A |
| 8 | 29 | 33 | 4 | Ghiaia e sabbia | G S |
| 9 | 33 | 35 | 2 | Argilla gialla | A |
| 10 | 35 | 40 | 5 | Ghiaia e sabbia | G S |
| 11 | 40 | 53 | 13 | Ghiaia e sabbia argillosa | G S A |
| 12 | 53 | 56 | 3 | Ghiaia e sabbia compatta | G S |
| 13 | 56 | 60 | 4 | Ghiaia grossa | G2 |
| 14 | 60 | 70 | 10 | Ghiaia e sabbia argillosa | G S A |

INFORMAZIONI INDAGINE

COMUNE: CORNAREDO IDE: B6A210866917

QUOTA (m s.l.m.): 141 PROFONDITA'(m): 70 NUMERO STRATI: 14



Allegato 11. Documentazione fotografica



Prova 2



Prova 4



Prova MASW

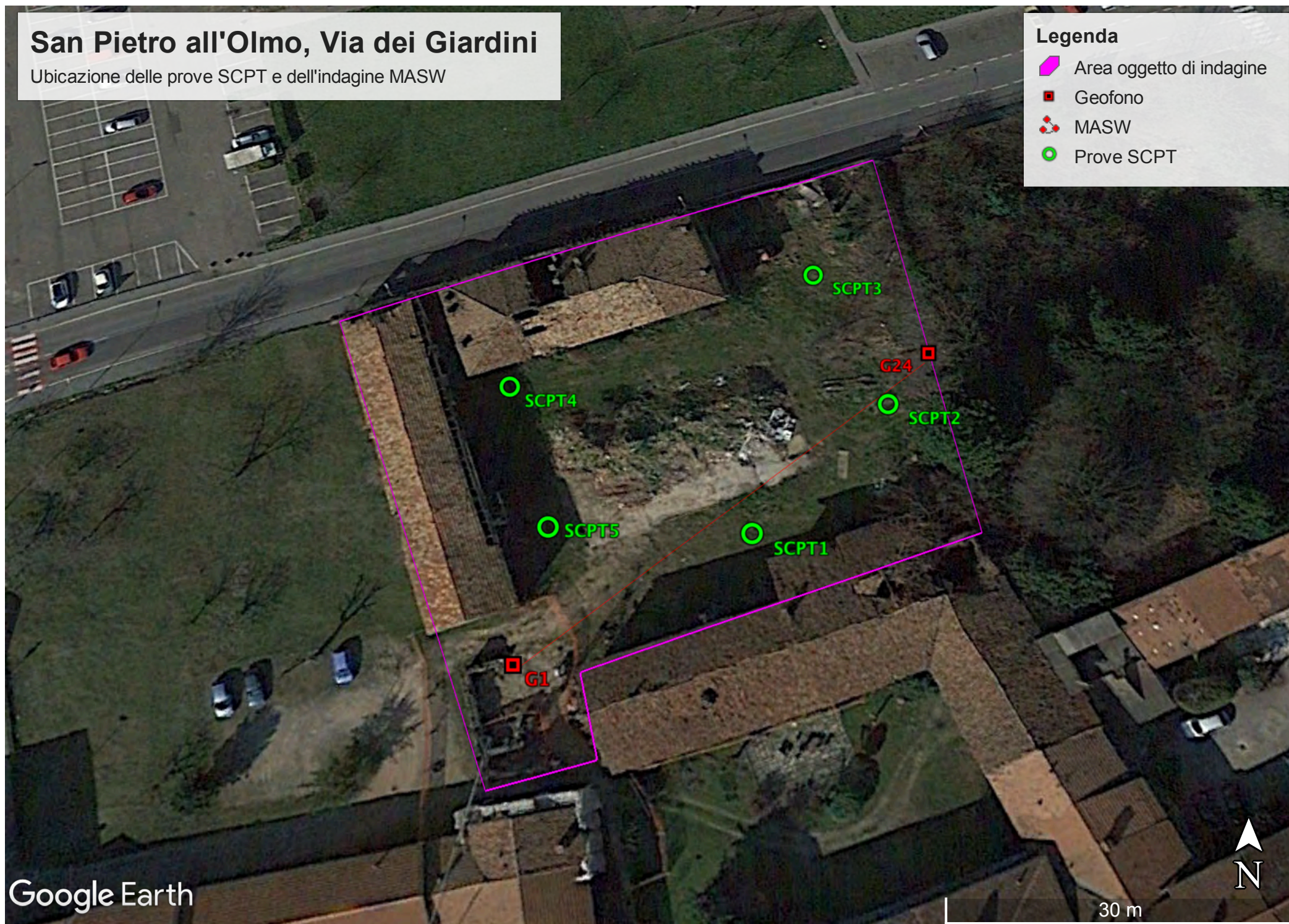
Allegato 12. Planimetria

San Pietro all'Olmo, Via dei Giardini

Ubicazione delle prove SCPT e dell'indagine MASW

Legenda

- Area oggetto di indagine
- Geofono
- MASW
- Prove SCPT



Allegato 13. Risultati prova SCPT

