



PROVINCIA DI PIACENZA
COMUNE DI PODENZANO

PIANO OPERATIVO COMUNALE VARIANTE

L.R. 20/2000

DOC 08. RELAZIONI GEOLOGICHE E SISMICHE degli Ambiti di Trasformazione inseriti nella variante al Piano Operativo Comunale (P.O.C.) 2017 – 2021

Rev. 01_giugno 2023

Ufficio di Piano

Dott. Arch. Pierguido Ferrari Agradi

Dott. Arch. Isabella Buschi

Il Sindaco: ALESSADRO PIVA

L'Assessore all'Urbanistica: ALESSANDRO PIVA

Il Segretario Comunale: ELENA MEZZADRI



AMBITO ANS_R_PD 08

S.I.C.E. S.n.c.



COMUNE DI PODENZANO

COMMITTENTE:

S.I.C.E. s.n.c. di CAVALLI Luigi, Paolo e Mariaelena

OGGETTO:

**PIANO PARTICOLAREGGIATO DI INIZIATIVA PRIVATA P.P.I.P. DENOMINATO "LA CORTE"
VIA ALBERICI PODENZANO**

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA



Data: Luglio-Agosto 2020

Dr. Alberto Lepori - Loc. Gallare, 8 - 29023 Farini (PC) - Tel.0523 - 910517 - Cell. 348-7813006
Ordine Geologi Emilia-Romagna n 1062- C.F. LPR LRT 61H01 D502P - P.IVA 01448730331

Sommario

1	PREMESSA	2
2	INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO	4
3	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	5
4	INDAGINI GEOGNOSTICO-SISMICHE REALIZZATE	8
4.1	PROVE PENETROMETRICHE	10
4.2	TOMOGRAFIA SISMICA.....	11
4.2.1	Cenni metodologici.....	11
4.2.2	Modalità esecutive.....	11
4.2.3	Strumentazione utilizzata	12
4.2.4	Elaborazione dati.....	12
4.2.5	Analisi dei risultati.....	13
4.3	PROVE MASW.....	14
4.3.1	Modalità di elaborazione.....	14
4.3.2	Analisi dei dati	16
4.4	MISURA DEI RAPPORTI SPETTRALI HVSR – (IPOTESI DI NAKAMURA).....	17
4.4.1	Cenni Metodologici.....	17
4.4.2	Modalità esecutive.....	17
4.4.3	Analisi dei dati	18
5	MODELLO GEOLOGICO	19
6	ASPETTI SISMICI	20
6.1	OBIETTIVI DELLA DELIBERA	20
6.1.1	Livelli di approfondimento.....	20
6.2	CARATTERI SISMICI DELL'AREA D'INTERESSE – 1 LIVELLO	22
6.2.1	Classificazione sismica del territorio comunale e sismicità di base.....	22
6.2.2	Caratteri geologico-geomorfologici dell'area in funzione della risposta sismica .	23
6.3	ANALISI SISMICA DEL 2° LIVELLO	25
6.3.1	Valutazione del fattore di amplificazione.....	25
6.3.2	Spettro di risposta (in pga) dell'area	29
7	CONCLUSIONI	30

1 PREMESSA

Il presente rapporto illustra i risultati dell'indagine geologico-sismica realizzata a Podenzano, nell' area P.P.I.P. denominata "La Corte". L'area d'interesse è localizzata nel settore orientale dell'abitato di Podenzano in via Alberici.



Ubicazione dell'area d'interesse da CTR e Ortofoto



Estratto di mappa - Foglio 38 Mappali 805 e 23

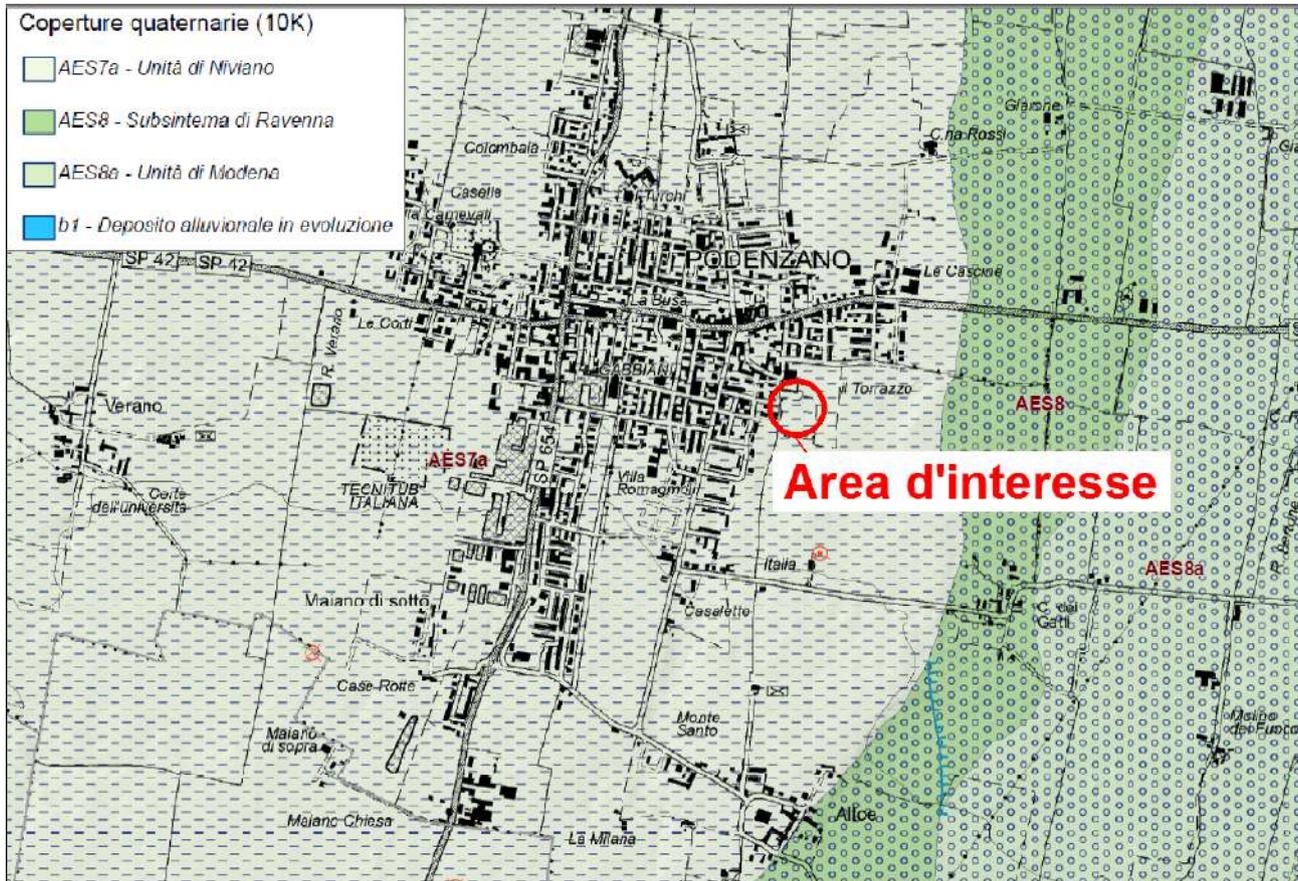
L'indagine è stata realizzata in conformità alla normativa vigente in materia geologica (NTC 2018-2019), e soprattutto per gli aspetti sismici, si è fatto riferimento alla: "Deliberazione della Giunta Regionale dell'Emilia Romagna N. 630 Del 29/04/2019".

Il lavoro ha previsto le seguenti fasi:

- Raccolta ed analisi della documentazione esistente;
- Inquadramento geologico-geomorfologico e idrogeologico dell'area d'interesse;
- Esecuzione di 4 prove penetrometriche dinamiche per la valutazione diretta dei parametri geotecnici del terreno e dell'assetto litostratigrafico superficiale;
- Realizzazione di 2 profili sismo-tomografici per la ricostruzione dell'assetto litostratigrafico dell'area fino a 30 metri di profondità;
- Esecuzione di 4 prove "Masw" per la ricostruzione dell'andamento dei profili di velocità Vs e determinazione della categoria del suolo di fondazione del sito in base alle NTC 2018-2019;
- Esecuzione di 13 prove Hvsr per la determinazione delle frequenze di risonanza dell'area e dell'assetto sismostratigrafico anche in profondità;
- Ricostruzione del modello geologico-geotecnico del sito;
- Valutazione dei possibili effetti sismici di sito ed analisi sismiche del 1° e 2° livello;
- Sintesi delle caratteristiche geologico-sismiche dell'area d'interesse.

2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO

Come documento di base per l'inquadramento geologico dell'area, è stata utilizzata la "Carta Geologica" alla scala 1: 10.000 realizzata dalla Regione Emilia-Romagna.



Estratto della carta geologica regionale

Geologicamente, l'area d'interesse, è localizzata al passaggio fra le conoidi alluvionali antiche del T.Nure e del F.Trebbia. Nella "Carta Geologica d'Italia" alla scala 1:100.000, Foglio n 72 "Fiorenzuola d'Arda", i terreni alluvionali qui presenti vengono classificati come "Fluviale Riss" (Pleistocene).

Recenti studi del Servizio Geologico della Regione Emilia-Romagna, hanno portato ad una nuova e più dettagliata classificazione dei depositi alluvionali quaternari. In base a questo studio, l'area d'interesse ricade all'interno dell'unità di "Niviano". Dal punto di vista geomorfologico l'area d'interesse si trova su un terrazzo alluvionale antico. La superficie del terrazzo può essere considerata sub-pianeggiante con quote assolute di 117-118 m s.l.m. La superficie topografica è debolmente inclinata (0.2-0.5 %) verso nord.

La copertura del terrazzo alluvionale si presenta di colore marrone-rossastro. La litologia è prevalentemente limosa e limoso-argillosa e risulta essere il prodotto dell'alterazione dei sedimenti fluvio-glaciali. Come già accennato, dal punto di vista stratigrafico l'area è posta sul ripiano

alluvionale appartenente all'unità di Niviano, definita all'interno del quadro stratigrafico della Regione Emilia Romagna come sotto-unità del "Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore".

Lo spessore massimo di questa unità è di alcune decine di metri, la successione stratigrafica è costituita da uno strato limoso di potenza metrica (mediamente 4-6 m) al tetto, e da uno strato di potenza decametrica (50-60 m) di sedimenti prevalentemente ghiaiosi. Lo spessore complessivo dei depositi continentali è stato stimato, nell'area di Podenzano, nell'ordine di un centinaio di metri

Le strutture tettoniche localizzate immediatamente a nord dell'abitato di Podenzano, non sono classificate attualmente "attive".

3 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Come già accennato, l'area di studio è localizzata al passaggio fra le conoidi alluvionali antiche del T.Nure e del F.Trebbia.

I depositi alluvionali sono costituiti da alluvioni ghiaioso-sabbiose con intercalazioni di materiali limo-argillosi. Il modello idrogeologico di riferimento ricostruito per tutta l'area della pianura Piacentina è caratterizzato da due distinti complessi acquiferi: uno superiore denominato "acquifero principale", a comportamento essenzialmente freatico, e uno più profondo denominato "acquifero secondario".

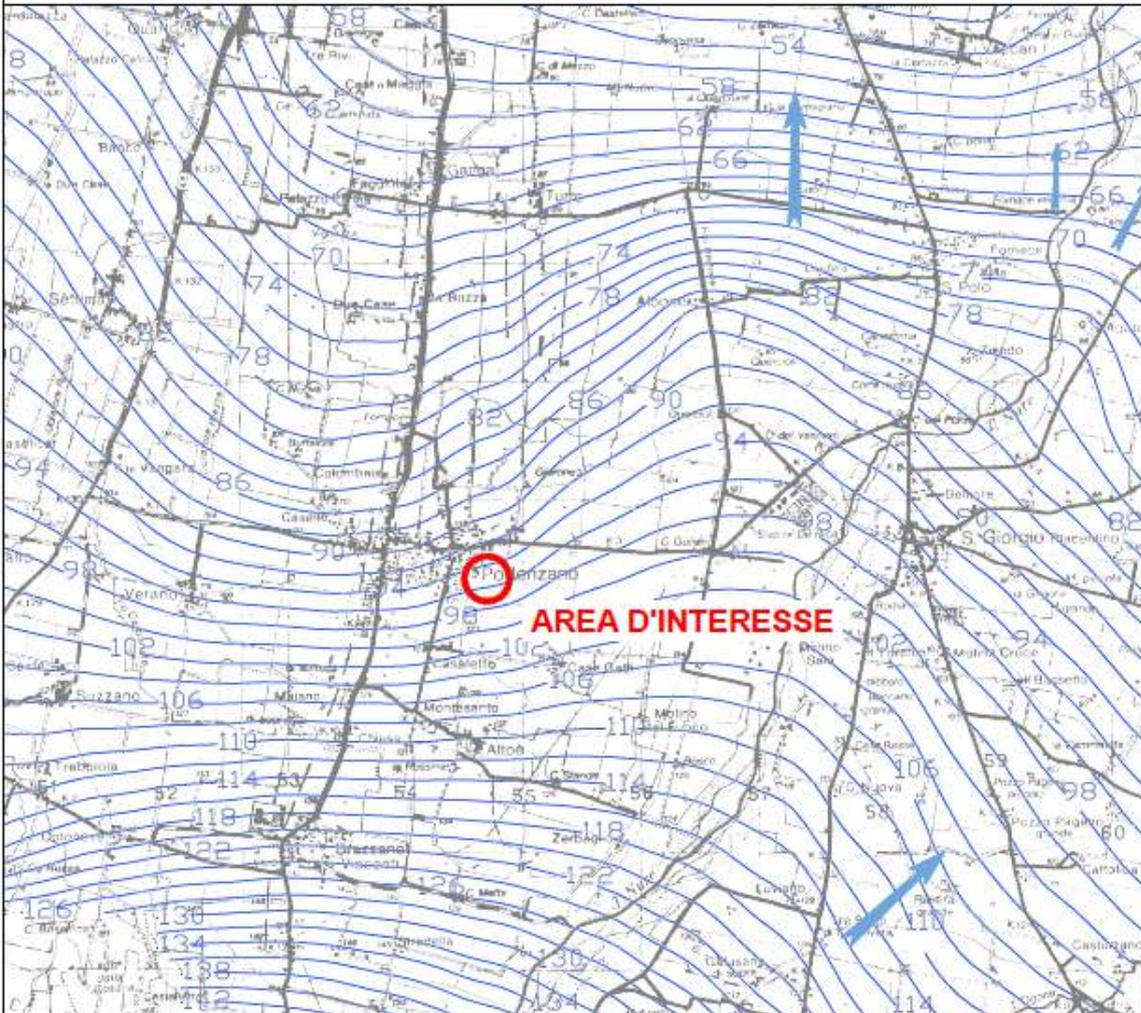
L'alimentazione dell'acquifero principale avviene per infiltrazione diretta dalla superficie delle acque meteoriche e per dispersione dall'alveo del F.Trebbia e del T.Nure.

I principali caratteri idrogeologici dell'area si possono così riassumere:

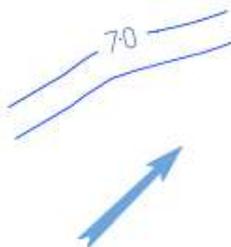
- La soggiacenza della superficie piezometrica risulta essere di circa 15 m al di sotto del piano di campagna;
- La direzione del flusso idrico sotterraneo è verso nord con gradiente idraulico di circa 0.5%;
- Da dati bibliografici l'oscillazione massima, registrata fra l'anno 1978 e l'anno 1998, risulta compresa fra 3 e 6 m;
- Nei fori delle prove penetrometriche spinte fino a 6.5 metri non è stata rilevata presenza d'acqua.

PIEZOMETRIA MEDIA ANNO 1998

Scala 1:50000



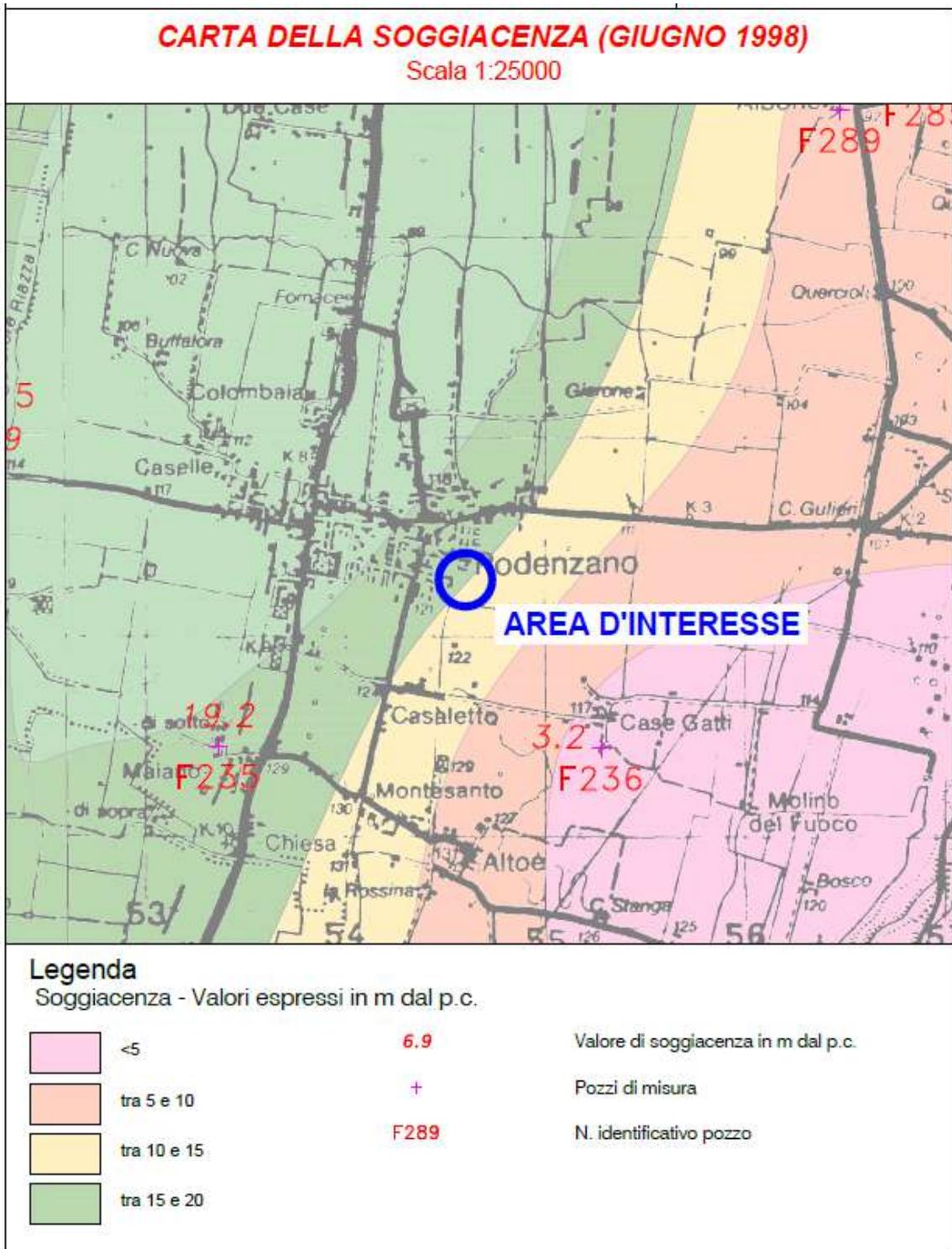
Legenda



Linea isopiezometrica e relativo valore in m.s.l.m.

Principali direzioni di flusso

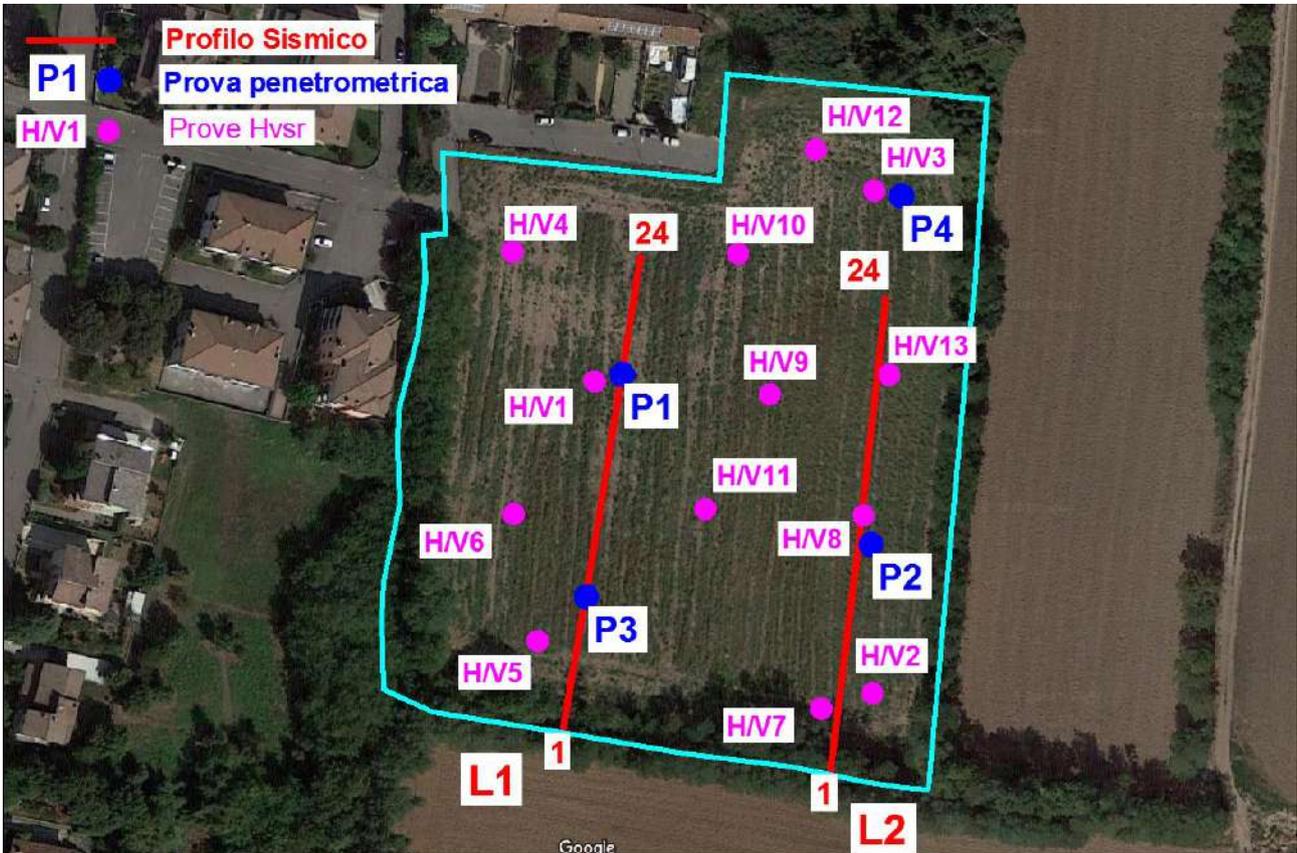
Piezometria dell'acquifero superficiale – anno 1998



Soggiacenza acquifero superficiale – anno 1998 (periodo di alto piezometrico storico)

4 INDAGINI GEOGNOSTICO-SISMICHE REALIZZATE

In totale sono state realizzate: 4 prove penetrometriche dinamiche medie, 2 profili sismotomografici, 4 prove Masw e 13 prove Hvsr.



Ubicazione delle indagini geognostico-sismiche



Fasi esecutive delle prove penetrometriche



Fasi esecutive delle indagini sismiche



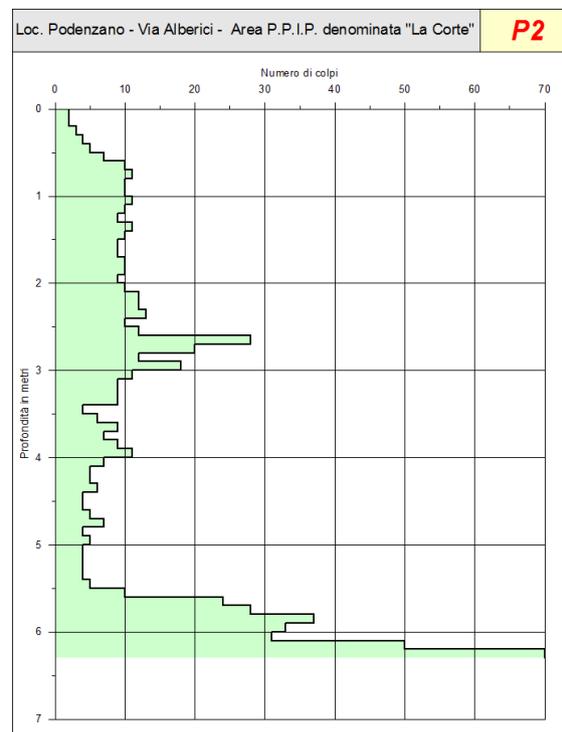
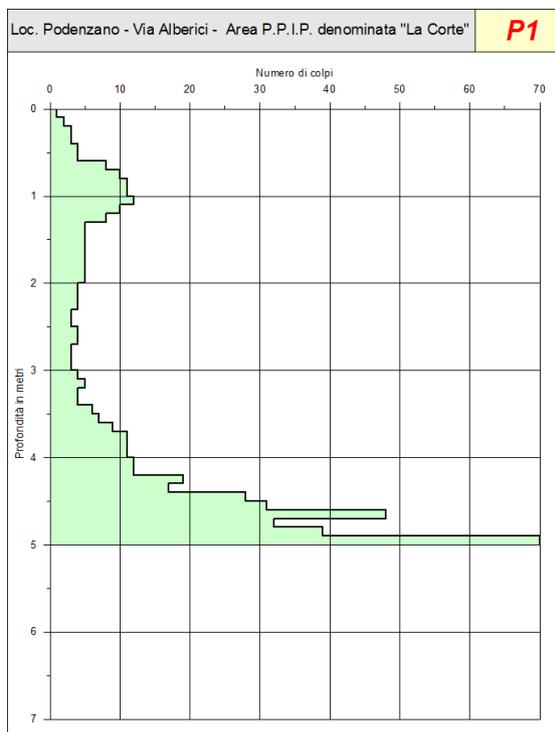
Fasi esecutive delle prove HvSR

4.1 PROVE PENETROMETRICHE

Le caratteristiche del penetrometro utilizzato sono le seguenti:

- **Peso maglio = 30 kg**
- **Altezza caduta libera = 20 cm**
- **Sezione punta = 10 cmq**
- **Angolo apertura punta = 30°**
- **Peso singola asta = 2.4 kg**
- **Lunghezza aste = 1 m**

Sono stati conteggiati e riportati in appositi grafici (riportati in appendice al rapporto) i colpi (n) necessari per infiggere le aste di 10 cm.



La profondità massima d'indagine raggiunta è stata di 6.5 m.

I risultati delle prove si possono così sintetizzare:

- Lo spessore della copertura di natura prevalentemente limo-argillosa a medio-bassa consistenza è di 5-6.5 metri;
- Il rifiuto alla penetrazione è stato ottenuto al tetto dell'orizzonte ghiaioso;
- Nei fori delle prove non è stata rilevata presenza d'acqua.

4.2 TOMOGRAFIA SISMICA

4.2.1 Cenni metodologici

Il metodo sismico a rifrazione si basa sulla misura dei tempi di percorso delle onde sismiche di volume (P o S) dirette e rifratte (i cosiddetti primi arrivi) che, partendo in un istante noto da una sorgente artificiale di posizione nota, arrivano ai diversi geofoni (sensori collocati a distanze note dalla sorgente). Le onde dirette sono quelle che si propagano direttamente dalla sorgente ai geofoni, senza scendere in profondità, invece, le onde rifratte sono quelle che, dopo essere penetrate in profondità nel sottosuolo, incontrano un rifratte (superficie di aumento brusco della velocità di propagazione) e vengono da esso trasmesse in superficie (a causa del fenomeno dell'incidenza critica dei raggi sismici). I dati ricavati da tale tipo di indagine consentono di determinare un modello bidimensionale del sottosuolo. Utilizzando le distanze tra il punto di scoppio e i vari geofoni e i tempi di arrivo del segnale sismico, si ricavano delle curve tempo-distanza (dromocrone), dalle dromocrone dei primi arrivi (curve che rappresentano la variazione del tempo di percorso in funzione della distanza sorgente - geofono) si risale al modello di velocità sismica del sottosuolo, fino alla base del rifratte più profondo individuato (poiché i raggi sismici che scendono a profondità superiori non ritornano in superficie nei punti in cui sono collocati i geofoni). L'indagine di sismica a rifrazione consente di valutare le caratteristiche meccaniche e di compattezza dei terreni indagati, inoltre, consente di poter definire il loro grado di fatturazione, nonché la geometria delle stratificazioni immediatamente sottostanti la coltre superficiale, di definire la profondità del basamento (bedrock).

4.2.2 Modalità esecutive

Sono stati registrati 2 profili sismici costituiti da allineamenti di 24 geofoni spazati di 5 metri. In punti predefiniti del profilo, sono stati creati artificialmente degli impulsi elastici mediante l'utilizzo di una massa battente; l'energizzazione è avvenuta in punti disposti simmetricamente agli stendimenti e precisamente nelle seguenti posizioni:

- 2 punti esterni al profilo
- 2 punti agli estremi del profilo
- 3 lungo il profilo ogni 6 geofoni.

La registrazione dei sismogrammi è stata effettuata mediante un sismografo Geode della Geometrics a 24 canali ad elevata dinamica (24 bit).

4.2.3 Strumentazione utilizzata

Il "Geode" è un sismografo modulare a 24 bit che rappresenta l'ultima frontiera dei sistemi di registrazione sismica combinando il meglio dei tradizionali sismografi Geometrics con la flessibilità di un sistema modulare. Geode è un sismografo ad elevata dinamica (144 dB di range dinamico totale – 105 dB istantanei a 2 msec di campionamento). Grazie all'ampia banda d'ingresso (1.75 Hz – 20 kHz, con velocità di campionamento da 0.02 msec a 16 msec), esso è perfettamente idoneo per un'ampia gamma di applicazioni: sismica a rifrazione, sismica a riflessione (anche ad altissima risoluzione), monitoraggio di vibrazioni, applicazioni sismologiche, downhole e VSP. In acquisizione sono disponibili tutte le funzioni di filtri, pre-amplificazione, line-test e instrument-test, tipiche dei sistemi di registrazioni evoluti.



Sismografo "Geode" collegato al pc

L'attrezzatura utilizzata è composta da:

- Sismografo modulare Geode 3-1000+ canali,
- Massa battente da 10 Kg,
- Cavo per sismica a rifrazione stranded, 130 mt con 24 takeouts SPT-21 a 5 metri di intervallo e due code da 7.5 mt l'una terminate con connettore Bendix 61S,
- Geofoni GS20DX, 4.5 Hz verticali, 395 Ohm con puntale da 3" ed 1,5 mt di cavo terminato con mueller clip singola MC-20-SP.

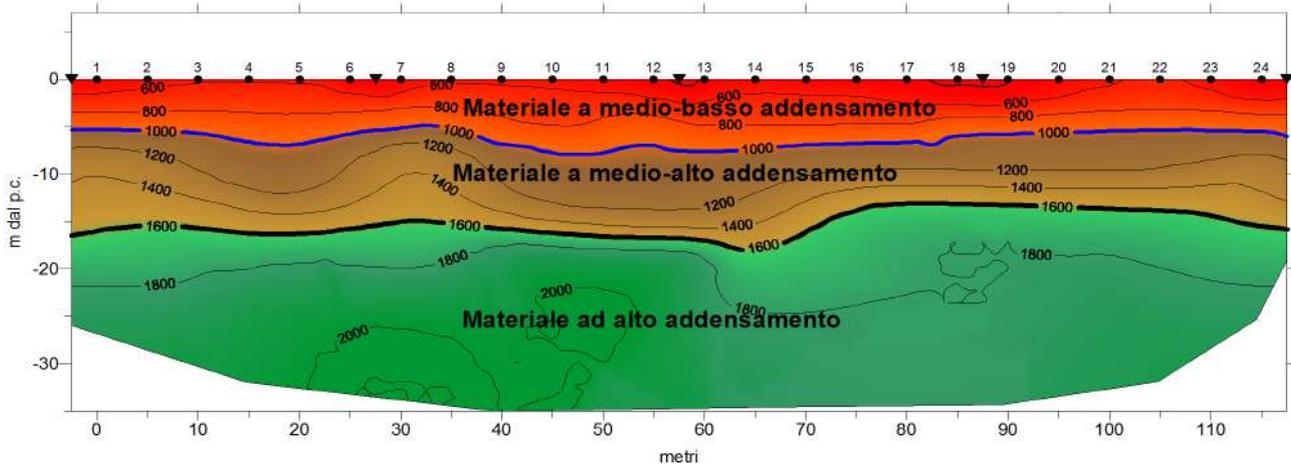
4.2.4 Elaborazione dati

In questo caso i dati acquisiti sono stati interpretati secondo un metodo sismico-tomografico utilizzando il software SeisOpt@2D v4.0 prodotto dalla OPTIM. La procedura d'elaborazione ha comportato in una prima fase la lettura dei tempi dei primi arrivi sui sismogrammi. In seguito, sono stati ricostruiti i percorsi dei raggi sismici attraverso il terreno. In linea teorica, ogni punto del mezzo investigato, è attraversato in tutte le direzioni, dai raggi sismici. Di ogni raggio è quindi calcolata la traiettoria e, sul confronto fra tutti i possibili percorsi e tempi impiegati, ed è stabilita per ogni punto (o cella di dimensioni 1.0x0.5 m, in questo caso) la sua velocità sismica caratteristica. Il risultato finale dell'elaborazione consiste in sezioni di velocità sismiche, rappresentate sia per isovelocità sia tramite colori. Alle diverse classi di velocità sismica, sono stati attribuiti colori che

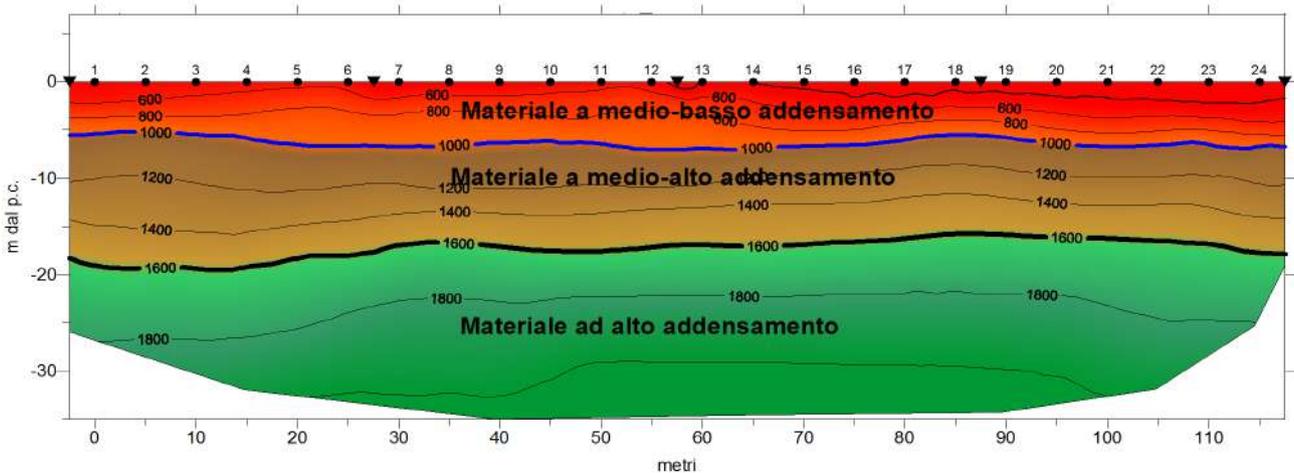
vanno, dal rosso per i valori più bassi, al blu per i valori più elevati. La scala cromatica evidenzia i cambiamenti di velocità ritenuti più significativi.

4.2.5 Analisi dei risultati

Loc. Podenzano - Via Alberici - Area P.P.I.P. denominata "La Corte" - Tomografia Sismica - L1



Loc. Podenzano - Via Alberici - Area P.P.I.P. denominata "La Corte" - Tomografia Sismica - L2



Sono state distinte le seguenti unità simiche:

- **Unità superficiale (colore rosso)**, con velocità inferiori a 1000 m/s. L'unità corrisponde al materiale di copertura di prevalente natura limo-argillosa. Gli spessori sono variabili da 5.0 a 6.5 metri;
- **Unità a medio-alto addensamento (colore marrone)**, con velocità medie di 1300-1400 m/s, l'unità può essere correlata a materiale prevalentemente ghiaioso (parzialmente alterato) in abbondante matrice limosa;
- **Unità di fondo (colore verde)**, con velocità sismiche medie di 1800 m/sec. L'unità, collocata a 15-18 metri dal p.c., è correlabile a materiale (sempre di prevalente natura ghiaiosa) più addensato con possibili locali livelli cementati.

Si fa rilevare che in base ai valori di velocità delle onde P, poiché l'acqua è caratterizzata da valori di circa 1500 m/s, la falda si colloca sicuramente oltre i 15 metri dal p.c.

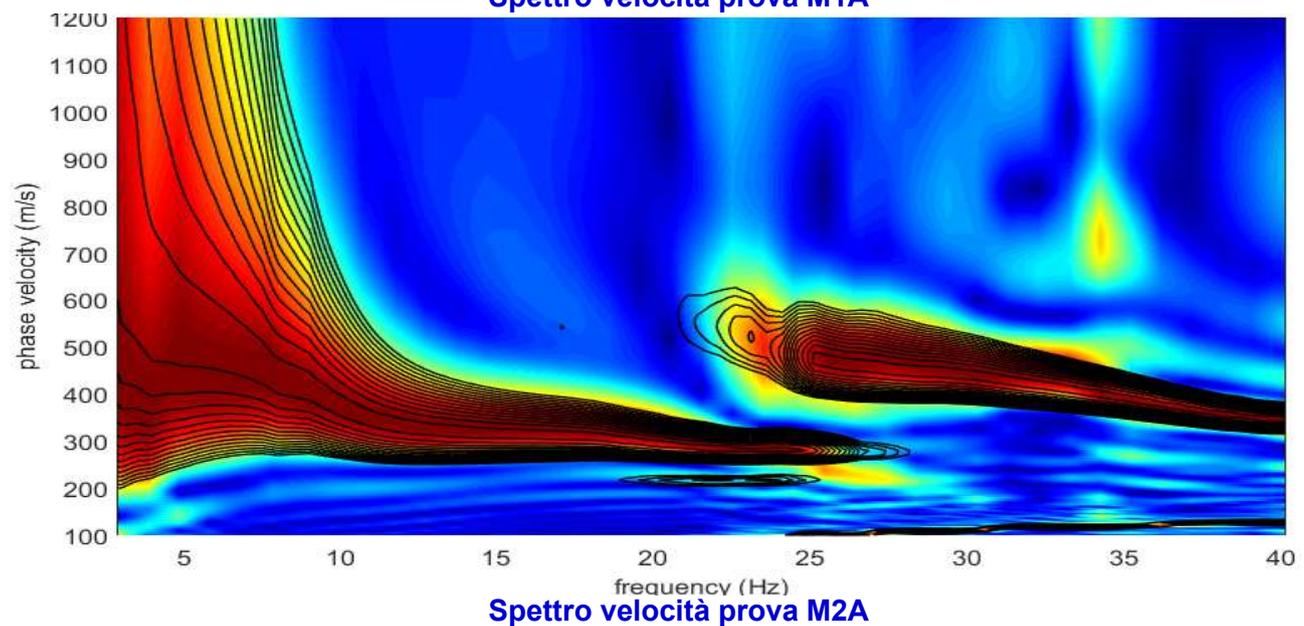
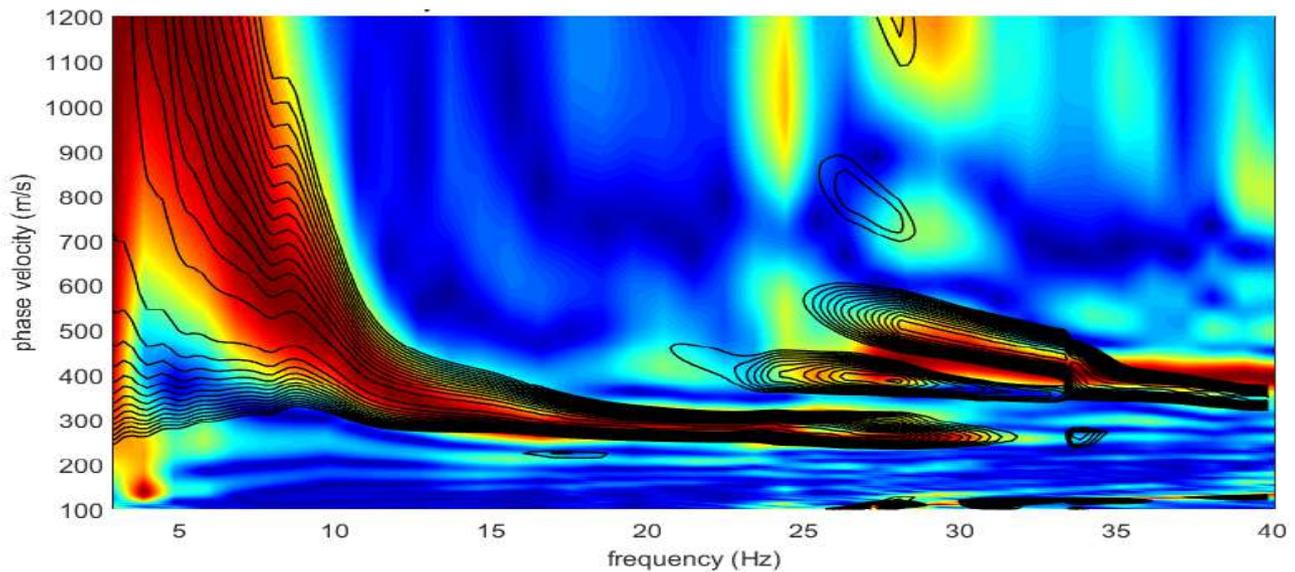
4.3 PROVE MASW

Da ogni stendimento sismico state estratte 2 prove “Masw” considerando separatamente i tratti compresi fra i geofoni 1-12 (M1A e M2A) e quelli fra i geofoni 13-24 (M1B e M2B).

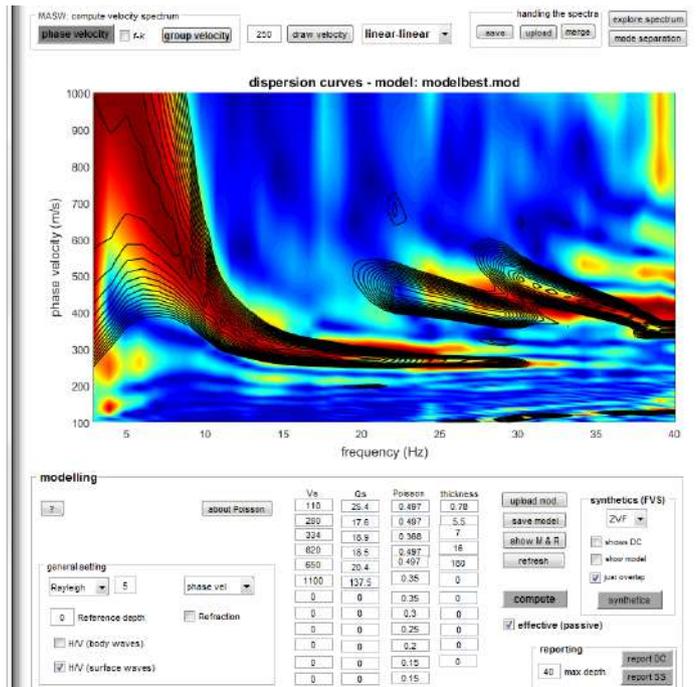
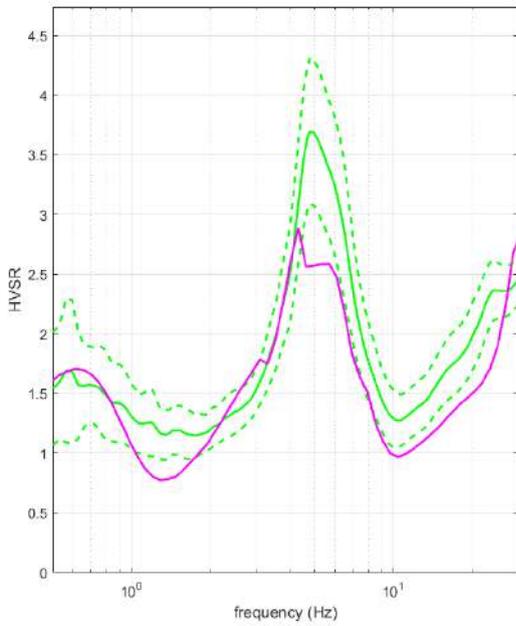
4.3.1 Modalità di elaborazione

Per le elaborazioni è stato utilizzato il software “winMASW®” versione Academy della società Eliosoft.

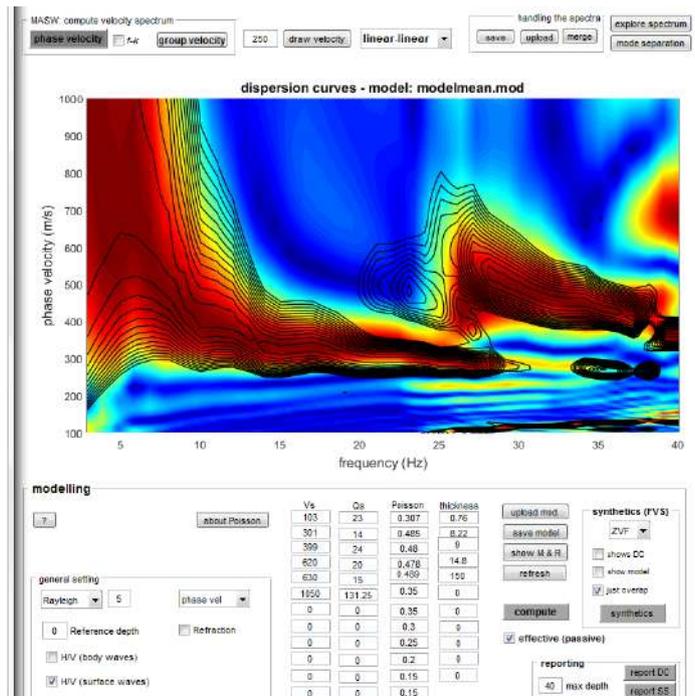
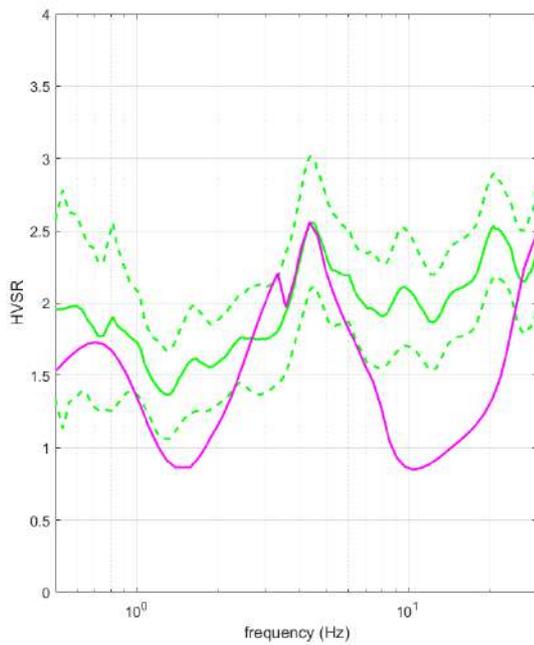
L’approccio di elaborazione utilizzato non prevede la determinazione di una curva di dispersione (scelta soggettiva), ma l’analisi di diretta di tutto lo spettro di velocità (approccio FVS Full Velocity Spectrum).



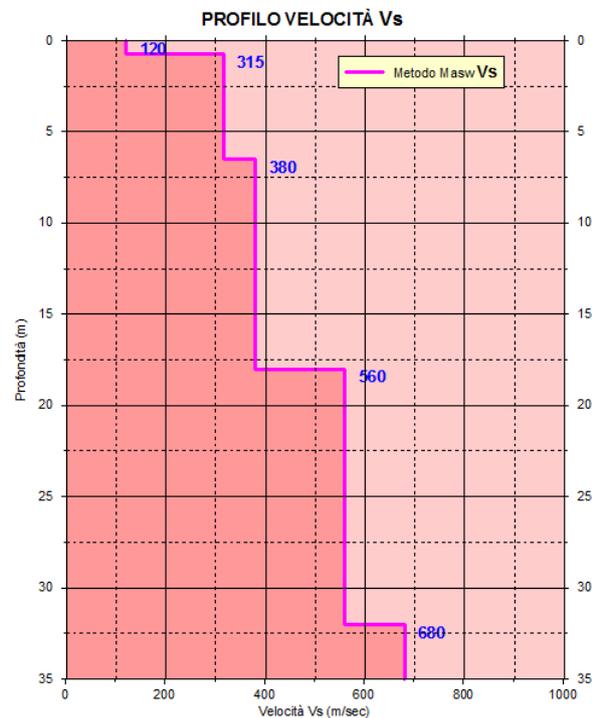
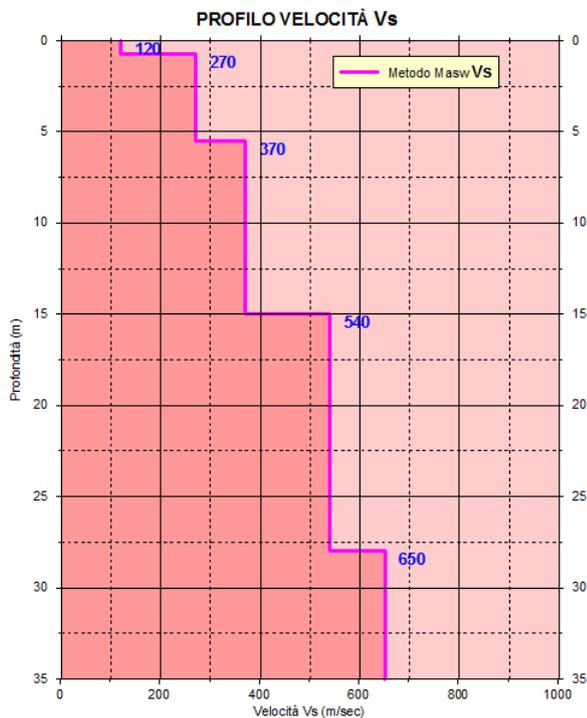
Nelle elaborazioni state utilizzate anche le prove Hvsr che hanno consentito di ottenere una ricostruzione dei profili di velocità più “robusta”.



Elaborazione congiunta Masw-Hvsr – prova M1A



Elaborazione congiunta Masw-Hvsr – prova M2B



Profili velocità M1A e M2B

4.3.2 Analisi dei dati

Sono state distinte le seguenti unità simiche:

- **Unità superficiale**, con velocità sismiche comprese (ad eccezione del primo metro caratterizzato da velocità molto basse) fra 230 e 315 m/s, e spessori medi di 5/7 metri. L'unità è associabile al materiale di copertura di natura limo-argillosa a medio-basso addensamento;
- **Unità intermedia a medio-alto addensamento**, con velocità medie di 320 - 380 m/s. L'unità, individuata fra 5/7 e 15/17 metri, è correlabile a materiale di natura prevalentemente ghiaiosa in abbondante matrice fine nel complesso discretamente addensato;
- **Unità intermedia ad alto addensamento**, con velocità medie di 520 - 680 m/s. L'unità individuata oltre i 15/17 metri dal p.c è correlabile a materiale di natura prevalentemente ghiaioso-sabbiosa con possibile locale presenza di livelli cementati.

Esaminando i profili di velocità si possono fare le seguenti considerazioni:

- I profili hanno un andamento sostanzialmente analogo evidenziando una buona uniformità sismo-stratigrafica del sito;
- Il suolo di fondazione in base alle NTC 2018-2019 è di tipo "B", con V_{s_eq} compresa fra 367 (M1B) e 389 (M2B) m/s.

4.4 MISURA DEI RAPPORTI SPETTRALI HVSR – (IPOTESI DI NAKAMURA)

4.4.1 Cenni Metodologici

Il metodo dei rapporti spettrali di singola stazione (HVSR) e' largamente utilizzato in paesi con elevato rischio sismico quali il Giappone per la stima degli effetti di amplificazione di sito. Il microtremore, un'impercettibile oscillazione naturale del suolo, è presente in qualsiasi punto della superficie terrestre e consiste per lo più nelle onde sismiche prodotte dal vento e dal moto ondoso marino negli strati superficiali della Terra. Anche le attività umane (industrie, traffico stradale ecc.) possono produrre localmente microtremore, ma in genere tale segnale viene attenuato piuttosto rapidamente a causa delle sue caratteristiche di alta frequenza.

Le principali applicazioni delle prove H/V si possono così sintetizzare:

- Misura delle frequenze di risonanza dei suoli;
- Effetti di sito e microzonazione sismica (curve H/V, metodo di Nakamura);
- Stratigrafia sismica passiva;
- Segnalazione dei possibili fenomeni di doppia risonanza suolo-struttura.

Di particolare importanza è la frequenza di vibrazione del sito, caratterizzata dal maggiore rapporto di ampiezze H/V, nell'intervallo di frequenze di interesse ingegneristico (frequenze generalmente inferiori a 15 Hz), denominata frequenza fondamentale di vibrazione f_0 .

4.4.2 Modalità esecutive

Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un tromografo digitale della ditta Micromed S.r.L modello "Tromino ENGY ", che rappresenta la nuova generazione di strumenti ultra leggeri e ultra compatti in alta risoluzione adatti a tali misurazioni.

Lo strumento racchiude al suo interno 3 terne (2 di velocimetri e l'altra di accelerometri) di sensori ortogonali tra loro e con possibilità di campionamento nell'intervallo di frequenze compreso tra 0.1 e 512 Hz.

Sono state realizzate 13 prove di lunghezza pari a 16-20 minuti e campionamento a 128 Hz.

4.4.3 Analisi dei dati

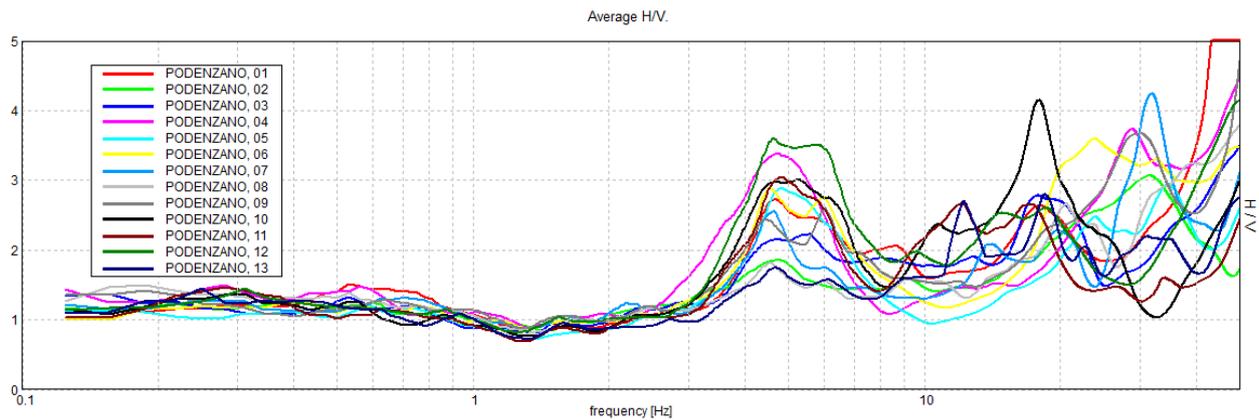


Grafico d'insieme delle prove Hvsr

Per consentire un più agevole confronto fra le prove, i risultati delle stesse sono stati riportati in un unico grafico.

Analizzando i risultati delle prove si possono fare le seguenti considerazioni:

- Le prove hanno un andamento molto simile, testimoniando l'uniformità dell'assetto sismostratigrafico dell'area;
- La frequenza di vibrazione caratteristica del sito è stata individuata nell'intervallo 4.5-5.0 Hz, con un picco secondario intorno ai 6 Hz;
- I valori del rapporto H/V, compresi fra 2 e 3.5, indicano contrasti d'impedenza sismica da moderati (2) a forti (3.5), nella successione litostratigrafica dell'area;
- Si ritiene che la differenza dei contrasti d'impedenza sismica sia da ricercarsi nella locale (e non continua) presenza, al di sotto dei 15 metri, di orizzonti conglomeratici;
- I picchi rilevati a frequenze superiori ai 10 Hz hanno scarso interesse ingegneristico perché lontani dalle frequenze di vibrazione delle normali costruzioni caratterizzate in generale da frequenze di vibrazione più basse.

5 MODELLO GEOLOGICO

Le indagini eseguite, unite alle informazioni geologiche più generali, hanno consentito di ricostruire il modello geologico - geotecnico del sito.

Unità "A" da -p.c. a -5.0/-6.5 m	Materiale prevalentemente limoso a medio-bassa compattezza con sporadiche intercalazioni di ghiaie alterate
Comportamento geotecnico	Prevalentemente Coesivo
Peso di volume γ (t/m ³)	1.80
Coesione non drenata Cu (Kg/cm ²)	0.6 - 0.8
Coesione drenata C (Kg/ cm ²)	0.08 - 0.10
Angolo d'attrito ϕ	23° - 25°
Modulo edometrico Eed (Kg/ cm ²)	70 - 80
Modulo elastico E (Kg/ cm ²)	60 - 70
Unità "B" Fra - 5.0/-6.5 e -15/-17 m	Materiale prevalentemente ghiaioso in abbondante matrice limosa a medio-alto addensamento
Comportamento geotecnico	Prevalentemente Incoerente
Peso di volume γ (t/mc)	1.90
Angolo d'attrito ϕ	32°-33°
Modulo elastico E (Kg/cm ^q)	250-300
Unità "C" Oltre -15/-17 m	Materiale prevalentemente ghiaioso con locale possibile presenza di livelli cementati
Comportamento geotecnico	Incoerente
Peso di volume γ (t/m ³)	1.95
Angolo d'attrito ϕ	34° - 35°
Modulo elastico E (Kg/ cm ²)	400 - 500

6 ASPETTI SISMICI

Come già accennato, per gli aspetti sismici si è fatto riferimento principalmente alla “Deliberazione della Giunta Regionale dell’Emilia Romagna N. 630 Del 29/04/2019”.

6.1 OBIETTIVI DELLA DELIBERA

Scopo del presente atto di indirizzo e coordinamento è quello di fornire i criteri per la per l’individuazione delle aree soggette ad effetti locali e per la microzonazione sismica del territorio in modo da orientare le scelte della pianificazione verso aree caratterizzate da minore pericolosità sismica. Lo studio della pericolosità di base e della pericolosità locale hanno come obiettivi:

- *L’individuazione delle aree dove in occasione dei terremoti attesi possono verificarsi effetti locali;*
- *La stima quantitativa della risposta sismica locale dei depositi e delle morfologie presenti nell’area di indagine (“Analisi della Risposta Sismica Locale”, RSL);*
- *La suddivisione del territorio in sottozona a diversa pericolosità sismica locale (“Microzonazione Sismica”, MZS).*

I risultati dell’analisi della pericolosità sismica locale, e della microzonazione sismica, devono essere applicati nella redazione degli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica.

6.1.1 Livelli di approfondimento

Gli studi di risposta sismica locale e microzonazione sismica vanno condotti a diversi livelli di approfondimento a seconda delle finalità e delle applicazioni nonché degli scenari di pericolosità locale. Tali studi svolti devono essere descritti in una relazione che indichi chiaramente il livello di approfondimento, le indagini effettuate e i risultati ottenuti e devono fornire una cartografia dello stato del territorio, e sono un riferimento necessario per la Valutazione di Sostenibilità Ambientale e Territoriale (VALSAT) preventiva delle singole scelte del piano.

Si identificano due fasi di analisi con diversi livelli di approfondimento.

La prima fase è diretta a definire gli scenari di pericolosità sismica locale, cioè ad identificare le parti di territorio suscettibili di effetti locali (amplificazione del segnale sismico, cedimenti, instabilità dei versanti, fenomeni di liquefazione, rotture del terreno, ecc.). L’individuazione delle aree soggette ad effetti locali si basa su rilievi, osservazioni e valutazioni di tipo geologico e geomorfologico, svolte a scala territoriale, associati a raccolte di informazioni sugli effetti indotti dai terremoti passati. Tale analisi viene svolta - soprattutto mediante elaborazione dei dati disponibili - in sede di elaborazione del PTCP e del PSC e concorre alla definizione delle scelte di piano, fornendo prime indicazioni sui limiti e le condizioni per la pianificazione nelle suddette aree.

La seconda fase (analisi della risposta sismica locale e microzonazione sismica del territorio) è richiesta per la predisposizione e approvazione degli strumenti di pianificazione

urbanistica comunale e deve interessare le aree già urbanizzate e quelle indicate come suscettibili di urbanizzazione, i corridoi infrastrutturali e gli agglomerati posti in territorio rurale che possano considerarsi significativi, per dimensione e/o interesse insediativo, in rapporto alla realtà territoriale locale, ricadenti nelle aree potenzialmente soggette ad effetti locali individuate nella prima fase.

Sulla base degli scenari individuati dalle analisi svolte nel corso della prima fase, nella seconda fase si attuano due diversi livelli di approfondimento:

a) nelle aree pianeggianti e sub-pianeggianti, incluse le zone di fondovalle appenniniche, con stratificazione orizzontale e sub-orizzontale, e sui versanti stabili con acclività $\leq 15^\circ$ in cui il deposito ha spessore costante si ritiene sufficiente un'analisi semplificata (secondo livello di approfondimento), cioè l'analisi della pericolosità locale può essere basata, oltre che sull'acquisizione di dati geologici e geomorfologici più dettagliati di quelli rilevati nel primo livello, su prove geofisiche in sito e su prove geotecniche di tipo standard. Il numero delle verticali indagate deve essere tale da consentire un'adeguata caratterizzazione geotecnica spaziale dei terreni e delle formazioni presenti nell'area di studio;

b) un'analisi più approfondita (terzo livello di approfondimento) è invece richiesta nei seguenti casi (vedere Allegato A1):

- *Aree soggette a liquefazione e densificazione;*
- *Aree instabili e potenzialmente instabili;*
- *Aree in cui le coperture hanno spessore fortemente variabile, come ad esempio nelle aree pedemontane e di fondovalle a ridosso dei versanti;*
- *Aree in cui è prevista la realizzazione di opere di rilevante interesse pubblico.*

L'analisi approfondita richiede un significativo numero di prove geofisiche e geotecniche, sia in sito che in laboratorio, rivolte alla definizione del comportamento dei terreni sotto sollecitazione dinamica. In queste parti del territorio la pericolosità potrebbe essere molto elevata e perciò deve essere attentamente valutata la possibilità di renderle suscettibili di trasformazione urbanistica.

6.2 CARATTERI SISMICI DELL'AREA D'INTERESSE – 1 LIVELLO

6.2.1 Classificazione sismica del territorio comunale e sismicità di base

L'attuale normativa riprende la classificazione del territorio nazionale contenuta nell'OPCM 3274/03. In base alla nuova normativa, tutto il territorio nazionale risulta classificato come sismico. Le classi di sismicità sono 4, con grado di rischio decrescente dalla zona 1 alla zona 4. I valori di riferimento di accelerazione massima orizzontale, su substrato rigido ($V_s > 800$ m/s), per le 4 zone sono:

Zona	Valore di a_g
1	0.35 g
2	0.25 g
3	0.15 g
4	0.05 g

Il territorio Comunale di Podenzano è stato classificato in zona 3. In base alla nuova carta della pericolosità sismica del territorio nazionale, i valori di PGA su suolo rigido con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, per il Comune di Podenzano sono compresi fra 0.095 e 0.105 g. Nel dettaglio per l'area d'interesse il valore di PGA previsto è di 0.101 g.

Dal punto di vista sismo-strutturale l'area ricade nella zona simogenetica 911, in cui i meccanismi di fagliazione prevalenti sono legati a faglie trascorrenti e le profondità dei terremoti prevalentemente compresi fra 8 e 12 Km. Le magnitudo massime attese nella zona sismogenetica d'interesse sono di 5.7-6.1. Le serie storiche dei terremoti contenuti nell'archivio della Regione Emilia Romagna non segnalano eventi sismici rilevanti nell'area di Podenzano.

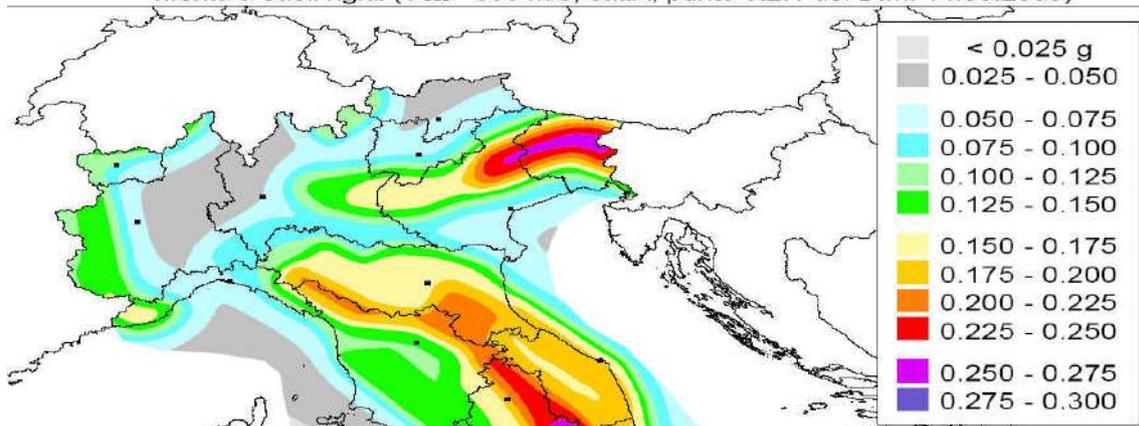
Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale

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

espressa 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)



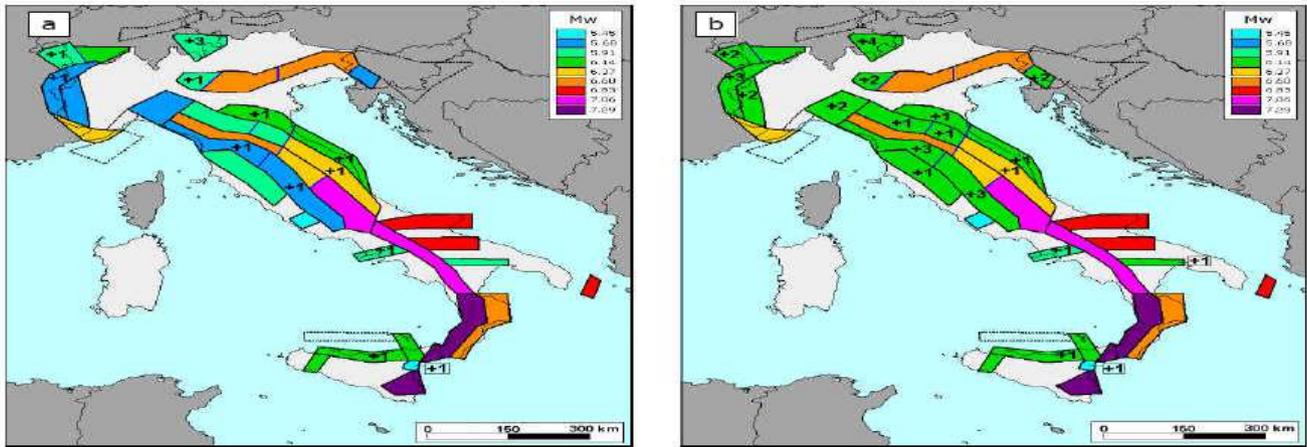


Figura 36. Valori di M_{wmax} corrispondenti ai due insiemi: a) "osservati" (M_{wmax1}); b) "cautelativi" (M_{wmax2}).

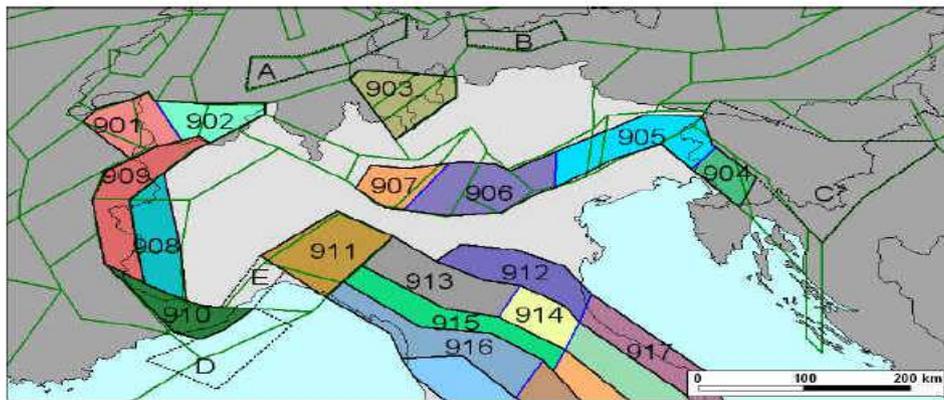


Figura 10. Zonazione sismogenetica ZS9 a confronto con la zonazione del progetto SESAME nell'area alpina (Jiménez et al., 2001; linee di colore verde).

6.2.2 Caratteri geologico-geomorfologici dell'area in funzione della risposta sismica

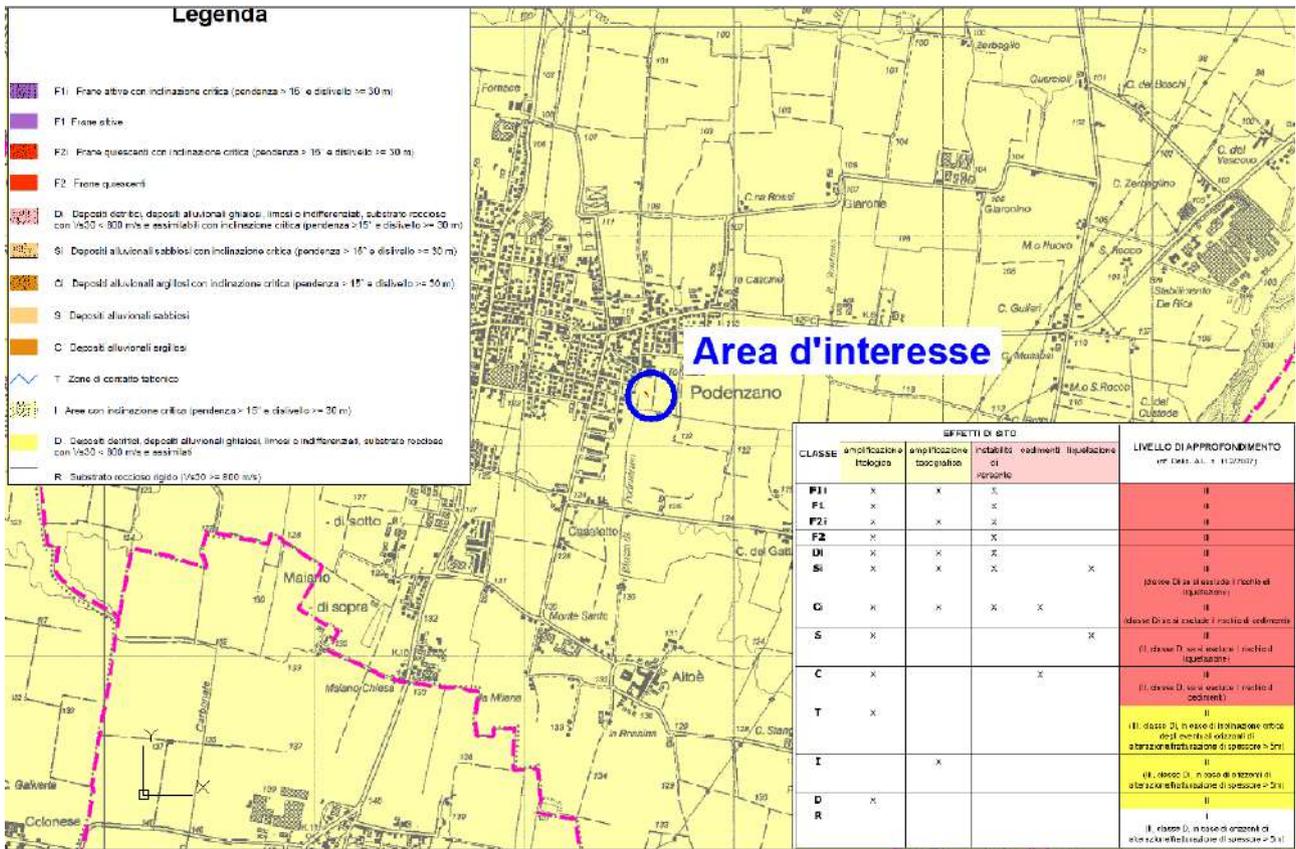
L'area è collocata su un terrazzo antico con uno spessore della copertura limo-argillosa di 5-6 metri.

La superficie topografica è sub-pianeggiante senza scarpate morfologiche significative.

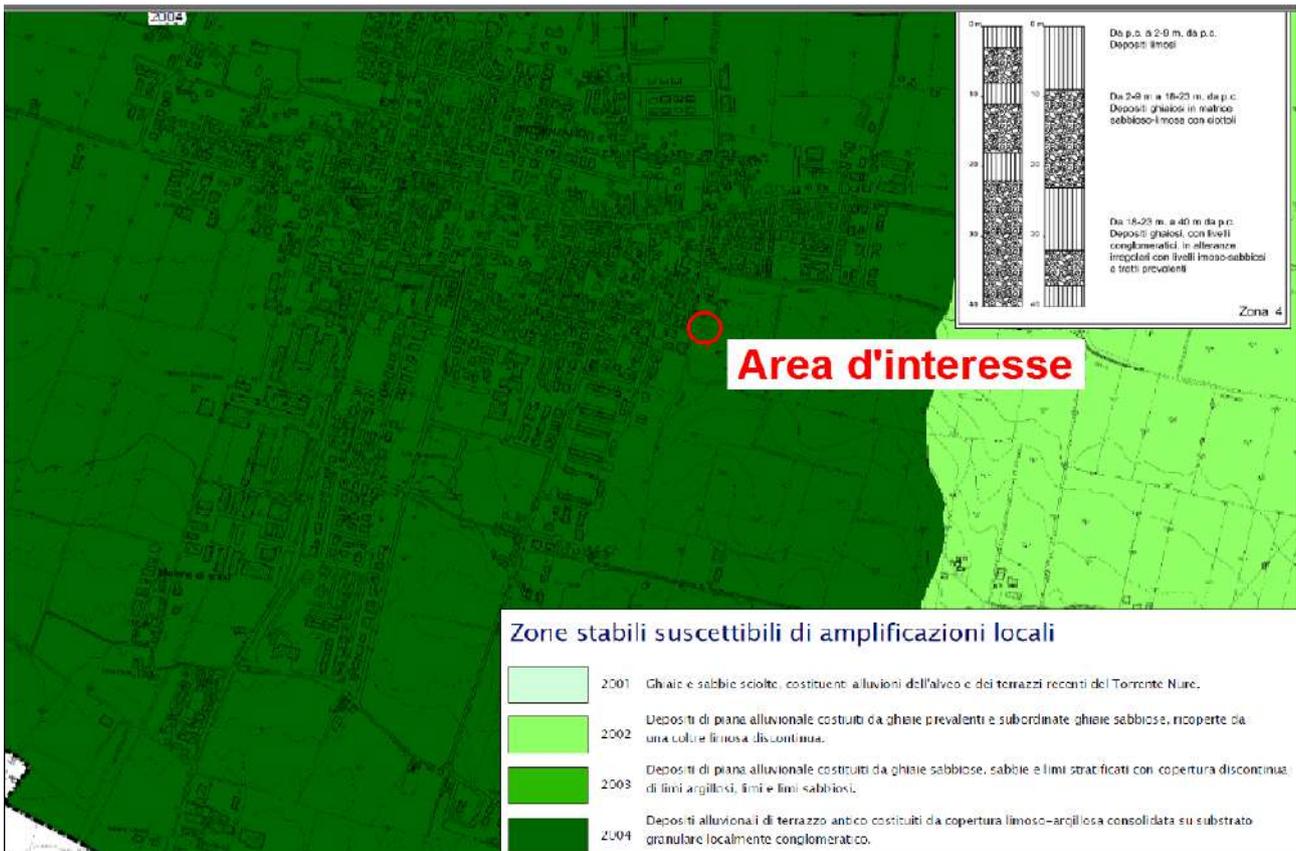
In base alle caratteristiche geologico-geomorfologiche dell'area, gli effetti sismici di sito possono ricondursi ai soli fenomeni di amplificazione stratigrafica.

Per la bassa sismicità di base e le caratteristiche del materiale presente nel sottosuolo (copertura coesiva e materiale ghiaioso ben addensato e soggiacenza della falda oltre i 15 metri) l'area non è da ritenere a rischio liquefazione.

Anche la carta del PTCP e quella delle "Mops" dello studio di microzonazione del comune di Podenzano confermano quanto sopra esposto, segnalando come possibili effetti di sito solo amplificazioni stratigrafiche.



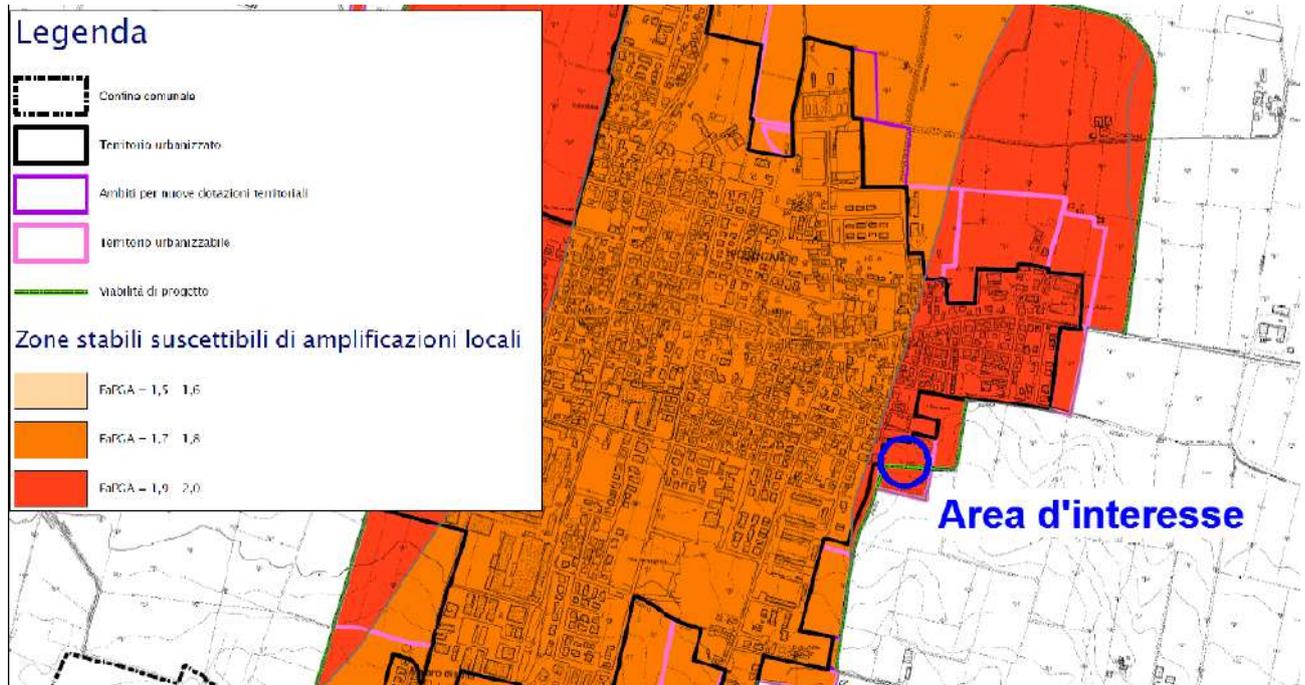
Estratto della Tav. A4.5 del PTCP - Carta delle aree suscettibili di effetti sismici locali



Carta delle "Mops" – estratta dallo studio di Microzonazione del territorio comunale – anno 2018

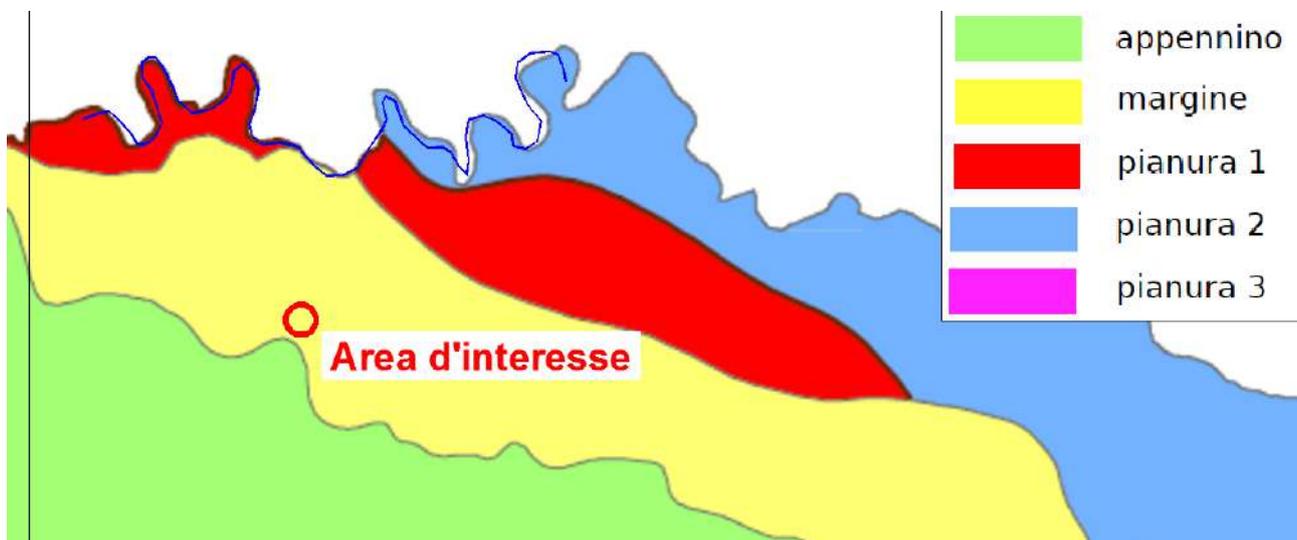
6.3 ANALISI SISMICA DEL 2° LIVELLO

6.3.1 Valutazione del fattore di amplificazione



Fattore di amplificazione della PGA dell'area d'interesse – estratto dallo studio di Microzonazione del territorio comunale – anno 2018

In base allo studio di microzonazione il fattore di amplificazione della PGA è stato calcolato in 1.9-2.0. Secondo gli scenari sismo-stratigrafici previsti dallo studio RER del 2015, l'area d'interesse è collocata nella zona di Margine. Quindi per il calcolo del fattore di amplificazione bisognerà utilizzare le tabelle "Margine A" della delibera 630-2019.



Localizzazione indicativa delle ambienti geologici e sismostratigrafici in Emilia-Romagna

MARGINE di tipo A: caratterizzato da terreni fini o grossolani poco consolidati, di spessore non superiore a 30 m, sovrastanti orizzonti prevalentemente grossolani a comportamento più rigido (indicativamente con valore di V_s media almeno doppio rispetto a quello dei sedimenti sovrastanti); H è riferito allo spessore di sedimenti fini o grossolani poco consolidati sovrastanti i sedimenti continentali più rigidi

V_{sH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400
5	2,3	2,1	1,8	1,5		
10	2,3	2,2	2,0	1,8		
15	2,1	2,1	2,0	1,8		
20	2,1	2,1	2,0	1,9		
25	2,0	2,0	2,0	1,9		
30	1,9	1,9	1,9	1,9		

Fattore di Amplificazione **PGA**

V_{sH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400
5	2,3	2,0	1,7	1,5		
10	2,5	2,3	2,0	1,8		
15	2,4	2,4	2,1	1,9		
20	2,3	2,3	2,1	2,0		
25	2,2	2,2	2,1	2,0		
30	2,0	2,0	2,0	1,9		

Fattore di Amplificazione **SA1** ($0,1s \leq T \leq 0,5s$)

Tabelle relative allo scenario margine di tipo A

V_{SH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400
5	1,9	1,7	1,7	1,6		
10	2,7	2,2	1,9	1,8		
15	3,3	2,9	2,3	2,0		
20	3,4	3,1	2,6	2,2		
25	3,3	3,2	2,8	2,4		
30	3,1	3,1	2,8	2,5		

Fattore di Amplificazione **SA2** ($0,4s \leq T \leq 0,8s$)

V_{SH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400
5	1,6	1,6	1,6	1,6		
10	2,0	1,8	1,7	1,7		
15	2,9	2,3	2,0	1,9		
20	3,4	2,8	2,3	2,0		
25	3,9	3,4	2,7	2,3		
30	3,8	3,6	3,0	2,5		

Fattore di Amplificazione **SA3** ($0,7s \leq T \leq 1,1s$)

V_{SH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400
5	2,2	1,9	1,7	1,6		
10	2,6	2,4	2,0	1,8		
15	2,6	2,5	2,2	1,9		
20	2,5	2,5	2,3	2,0		
25	2,3	2,3	2,2	2,1		
30	2,1	2,1	2,1	2,0		

Fattore di Amplificazione **SI1** ($0,1s \leq T \leq 0,5s$)

V_{SH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400
5	1,8	1,7	1,6	1,6		
10	2,3	2,0	1,8	1,7		
15	3,2	2,6	2,1	2,0		
20	3,5	3,1	2,5	2,1		
25	3,7	3,4	2,8	2,4		
30	3,6	3,5	3,0	2,6		

Fattore di Amplificazione **SI2** ($0,5s \leq T \leq 1,0s$)**Tabelle relative allo scenario margine di tipo A**

In base ai risultati delle prove “Masw” realizzate, i fattori di amplificazione calcolati per i singoli profili di velocità Vs sono riassunti nella tabella seguente:

PROVA	V_H	FA PGA	SA1	SA2	SA3	SI1	SI2
M1A	304	1.8	1.9	2.0	1.9	1.9	2.0
M1B	266	2.0	2.1	2.2	2.0	2.1	2.1
M2A	324	1.85	1.95	2.1	1.95	1.95	2.05
M2B	311	1.9	1.95	2.15	1.95	1.95	2.05

I valori dei fattori di amplificazione calcolati, anche se leggermente diversi, sono compatibili con quelli indicati nello studio di microzonazione sismica del territorio comunale.

I FA riportati nelle tabelle sono stati calcolati per un tempo di ritorno $T_R=475$ anni, con smorzamento $\zeta=5\%$, e sono relativi ai seguenti parametri rappresentativi dello scuotimento sismico:

- accelerazione di picco orizzontale (PGA)¹;
- intensità spettrale $SA = \int_{T_1}^{T_2} A(T, \zeta) dT$

dove A è lo spettro di risposta in accelerazione, T è il periodo proprio e ζ è lo smorzamento²; sono stati considerati quattro intervalli di periodo proprio T ottenendo quattro valori di intensità spettrale:

	T ₁	T ₂
SA1	0,1 s	0,5 s
SA2	0,4 s	0,8 s
SA3	0,7 s	1,1 s
SA4*	0,5 s	1,5 s

- intensità spettrale $SI = \int_{T_1}^{T_2} V(T, \zeta) dT$

dove V è lo spettro di risposta in velocità, T è il periodo proprio e ζ è lo smorzamento³; sono stati considerati tre intervalli di periodo proprio T ottenendo tre valori di intensità spettrale:

	T ₁	T ₂
SI1	0,1 s	0,5 s
SI2	0,5 s	1,0 s
SI3*	0,5 s	1,5 s

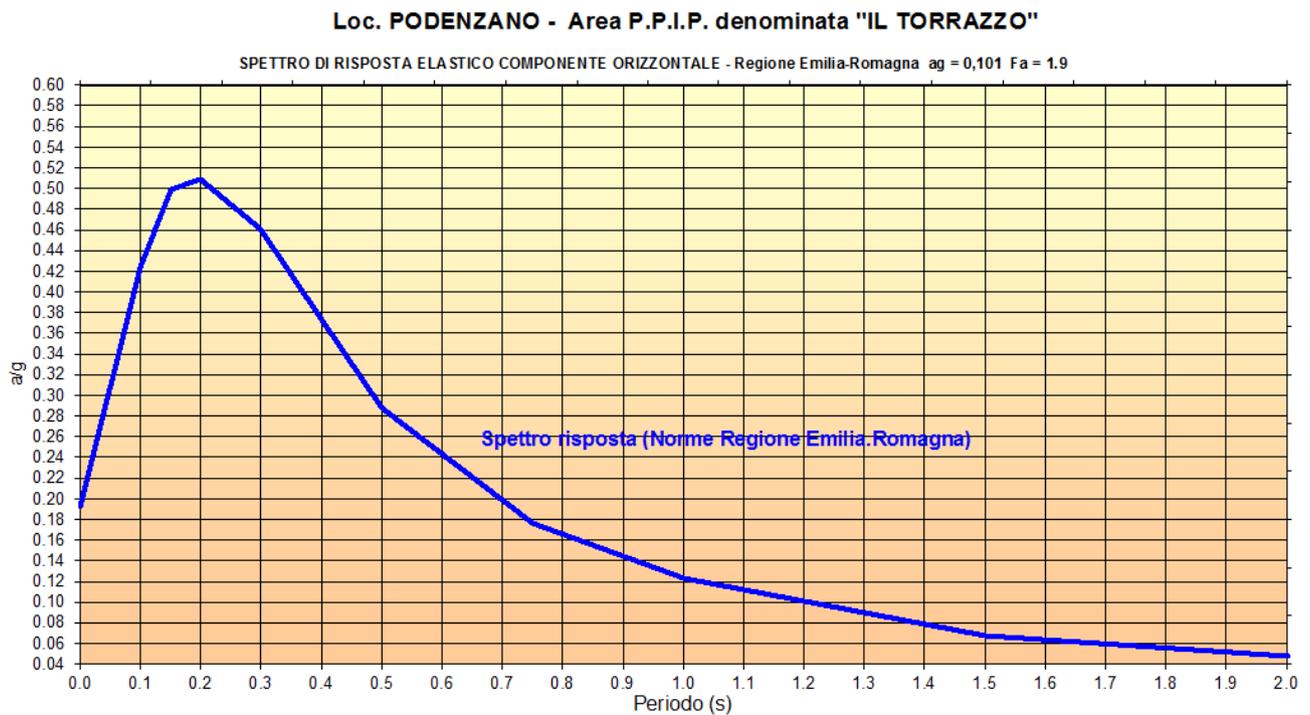
*I fattori di amplificazione SA4 e SI3 sono richiesti per studi in aree di pianura e di costa.

Significato dei valori di amplificazione calcolati riferiti ai vari periodi

6.3.2 Spettro di risposta (in pga) dell'area

Nella delibera della Regione è riportata la forma dello spettro di risposta valido per tutta la regione. Dallo spettro di risposta normalizzato è possibile ottenere, moltiplicando i valori della tabella per il valore di arefg del sito, lo spettro di risposta a probabilità uniforme che descrive le caratteristiche del moto sismico atteso per ogni sito dell'Emilia-Romagna.

Considerando il valore di arefg = 0.101 (valore ricavato dalla mappa di pericolosità sismica prevista dalle NTC 2018-2019), e il fattore di amplificazione (1.9), è stato calcolato lo spettro di risposta del sito d'interesse.



Spettro di risposta del sito in base alle norme della regione Emilia-Romagna

7 CONCLUSIONI

I risultati dell'approfondimento geologico-sismico condotto si possono così riassumere:

- L'area d'interesse è collocata in un contesto senza particolari problematiche di natura geologico-geomorfologica e idrogeologica;
- Il modello geologico dell'area si può così sintetizzare:

Unità "A" da -p.c. a -5.0/-6.5 m	Materiale prevalentemente limoso a medio-bassa compattezza, con sporadiche intercalazioni di ghiaie molto alterate
Unità "B" Fra - 5.0/-6.5 e -15/-17 m	Materiale prevalentemente ghiaioso (parzialmente alterato), in abbondante matrice limosa, a medio-alto addensamento
Unità "C" Oltre -15/-17 m	Materiale prevalentemente ghiaioso con locale possibile presenza di livelli cementati

- In base a dati bibliografici, confermati dall'indagine sismica, la superficie piezometrica si colloca oltre i 15 metri dal p.c.;
- Non si può escludere la possibilità di formazione di orizzonti acquiferi sospesi più superficiali (nelle intercalazioni più grossolane), di modesta entità, prevalentemente legati al regime delle precipitazioni;
- Nei fori delle prove penetrometriche, spinte ad un massimo di 6.5 metri, non è stata rilevata presenza d'acqua;
- Secondo la normativa antisismica vigente il territorio comunale di Podenzano è inserito in zona 3 (medio-bassa sismicità);
- La mappa della pericolosità sismica prevede per il sito un valore di a_g di 0.101g;
- In relazione alle caratteristiche geologico-geomorfologiche dell'area, gli effetti di sito possono ricondursi esclusivamente a fenomeni di amplificazione stratigrafica;
- La categoria di suolo di fondazione, determinata con specifiche prove "Masw", con V_{s_eq} compreso fra 367 e 389 m/s, è di tipo "B";

- I fattori di amplificazione calcolati in base alla delibera regionale in materia antisismica “DGR 630-2019”, per lo scenario sismostratigrafico “Margine tipo A”, sono riassunti nella tabella sotto riportata:

PROVA	V_H	FA PGA	SA1	SA2	SA3	SI1	SI2
M1A	304	1.8	1.9	2.0	1.9	1.9	2.0
M1B	266	2.0	2.1	2.2	2.0	2.1	2.1
M2A	324	1.85	1.95	2.1	1.95	1.95	2.05
M2B	311	1.9	1.95	2.15	1.95	1.95	2.05

- I valori dei fattori di amplificazione calcolati, anche se leggermente diversi, sono compatibili con quelli indicati nello studio di microzonazione sismica del territorio comunale;
- In base alle 13 prove Hvsr (microtremori a stazione singola) realizzate, emerge una grande uniformità sismostratigrafica dell'area, con la frequenza di risonanza principale rilevata fra 4.5 e 5.0 Hz.

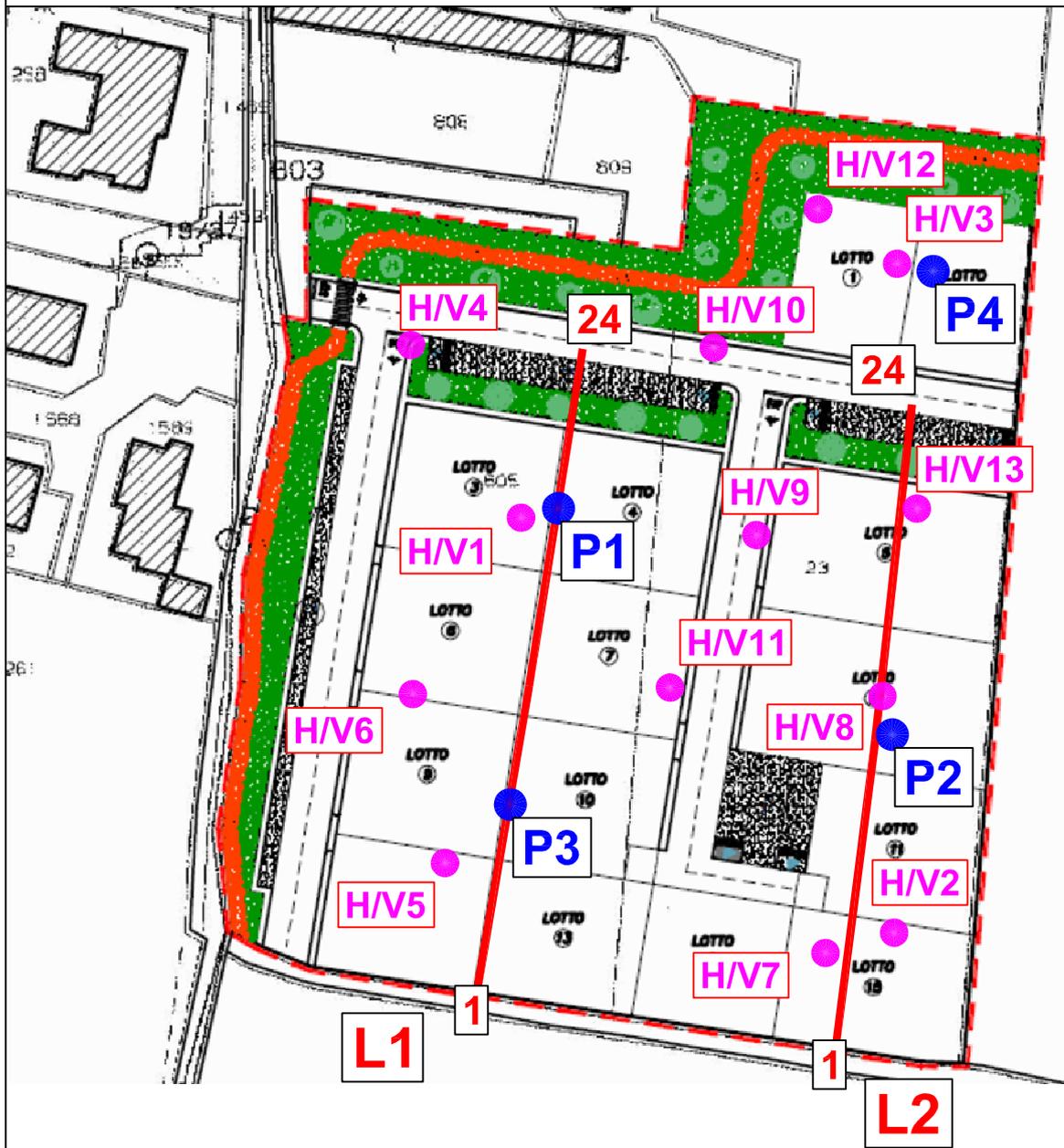
In conclusione si può affermare che l'area d'interesse è sicuramente idonea all'utilizzo ai fini edificatori previsto.

Farini: 03/08/2020

Dott. Alberto Lepori



PLANIMETRIA INDAGINI GEOGNOSTICHE

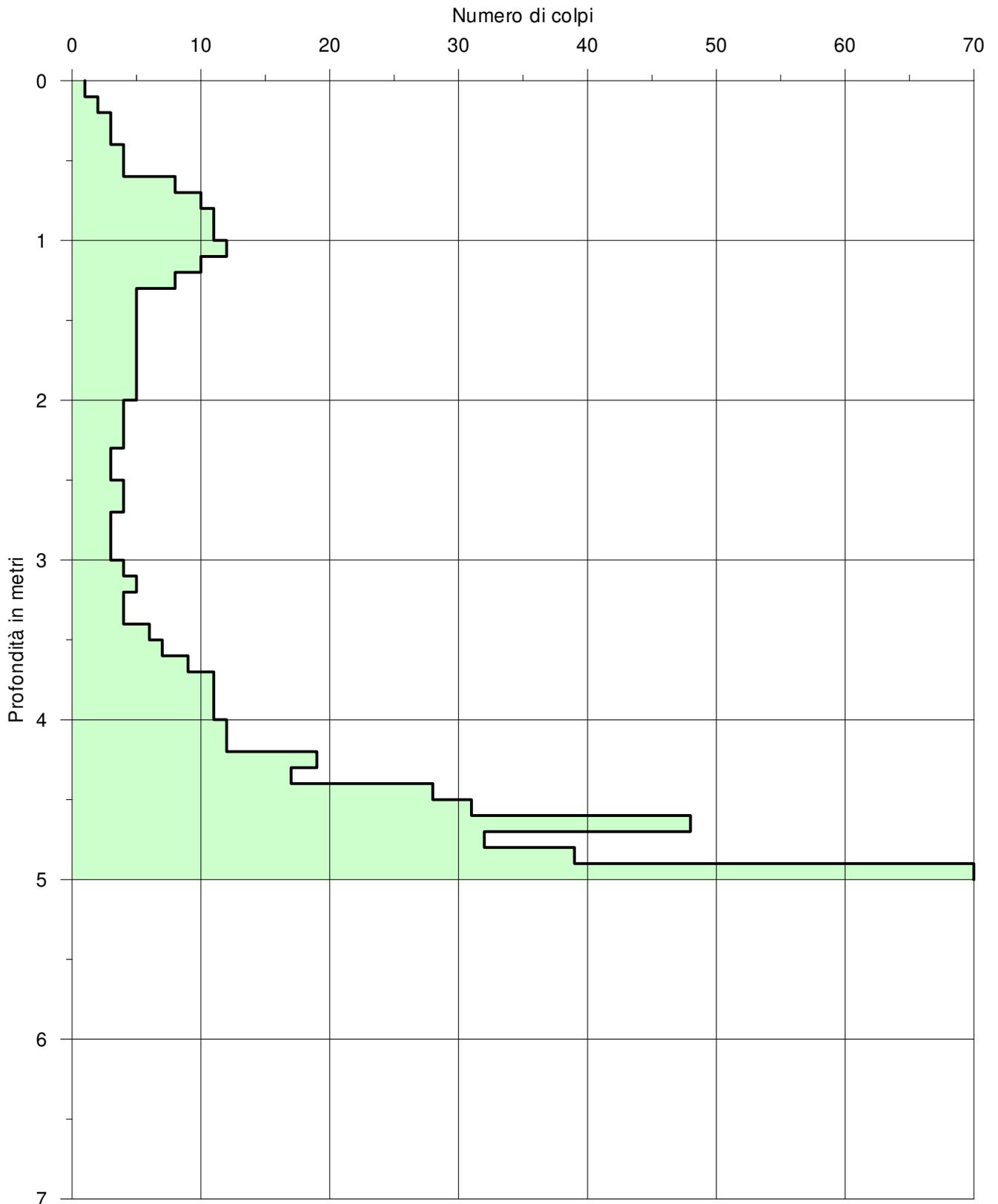


- **Profilo Sismico**
- P1** ● **Prova penetrometrica**
- H/V1** ● **Prove Hvsr**

Penetrometro Dinamico Medio DPM 030

Loc. Podenzano - Via Alberici - Area P.P.I.P. denominata "La Corte"

P1



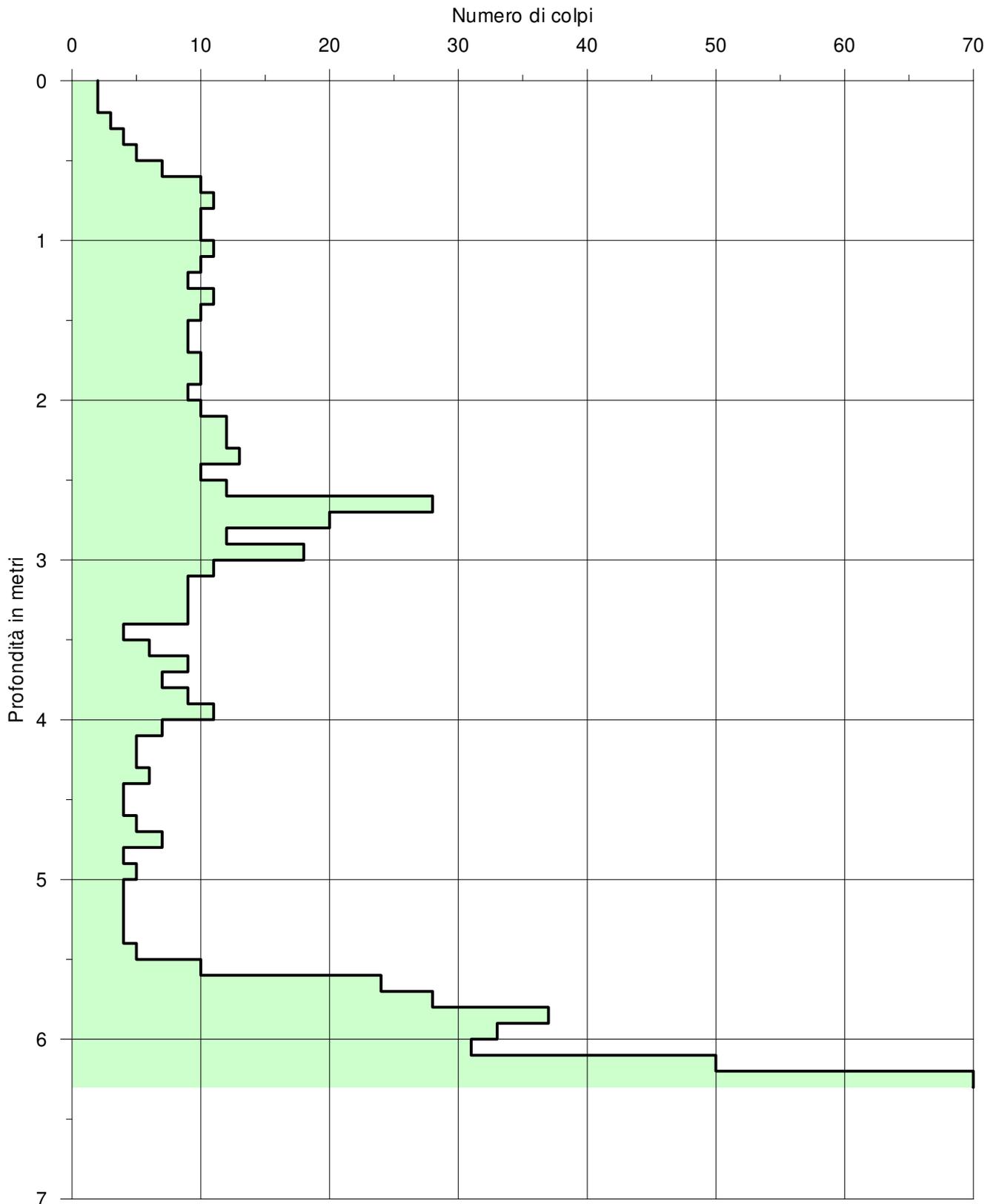
Data: *Luglio 2020*

Fig. 1a

Penetrometro Dinamico Medio DPM 030

Loc. Podenzano - Via Alberici - Area P.P.I.P. denominata "La Corte"

P2



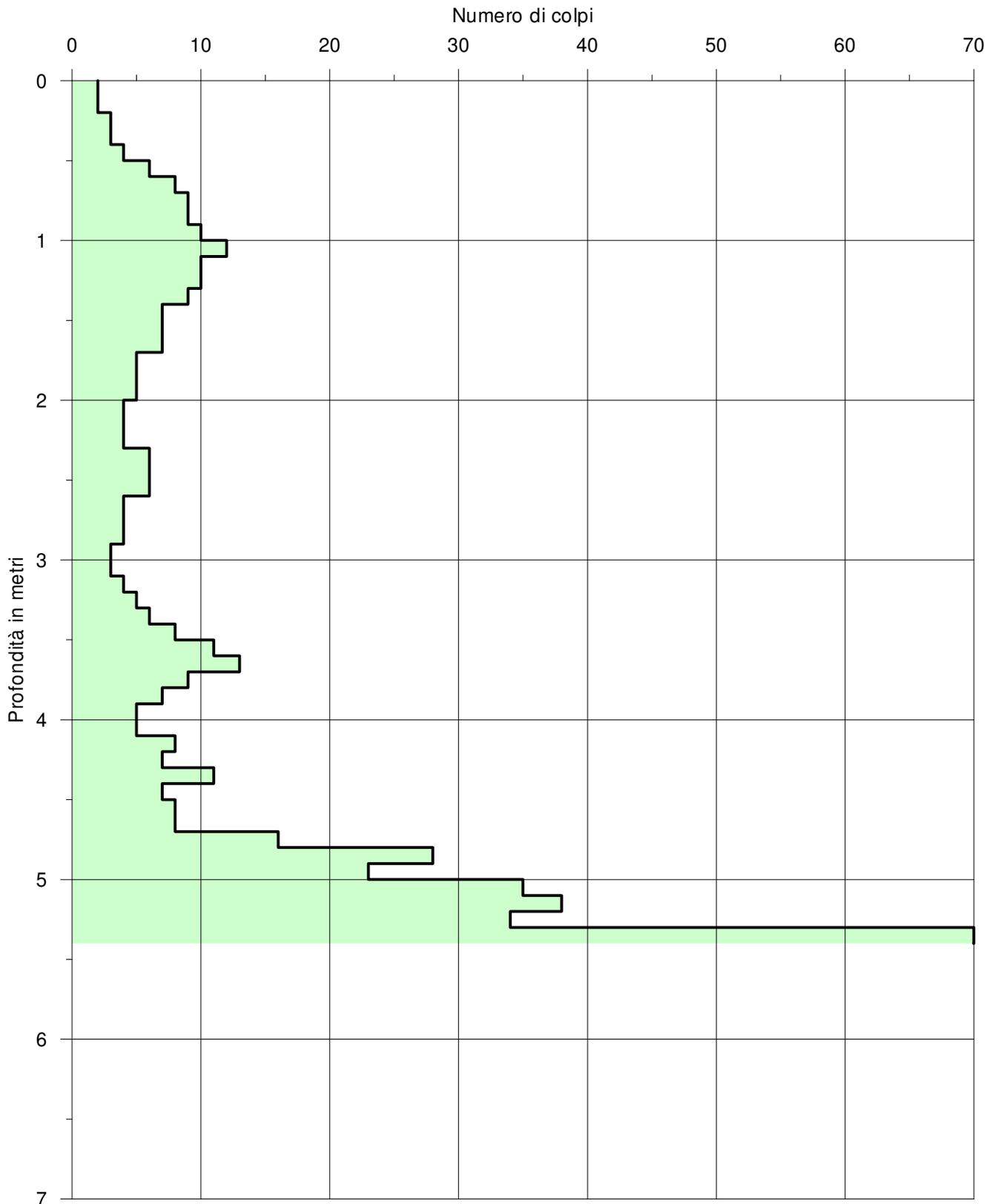
Data: *Luglio 2020*

Fig. 1b

Penetrometro Dinamico Medio DPM 030

Loc. Podenzano - Via Alberici - Area P.P.I.P. denominata "La Corte"

P3



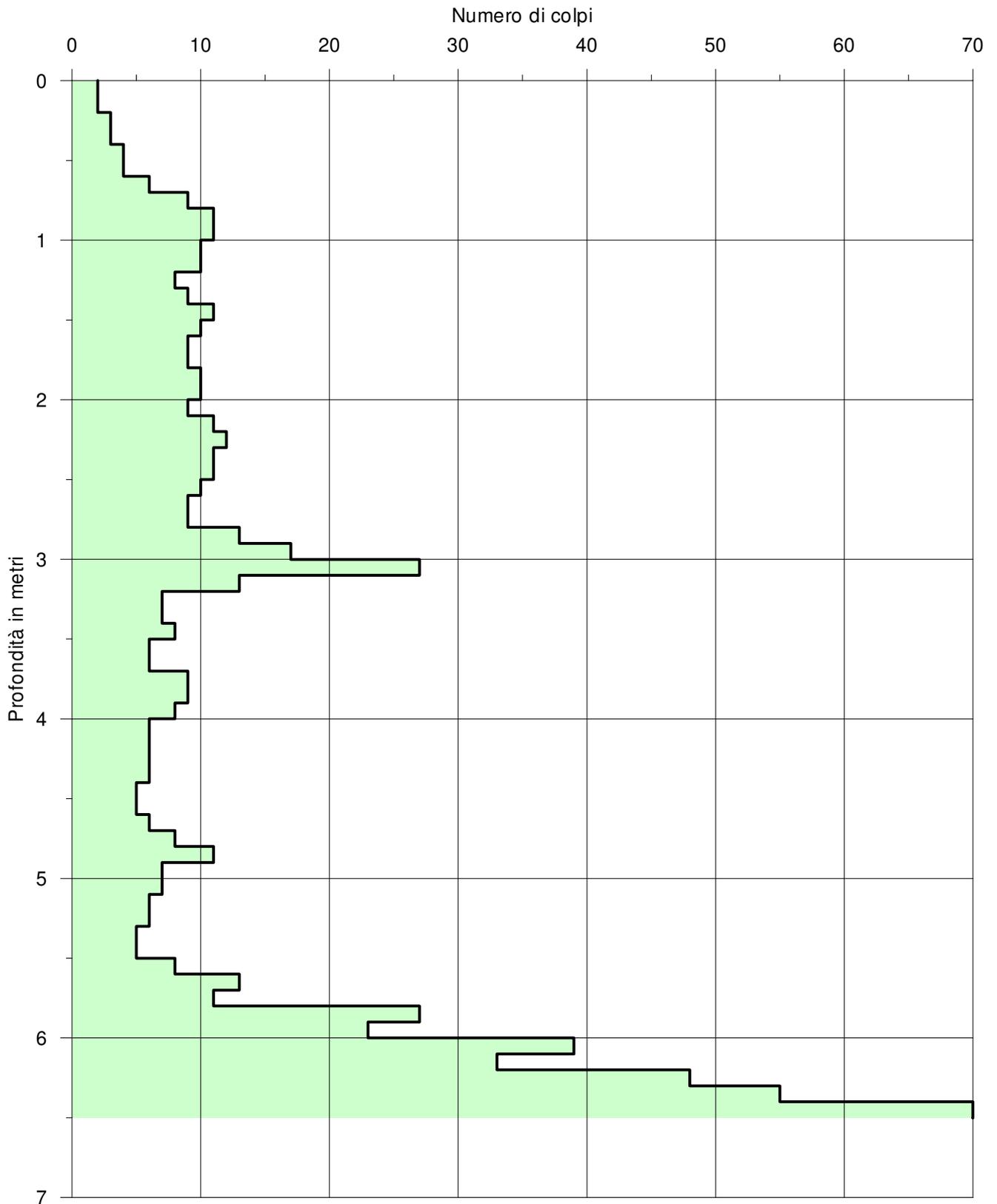
Data: *Luglio 2020*

Fig. 1c

Penetrometro Dinamico Medio DPM 030

Loc. Podenzano - Via Alberici - Area P.P.I.P. denominata "La Corte"

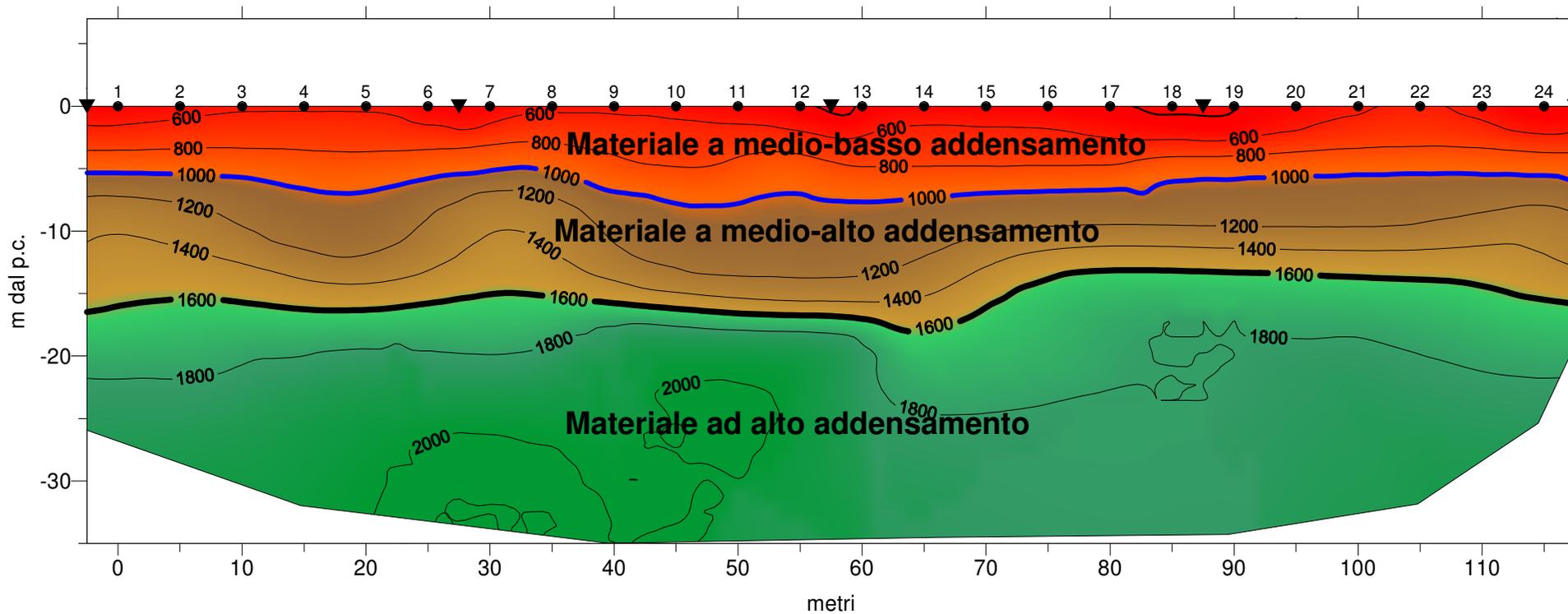
P4



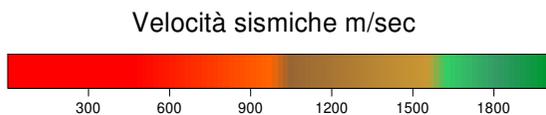
Data: *Luglio 2020*

Fig. 1d

Loc. Podenzano - Via Alberici - Area P.P.I.P. denominata "La Corte" - Tomografia Sismica - L1



Scala 1:500



— Limite del materiale più allentato

— Aumento di addensamento e/o locale presenza di litotipi cementati

▼ Punti di energizzazione

• Punti di registrazione

Fig. 2a

Loc. Podenzano - Via Alberici - Area P.P.I.P. denominata "La Corte" - Tomografia Sismica - L2

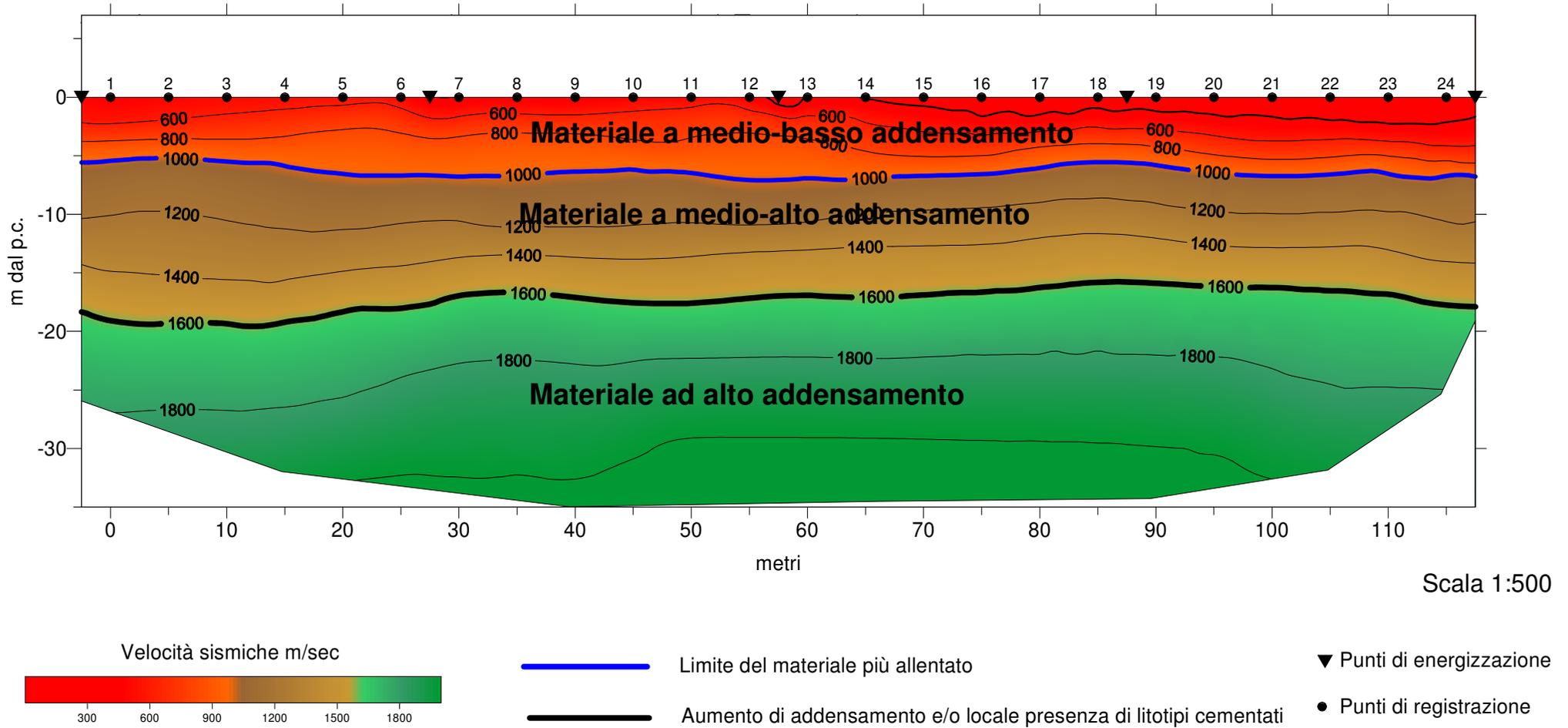
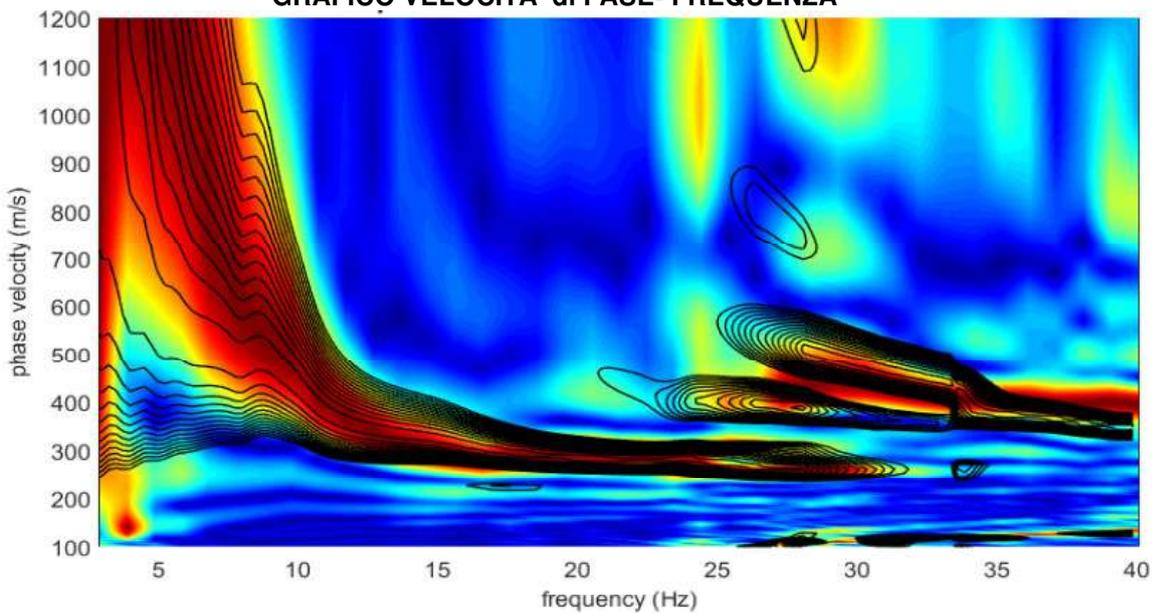
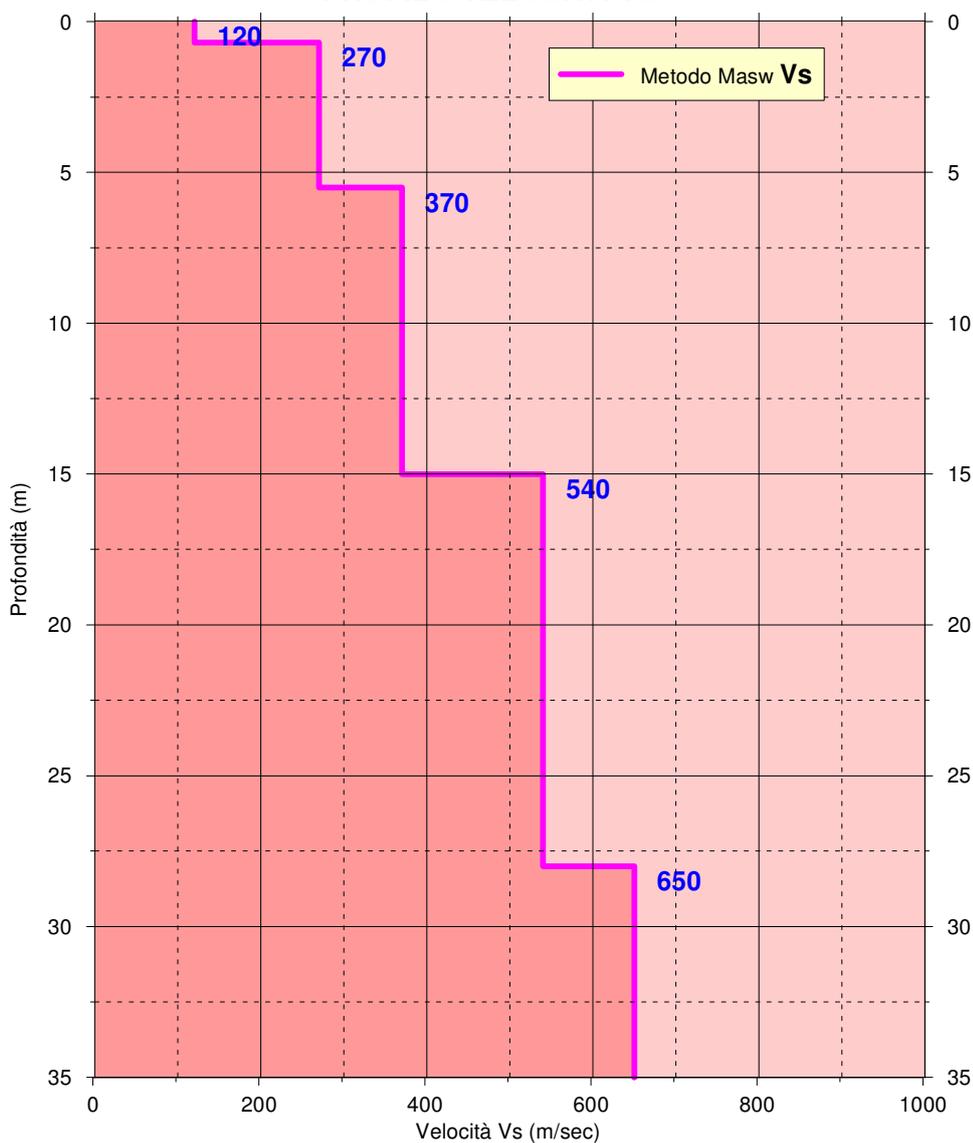


Fig. 2b

GRAFICO VELOCITA' di FASE- FREQUENZA



PROFILO VELOCITÀ Vs

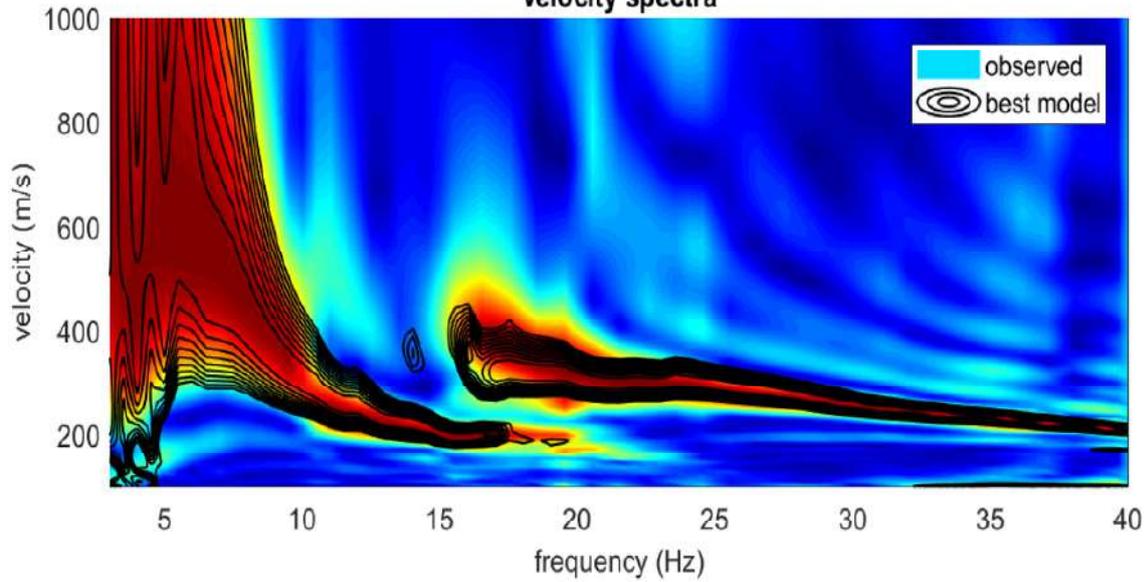


Vs_{eq} (0-30 m) = 383 m/s

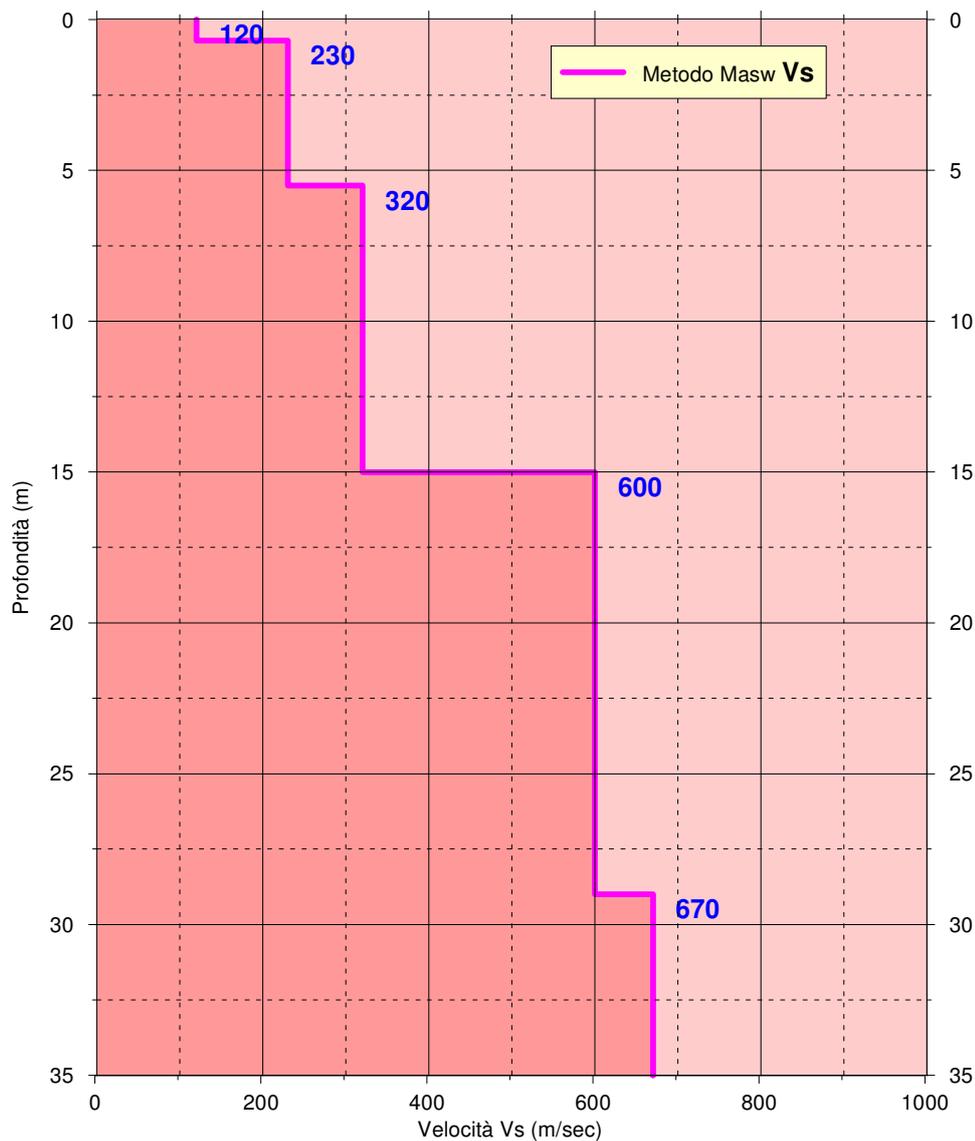
SUOLO DI FONDAZIONE TIPO "B"

Fig. 3a

GRAFICO VELOCITA' di FASE- FREQUENZA
 velocity spectra



PROFILO VELOCITÀ Vs

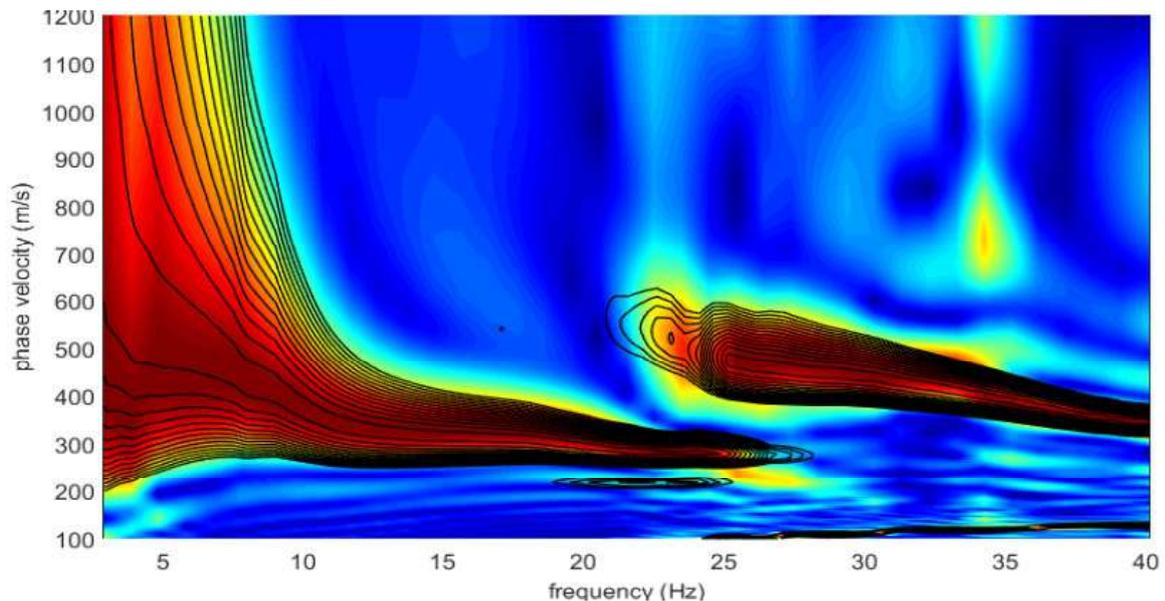


$Vs_{eq} (0-30 m) = 367 m/s$

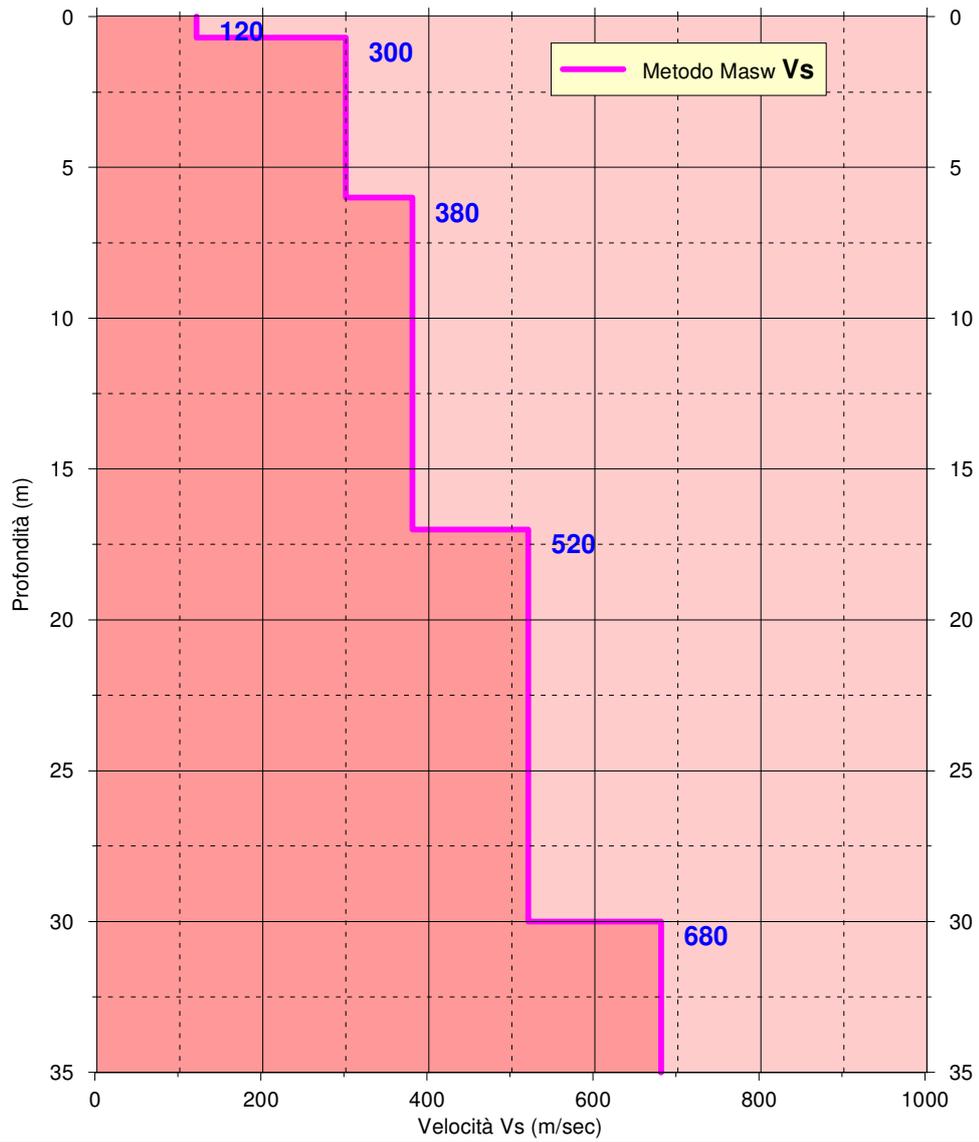
SUOLO DI FONDAZIONE TIPO "B"

Fig. 3b

GRAFICO VELOCITA' di FASE- FREQUENZA



PROFILO VELOCITÀ Vs

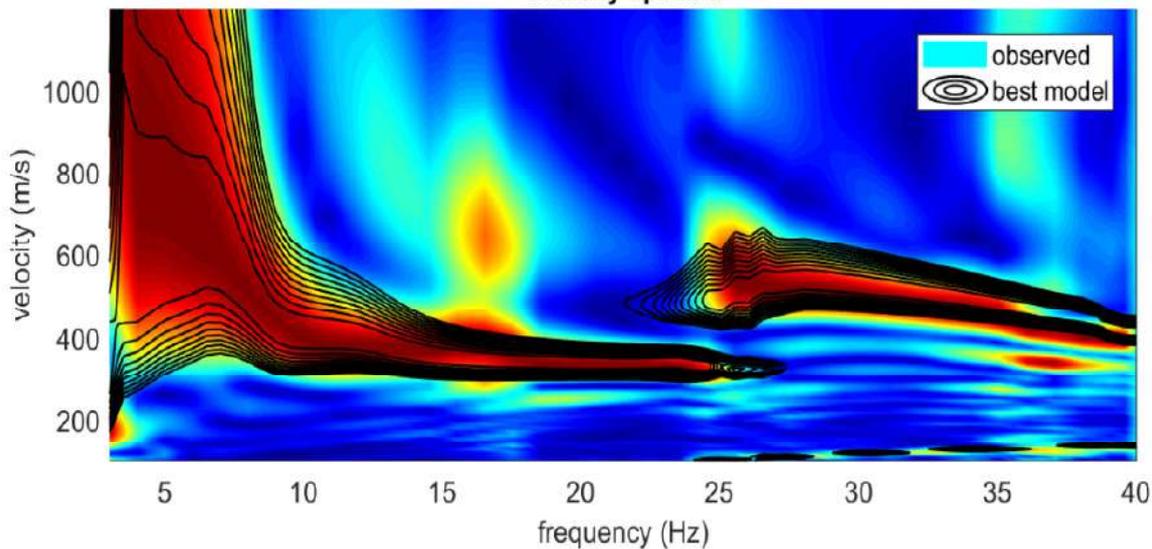


V_{s_eq} (0-30 m) = 380 m/s

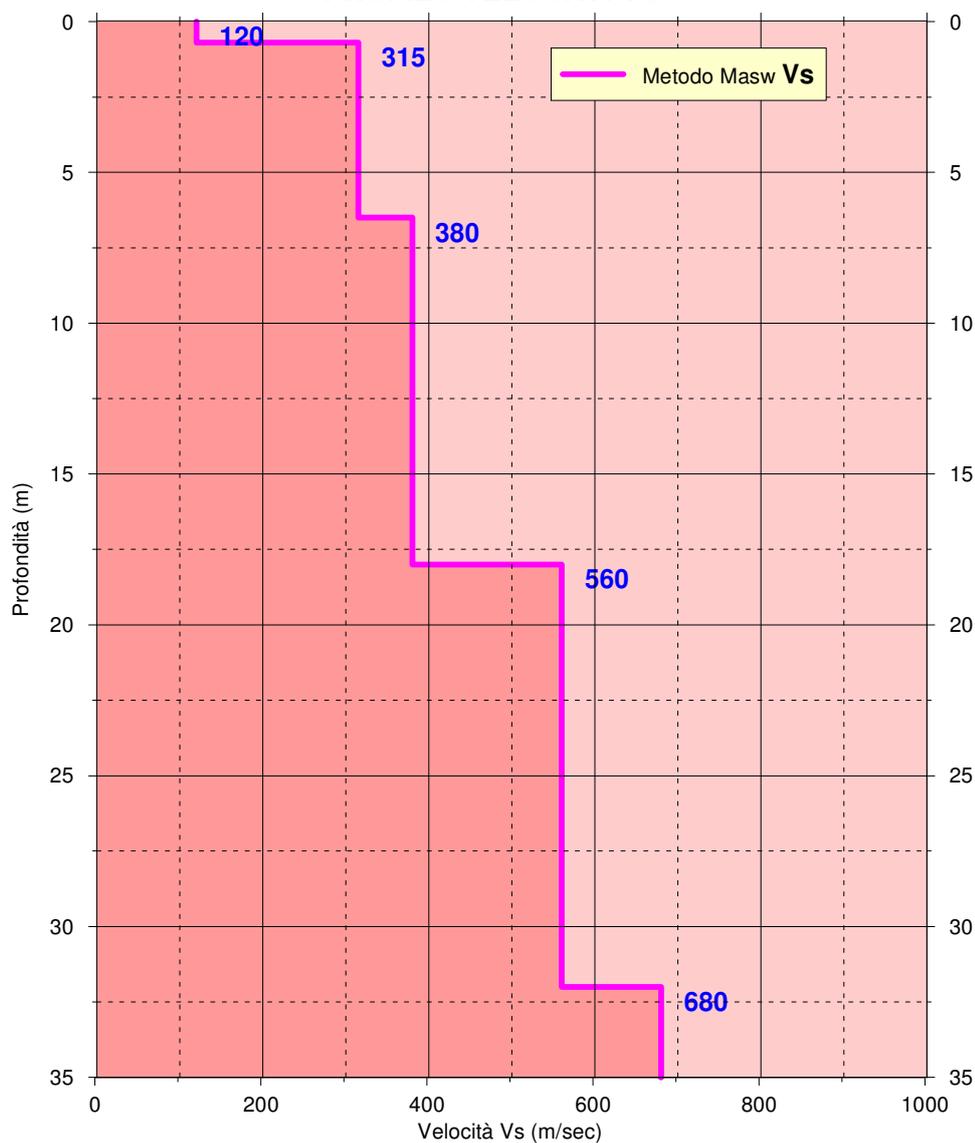
SUOLO DI FONDAZIONE TIPO "B"

Fig. 3c

GRAFICO VELOCITA' di FASE- FREQUENZA
 velocity spectra



PROFILO VELOCITÀ Vs



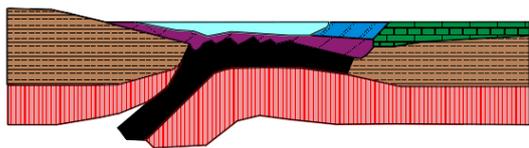
$Vs_{eq} (0-30 m) = 389 m/s$

SUOLO DI FONDAZIONE TIPO "B"

Fig. 3d

AMBITO ANS_R_PD 10

Immobiliare ALTOE' S.r.l.



MASSIMO dr. MANNINI
GEOLOGIA

Indagini Geofisiche - Geotecniche

Via Caduti di Cefalonia, 9 29017 Fiorenzuola d'Arda (Pc)
Tel. 3452353055
e-mail: info@manninimassimo.it

**Relazione Geologica-Sismica
Caratterizzazione sito per sviluppo
Piano di Lottizzazione
(Piano Urbanistico Attuativo Ambito 10)**

in Località "Podenzano (Pc)"

Committente: **"IMMOBILIARE ALTOE' S.R.L."**

INDICE

1.0 - PREMESSA	2
2.0 - INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO	2
3.0 - GEOLOGIA E MORFOLOGIA	2
4.0 - IDRO (GEO) LOGIA	4
5.0 - INDAGINI SVOLTE	6
6.0 - CARATTERISTICHE DEI TERRENI ATTRAVERSATI	6
6.1 - MODELLO GEOLOGICO-TECNICO DI RIFERIMENTO	9
7.0 - PORTANZA DEI TERRENI DI FONDAZIONE	11
7.1 - STATO LIMITE ULTIMO - SLV	13
8.0 - COMPATIBILITA' SISMICA	15
8.1 - SCENARI DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	16
8.2 - PRIMA FASE - INDIVIDUAZIONE DELLE AREE SOGGETTE AD EFFETTI LOCALI	19
8.3 - SECONDA FASE - ANALISI DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE E MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO	22
8.4 - ACCELERAZIONE MASSIMA ORIZZONTALE DI PICCO AL SUOLO	26
9.0 - CONCLUSIONI	27

ALLEGATI:

Schede Penetrometriche
Relazione Sismica interpretativa

1.0 - PREMESSA

Il presente Studio Geologico nasce dalla necessità di caratterizzazione dal punto di vista geologico e simico un terreno entro cui è in progetto uno sviluppo di un Piano di Lottizzazione "Piano Urbanistico Attuativo - Ambito n.10 del PSC Comunale", in località Podenzano Strada Comunale di Casaletto e/o Strada Comunale di Case Gatti; in accordo con la legislazione attualmente vigente, già oggetto di uno studio geologico d'inquadramento.

PRINCIPALE NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- *D.M. 11-03-1988*
- *D.M. 16-01-1996*
- *O.P.C.M. 3274/2003*
- *D.M. 14-09-2005*
- *Euro Codice 7*
- *Euro Codice 8*
- *N.T.C. '18 e succ.*

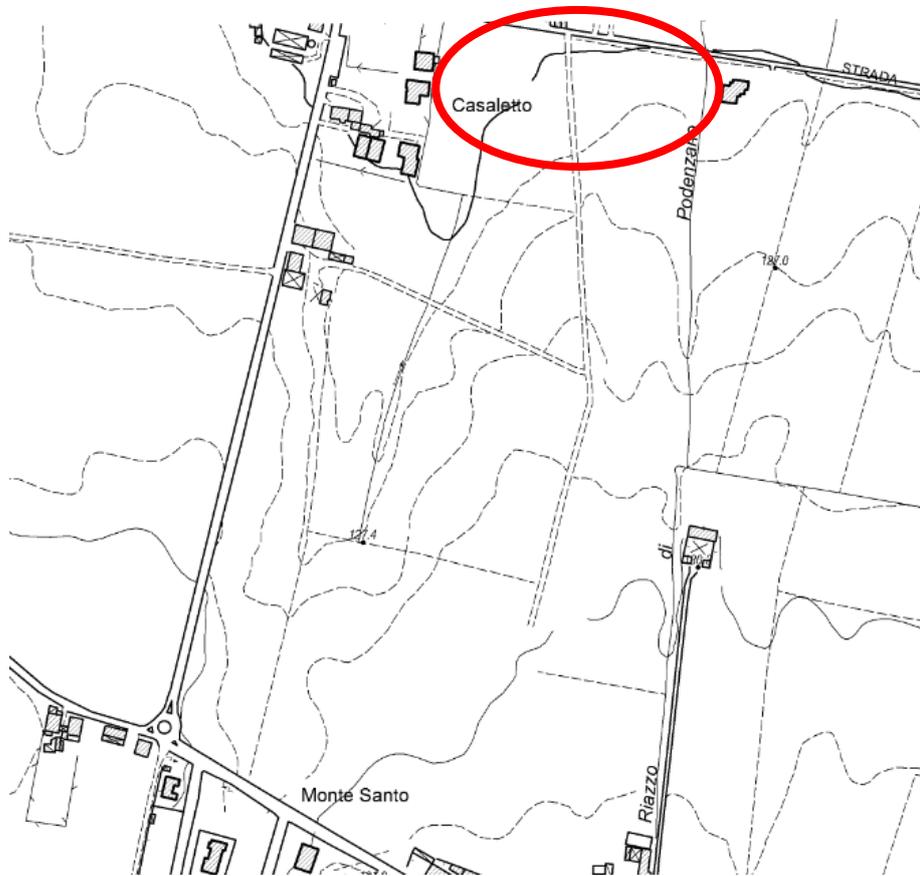
2.0 - INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO

Il terreno interessato dalla presente indagine si trova nel settore sud-est del territorio di Podenzano, interposta in fregio a Via Giovanni battista Scalabrini – Strada per Casaletto, vedi cartografia allegata. Catastalmente l'areale risulta associato al Foglio n.40, Mappale n.15 del Comune di Podenzano.

3.0 - GEOLOGIA E MORFOLOGIA

Segue la caratterizzazione geolitologica emersa dalla Carta Geologica a scala 1:10.000 redatta dalla Regione Emilia Romagna. L'unità geologica caratterizzante l'area in oggetto, corrisponde alle "coperture quaternarie" appartenenti all'Unità di Niviano tipico di ambiente di pianura, "AES7a": ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati: depositi di conoide ghiaiosa e depositi intravallivi terrazzati. Limi e limi sabbiosi con intercalazioni di ghiaie e sabbie: depositi di interconoide. Il profilo di alterazione dell'unità è molto evoluto e raggiunge i 4-5 m di profondità. L'unità presenta una copertura fine, composita e discontinua, di spessore fino a 2 m, costituita da limi e limi argillosi giallastri; il profilo di alterazione è molto evoluto. Lo spessore massimo dell'unità è di poche decine di metri. *Pleistocene sup.*

Questo assetto geologico viene confermato dalla Carta Geologica – QCB01 estratta dal PSC Comunale.

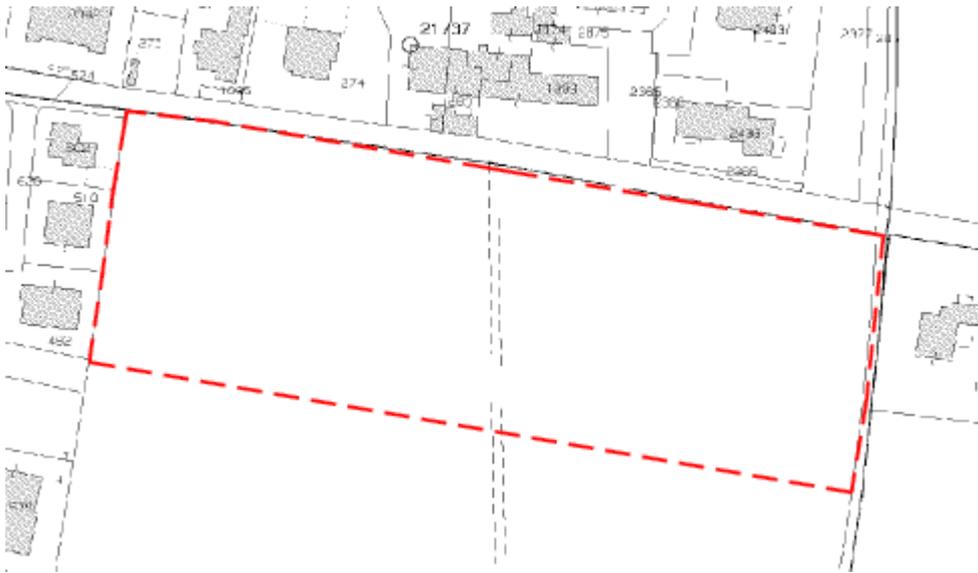


Inquadramento territoriale – C.T.R. Sezione 180054.

Dalla Tavola QCB02 "Carta Geolitologica" estratta dal PSC Comunale, l'areale è associato a terreni ghiaiosi, sabbiosi, limosi ed argillosi con orizzonte superficiale di origine limoso argilloso prevalente con spessore plurimetrico.

Morfologicamente l'area in studio si trova ad un'altezza s.l.m. variabile tra i 124.0 metri nel settore sud, a circa 125.0 metri nella porzione nord, entro il sistema di pianura che è confinato ad ovest dal corso d'acqua del F.Trebbia ed est dal T.Nure.

Le pendenze medie di questo settore sono impercettibili con lieve divergenza verso nord, nord-est regimando il deflusso delle acque superficiali.



Inquadramento catastale.

4.0 – IDRO (GEO) LOGIA

L'idrografia superficiale (regime idrologico), è regimata dalla pur modesta pendenza del terreno e le principali acque sono raccolte principalmente dal F.Trebbia ad ovest e dal T.Nure ad est, oltre ai diversi corsi d'acqua secondari, ad essi pressoché paralleli. Localmente, anche canalizzazioni artificiali, che talora ripercorrono vecchi alvei di corsi d'acqua naturali, benché abbiano subito poi nel tempo diversi interventi d'arginatura, correzioni del tracciato e riconfigurazioni degli alvei per opera dell'uomo, assumono un ruolo importante nel deflusso superficiale dell'acqua.

Il regime delle acque sotterranee (regime idrogeologico) è regolato dalla presenza di un sistema multi-falde impostate entro gli orizzonti permeabili ghiaiosi, che si rinvencono con differenti potenze ed a profondità variabili dal piano di campagna.

Variazioni del livello delle falde superficiali possono essere indotte anche dal regime pluviometrico incidente direttamente sul terreno, che porta ad un'escursione media annua che può oscillare di qualche metro sino a quote prossime al p.c.

Dalla Carta di inquadramento Idrogeologico estratta dal PSC Comunale Tavola QCB04 "Carta Idrogeologica", l'area è caratterizzata dalla isofreatica corrispondente dai 118.0 metri a sud, sino a quella dei 119.0 metri slm a nord. Pertanto, considerando la quota assoluta del terreno che varia da 124.0 a 125.0 metri slm, ne

deriva una profondità della prima falda di circa 5.0 metri.
La classe di soggiacenza dal PSC Comunale è tra 2 e 4 metri dal p.c.

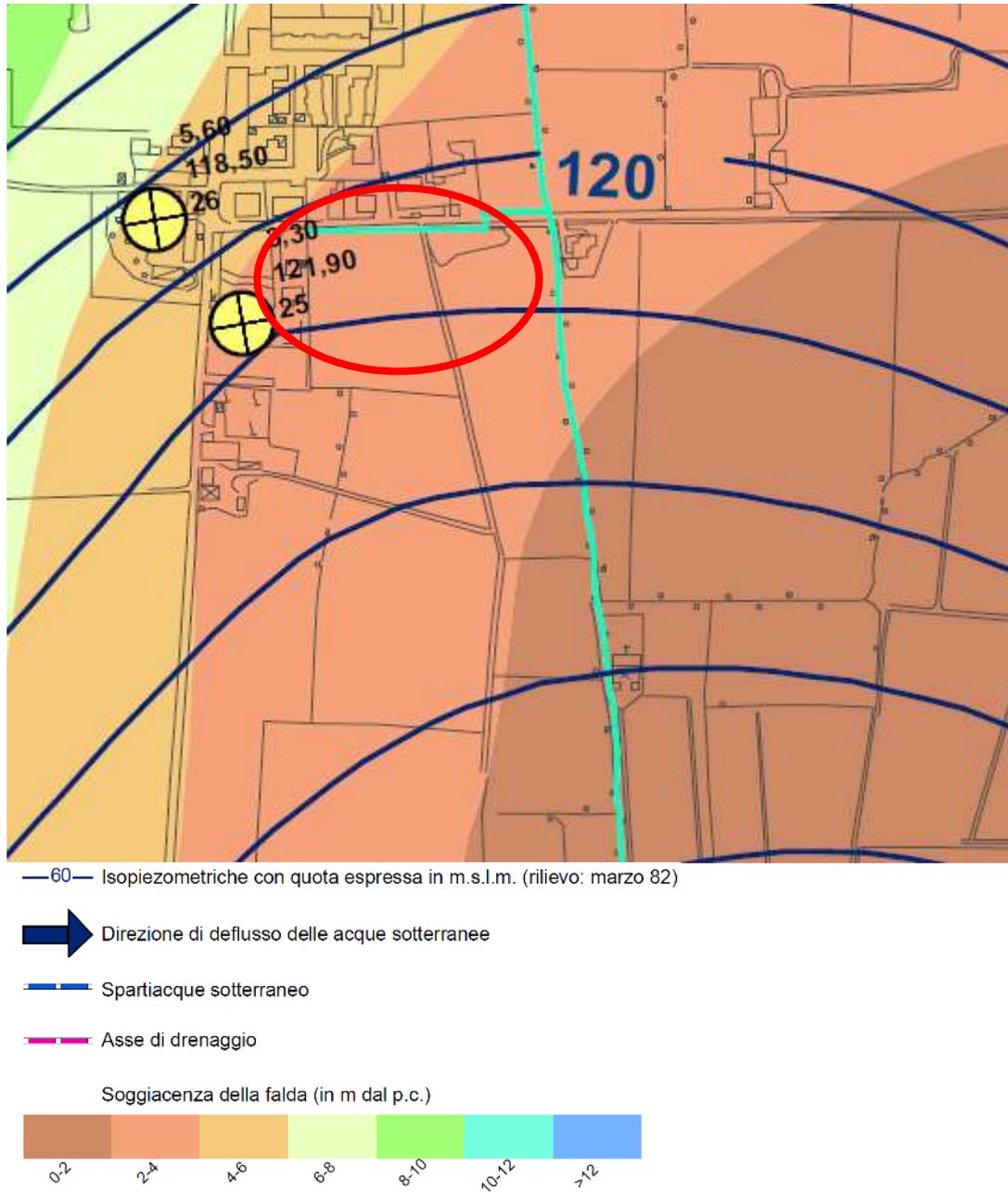


Tavola QCB04 "Carta Idrogeologica" – PSC Comunale.

Dalle prove penetrometriche eseguite in sito, emerge un livello freatico (esecuzione prove penetrometriche: novembre 2021), a circa 3.60 metri dal p.c.

5.0 - INDAGINI SVOLTE

Al fine d'ottenere una caratterizzazione geologica-geotecnica dei terreni che interessano questo settore, sono state eseguite due prove penetrometriche statiche in sito, a confermare le numerose indicazioni litogeotecniche emerse da differenti prove penetrometriche eseguite in lotti limitrofi: fonte dati Banca dati indagini geognostiche Regione Emilia-Romagna e indagini eseguite dallo scrivente.

Inoltre si hanno le stratigrafie di pozzi idrici presenti in questo settore del territorio di Podenzano, spinti a profondità ben oltre i 30.0 metri dal p.c.

Dal punto di vista sismico è stata eseguita una indagine sismica con tecnica passiva per la delineazione, sia dei parametri sismici di sito, che della Vs30 con relativa classificazione litosismica di sito.

La strumentazione utilizzata, consiste in un Penetrometro Dinamico Super Pesante di tipo Meardi - AGI (DPHS), avente le caratteristiche tecniche fornite nella scheda tecnica allegata.

Tali prove si eseguono infiggendo nel terreno un'asta munita di punta conica, per mezzo dell'energia fornita da una massa in caduta libera da 75 cm d'altezza; il numero di colpi necessario per ogni successiva infissione di 30 cm di profondità delle aste è poi rappresentato su di un grafico penetrometrico, che viene da seguito allegato per la prova eseguita.

Segue una relazione sismica interpretativa, con la descrizione, sia della tecnica utilizzata che dei relativi risultati ottenuti in sito.

6.0 - CARATTERISTICHE DEI TERRENI ATTRAVERSATI

Dall'analisi dei risultati ed attraverso il rapporto Rp/Rl dal penetrometro è stato possibile risalire con una certa approssimazione alla natura litologica dei terreni attraversati, utilizzando come discriminante il metodo suggerito da Schmertmann (1978); quest'ultimo considera come indicativo della litologia il rapporto fra la resistenza alla punta Rp ed il rapporto Fr (figura seguente).

Tuttavia, si rammenta che, sebbene l'indagine penetrometrica tipo SCPT fornisca dati geotecnici attendibili, le informazioni sulla natura litologica e granulometrica dei terreni derivano sostanzialmente da correlazioni del tipo empirico. Nell'interpretazione dei risultati, le prove penetrometriche sono state assimilate a prove rapide in

Per quanto concerne la definizione dei parametri geotecnici, utilizzando le più note e diffuse correlazioni basate sui dati SCPT, si è proceduto al calcolo di:

- coesione non drenata (C_u) e modulo edometrico (E_d) per i terreni coesivi.
- angolo di attrito interno (ϕ), densità relativa (D_r) e modulo di deformazione (E) per i terreni incoerenti.

I metodi utilizzati per il calcolo dei parametri geotecnici sono di seguito illustrati.

COESIONE NON DRENATA - C_u .

E' stato utilizzato il metodo empirico proposto da Lunne e Eide:

$$C_u \text{ (Kg/cmq)} = (R_p - \sigma_v)/K$$

con K = costante compresa fra 12 e 19 (in funzione della plasticità IP): $20.7 - 0.18 \times IP$.

Altri autori impongono come valore di K l'aliquota di 21-23 [Ricceri et al.].

MODULO EDOMETRICO - E_d

Viene calcolato attraverso la correlazione empirica R_p - C_u definita dalla seguenti relazioni, valide come stima di primo riferimento per i terreni coesivi in genere (dai limi plastici alle argille):

$$E_d \text{ (Kg/cmq)} = e^{(3.12 + 1.08c_u)}$$

$$E_d \text{ (Kg/cmq)} = c_u * 75$$

$$E_d \text{ (Kg/cmq)} = q_c * 2.5 \text{ [Ricceri et al.] - Schmertmann}$$

PESO DI VOLUME NATURALE - γ_n .

Per i terreni coesivi, può essere utilizzata la seguente formula di confronto:

$$\gamma_n \text{ (t/mc)} = 2 + 0,515 * \text{Log} (C_u)$$

Terzaghi-Peck, Bowles peso di volume in funzione della R_p della prova penetrometrica; oppure le correlazioni di Terzaghi.

ANGOLO DI RESISTENZA AL TAGLIO - ϕ

Per stimare questo parametro sono stati utilizzati differenti metodi in cui l'angolo di attrito è calcolato in funzione della resistenza alla punta

e della tensione verticale efficace, successivamente confrontati fra loro; in particolare:

Metodo di CAQUOT: $\varphi = 9.8 + 4.96 \cdot \ln(qc/\sigma'v)$
Metodo di KOPPEJAN: $\varphi = 5.8 + 5.21 \cdot \ln(qc/\sigma'v)$
Metodo di DE BEER: $\varphi = 5.9 + 4.76 \cdot \ln(qc/\sigma'v)$

DENSITÀ RELATIVA - DR

Definisce il grado di addensamento dei terreni attraversati; sono stati utilizzati i seguenti metodi:

HARMAN: questa correlazione è valida per tutti i tipi di sabbia e prevede di valutare la densità relativa in funzione della resistenza alla punta e della tensione verticale efficace.

$$Dr = 34.36 \cdot \ln(qc/12.3 \cdot \sigma'v^{0.7})$$

in cui:

$\sigma'v$: tensione verticale efficace

qc : resistenza alla punta (correlata)

Lancellotta (1983): $Dr = 1.292 + 0.268 \times \ln(qc/\sigma v^{0.5})$

MODULO DI DEFORMAZIONE - E

Definisce il valore del modulo di Young elastico utilizzando la seguente correlazione empirica di Schmertmann:

$$E \text{ (Kg/cm}^2\text{)} = 2,5 * Rp$$

Una ulteriore formula di calcolo che viene utilizzata per il calcolo del modulo edometrico (assimilando un confinamento laterale impedito anche per terreni granulari, con alta densità relativa e qc):

$$Ed \text{ (Kg(cmq)}\text{)} = 0.03 \times qc + 11.7 \times \sigma + 0.79 \times Dr$$

6.1 - MODELLO GEOLOGICO-TECNICO DI RIFERIMENTO

Dalle prove penetrometriche eseguite all'interno dell'areale in oggetto emerge una successione litostratigrafica costituita da una copertura di terreno di copertura con certo grado di pedogenizzazione (comportante anche maggiori essiccazioni del reticolo cristallino associati a incrementi delle resistenze meccaniche caratteristiche, tuttavia con carattere stagionale) con uno spessore massimale di

circa 0.60-1.00 metri dall'attuale p.c. (**Orizzonte O**), seguito da una litologia argillosa limosa (**Orizzonte A**) con differenti gradi di addensamento/consolidazione e livelli sabbiosi con possibile presenza locale di ciottoli ghiaiosi alterati, fino a profondità da circa 10.00 metri nel settore ovest (Cpt1) e di circa 4-20 metri nel settore più orientale (Cpt2). In profondità si ha un arricchimento ghiaioso in matrice limosa sabbiosa (**Orizzonte B**), fino alle massime profondità, oltre le quali difficoltà di infissione delle aste penetrometriche per rifiuto geotecnico, non hanno permesso il proseguimento delle prove. Inoltre, da prove penetrometriche presenti in lotti a nord dell'areale in oggetto – fonte dati PSC Comunale (prove D005 e D006), si evincono argille sabbiose con ciottoli dal p.c. alle massime profondità indagate di 7.60 metri dal p.c.

Per la caratterizzazione geotecnica del terreno segue uno schema riassuntivo dei principali parametri geotecnici per le litologie rinvenute.

Orizzonte O: argilla limosa pedogenizzata***

Profondità: dal p.c. a circa 0.60-1.00 metri
(Coesione) $C_u = 1.50$ [Kg/cm²]
(Peso di Volume) $\gamma = 1.90$ [Ton/m³]
(Modulo Edometrico) $E_u = 105$ [Kg/cm²]

Orizzonte A1: argilla limosa

Profondità: da 0.60-1.00 a circa 7.60 metri nel settore ovest (Cpt1)
Profondità: da 0.60-1.00 a circa 4.20 metri nel settore est (Cpt2)
(Coesione) $C_u = 1.70$ [Kg/cm²]
(Peso di Volume) $\gamma = 2.00$ [Ton/m³]
(Modulo Edometrico) $E_u = 125$ [Kg/cm²]

Orizzonte A2: argilla limosa

Profondità: da 7.60 a circa 10.00 metri nel settore ovest (Cpt1)
(Coesione) $C_u = 0.90$ [Kg/cm²]
(Peso di Volume) $\gamma = 1.95$ [Ton/m³]
(Modulo Edometrico) $E_u = 60$ [Kg/cm²]

Orizzonte B: ghiaia e sabbia limosa

Profondità: da 10.00 alle massime profondità
(Peso di Volume) $\gamma = 2.10$ [Ton/m³]
(Modulo Elastico) $E = 580$ [Kg/cm²]
(Angolo d'attrito interno di picco) $\phi = 36^\circ$
(Densità relativa) $D_r = 90\%$

*** i parametri geotecnici possono subire variazioni, anche significative con carattere stagionale.

Dalle prove penetrometriche eseguite in sito, emerge un livello freatico (esecuzione prove penetrometriche: novembre 2021), di circa 3.60 metri dal p.c. Tuttavia, si ricorda la possibilità di avere oscillazioni del livello freatico naturale fino a profondità prossime la litologia limosa ed anche sino al p.c.

7.0 - PORTANZA DEI TERRENI DI FONDAZIONE

Per la determinazione dei carichi ammissibili dei terreni in rapporto al tipologia di struttura fondazionale e dei sovraccarichi strutturali, è stata seguita la metodologia progettuale, alla luce delle normative attualmente vigenti in materia (NTC '08 - D.M. 14.01.2008 e successivo D.M. 2018).

Le NTC '18 hanno introdotto un sisma di progetto non per ogni comune come da NTC05, ma per ogni punto del territorio, (punti di ancoraggio nodali di un reticolo di 4 Km di lato). 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. I caratteri del moto sismico su sito di riferimento rigido orizzontale a campo aperto sono descritti dalla distribuzione sul territorio nazionale delle seguenti grandezze, sulla base delle quali sono compiutamente definite le forme spettrali per la generica Pvr probabilità di superamento nel periodo di riferimento T_r :

a_g = accelerazione massima al sito di riferimento;

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.

La determinazione delle azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, che 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.

I caratteri del moto sismico su sito di riferimento rigido orizzontale, sono descritti dalla distribuzione sul territorio nazionale delle grandezze fondamentali, sulla base delle quali sono compiutamente definite le forme spettrali per la generica Pvr probabilità di

superamento nel periodo di riferimento in riferimento ai vari stati limite.

Seguono le caratteristiche del sito in esame in funzione delle coordinate geografiche di riferimento baricentriche, ed i relativi parametri sismici, ipotizzati sulla struttura e del sito in oggetto: categoria litologica e topografica. E' stata ipotizzata una classe litosismica di tipo C alla luce delle $V_{s30eq} = 340$ m/s emersa dall'indagine sismica passiva eseguita in sito, e classe topografica di tipo T1 per le modeste pendenze che caratterizzano questo settore di pianura. Si rimane a disposizione di qualunque variazione che il tecnico progettista ritenesse utile. La V_{s30} emersa dalla caratterizzazione di microzonazione del PSC per questo indica valori di circa 400-450 m/s in linea con quella emersa dall'indagine in sito. In questo settore si hanno maggiori arricchimenti superficiali argillosi limosi.

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C
Categoria topografica: T1
Periodo di riferimento: 50anni
Coefficiente c_u : 1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %
Tr: 30 [anni]
ag: 0,035 g
Fo: 2,530
Tc*: 0,210 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %
Tr: 50 [anni]
ag: 0,043 g
Fo: 2,536
Tc*: 0,235 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %
Tr: 475 [anni]
ag: 0,101 g
Fo: 2,529
Tc*: 0,290 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %
Tr: 975 [anni]
ag: 0,130 g
Fo: 2,503
Tc*: 0,297 [s]

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

SLO:

Ss: 1,500
Cc: 1,760

	St:	1,000	
	Kh:	0,011	
	Kv:	0,005	
	Amax:	0,515	
	Beta:	0,200	
SLD:			
	Ss:	1,500	
	Cc:	1,690	
	St:	1,000	
	Kh:	0,013	
	Kv:	0,006	
	Amax:	0,633	
	Beta:	0,200	
SLV:			
	Ss:	1,500	
	Cc:	1,580	
	St:	1,000	
	Kh:	0,036	
	Kv:	0,018	
	Amax:	1,488	
	Beta:	0,240	
SLC:			
	Ss:	1,500	
	Cc:	1,570	
	St:	1,000	
	Kh:	0,047	
	Kv:	0,023	
	Amax:	1,916	
	Beta:	0,240	

7.1 - STATO LIMITE ULTIMO - SLV

Per il calcolo dello stato limite ultimo (SLU), viene preso in considerazione lo Stato limite di Salvaguardia della Vita (SLV) con i relativi parametri sismici caratteristici.

Un ulteriore step di calcolo intermedio, è la determinazione dei parametri geotecnici caratteristici e di progetto del volume di terreno significativo al di sotto del piano fondazionale, funzione della tipologia di fondazione stessa e della successione litostratigrafica con eventuali presenze di disomogeneità, sia verticali, che areali, a partire dai valori nominali dei parametri geotecnica di riferimento del terreno in sito.

Considerando la profondità significativa, ai fini delle definizione della superficie di rottura al di sotto della fondazione di progetto, sono stati ricavati i relativi parametri geotecnici caratteristici e di progetto entro il terreno per la soluzione fondazionale, in aggiunta alla profondità di incasso della fondazione dal p.c. (in accordo con la profondità cuneo di rottura pari a $1-2xB$ fondazione a seconda di fondazioni e del bulbo di pressione per la determinazione dei cedimenti assoluti), in

riferimento alla coesione non drenata ed angolo di attrito derivato dalle prove penetrometriche statiche realizzate, considerando il breve termine, per il volume di terreno significativo per la fondazione di progetto. Inoltre, nell'elaborazione statistica dei dati geotecnici, ai fini della definizione del volume significativo, una fondazione continua è assimilata ad una piccola superficie e risente maggiormente delle variazioni dei valori geotecnici stessi, assimilando il valore di progetto al valore minimo della serie, mentre per grandi superfici (fondazioni a platea), si può avere compensazione dei valori geotecnici, pertanto il valore caratteristico della serie, si avvicina maggiormente al valore medio della serie stessa.

Di seguito vengono calcolati i relativi valori geotecnici caratteristici, a cui occorre applicare i relativi parametri correttivi secondo i differenti possibili approcci di progetto, per ricavare i parametri di progetto.

I parametri geotecnici sono differenti in caso di compensazione o meno entro il volume significativo, associato a fondazione superficiale continua (valore tendente al valore minimo nella serie di riferimento) od a platea (valore tendente al valore medio della serie di riferimento, maggiore del primo).

Orizzonte O: argilla limosa pedogenizzata***

Profondità: dal p.c. a circa 0.60-1.00 metri

(Coesione) $C_{uk} = 1.20-1.35$ [Kg/cm²]

(Peso di Volume) $\gamma = 1.90$ [Ton/m³]

(Modulo Edometrico) $E_{uk} = 85-95$ [Kg/cm²]

Orizzonte A1: argilla limosa

Profondità: da 0.60-1.00 a circa 7.60 metri nel settore ovest (Cpt1)

Profondità: da 0.60-1.00 a circa 4.20 metri nel settore est (Cpt2)

(Coesione) $C_{uk} = 1.25-1.40$ [Kg/cm²]

(Peso di Volume) $\gamma = 2.00$ [Ton/m³]

(Modulo Edometrico) $E_{uk} = 90-105$ [Kg/cm²]

Orizzonte A2: argilla limosa

Profondità: da 7.60 a circa 10.00 metri

(Coesione) $C_{uk} = 0.72-0.82$ [Kg/cm²]

(Peso di Volume) $\gamma = 1.95$ [Ton/m³]

(Modulo Edometrico) $E_{uk} = 50-56$ [Kg/cm²]

Orizzonte B: ghiaia e sabbia limosa

Profondità: da 10.00 alle massime profondità

(Peso di Volume) $\gamma = 2.10$ [Ton/m³]

(Modulo Elastico) $E_k = 320-425$ [Kg/cm²]

(Angolo d'attrito interno di picco) $\phi_k = 32^\circ-35^\circ$

(Densità relativa) $D_r = 90\%$

8.0 - COMPATIBILITA' SISMICA

Per la verifica della compatibilità sismica dell'area all'intervento in progetto è stata condotta una campagna di rilievi sismici in sito per la determinazione delle Vs30 e dei principali parametri elastici del terreno fondazionale, la cui relazione interpretativa segue in allegato.

CARATTERI LITOLOGICI AREA D'INTERVENTO

In questo settore di Podenzano sono presenti pozzi idrici, delineando le seguenti successioni litostratigrafiche:

Pozzo P628 a sud-est

0.0-2.61: argilla
2.61-36.31: ghiaia, sabbia e argilla
36.31-51.61: ghiaia e argilla
51.61-71.41: argilla e ghiaia
71.41-73.61: argilla
73.61-82.61: conglomerato
82.61-83.61: argilla
83.61-92.11: ghiaia e sabbia
92.11-95.11: argilla

Pozzo P634 a sud-est

0.0-5.0: argilla
5.0-12.0: argilla e ghiaia
12.0-29.0: ghiaia
29.0-32.0: ghiaia e argilla
32.0-43.0: argilla
43.0-61.0: ghiaia
61.0-94.0: ghiaia e argilla

Pozzo P624 ad sud

0.0-11.0: argilla
11.0-46.0: ghiaia e argilla
46.0-58.5: argilla
58.5-80.0: argilla e ghiaia

A tale situazione stratigrafica corrisponde la categoria di suolo di fondazione di tipo C, l'indagine sismica eseguita dallo scrivente ha delineato una Vs30 = 340 m/s in accordo con quanto espresso.

REQUISITI PER LA SCELTA DEL PIANO DI POSA FONDAZIONALE

Il sito di fondazione deve essere scelto in modo che, in caso d'evento sismico, sia minimo il pericolo di collasso, instabilità, liquefazione, nonché d'eccessivo addensamento terreno.

L'area in oggetto non si trova in corrispondenza di faglie tettoniche attive (condizioni tettoniche), le condizioni morfologiche in sito sono considerate nei confronti dei differenti parametri di amplificazione morfologica (St) che possono amplificare i pericoli derivanti da un eventuale evento sismico "per condizioni morfologiche".

Per terreni sub-pianeggianti o con pendii con angoli fino a 15° , si ha un parametro di correzione topografica St pari a 1.00 ($T1$), ne risulta, pertanto modificata l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito.

$$a_{max} = S_s * St * a_g$$

Il moto sismico in superficie nel sito, è definito dall' a_{max} attesa e da una forma spettrale ancorata ad essa.

Dalle indagini geognostiche eseguite sul sito e dalla campagna di rilievi sismici effettuati in sito, a confermare indagini eseguite in aree limitrofe e stratigrafie emerse da pozzi idrici, l'area è inquadrata con un terreno appartenente alla categoria sismica di tipo "C", a tale categoria viene associato un parametro litologico $S_s = 1.50$.

Ne deriva che l'accelerazione massima al sito = $1.50 * 1.00 * a_g$

dove a_g = accelerazione massima orizzontale su sito di riferimento (suolo rigido con terreno di tipo A, pianeggiante $T1$ e free field cioè campo aperto privo di strutture).

La correzione eseguita per la determinazione dell' a_{max} sul sito permette di considerare le condizioni litologiche e morfologiche che possono alterare l'arrivo dell'onda sismica in sito, sempre in riferimento allo stato limite di riferimento.

LIQUEFAZIONE DEI TERRENI

Dalle successioni litologiche emerse, sia dalle prove penetrometriche, che dai pozzi idrici presenti in questo settore, entro i primi 15.0 metri non si hanno sabbie sature, ne tanto meno fuso granulometrico che induce potenziali effetti di liquefazione.

8.1 – SCENARI DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE

Le condizioni che si hanno in sito possono portare a modificazioni dell'azione sismica di riferimento, che è definita dall'accelerazione massima attesa in sito (a_{max}) e dalle relative forme spettrali di riferimento, che definiscono i parametri F_0 , T_c^* , A_{gmax} .

Scenari di pericolosità sismica locale possono essere dati da faglie, instabilità gravitative, liquefazione sabbie sature, amplificazioni sismiche, addensamento terreni a grana grossa, subsidenza terreni molli a grana fina.

Nel sito di riferimento non si hanno condizioni topografiche e/o strutturali tettoniche, solamente dal punto di vista litologico si possono avere effetti che portano ad una amplificazione dell'azione sismica.

Dalle coordinate geografiche di riferimento e dalla caratterizzazione litosismica e topografica del sito si ricavano i relativi spettri elastici di risposta sismica del sito cui il progettista applicherà il coefficiente di struttura in funzione della dilatanza della struttura stessa ricavando i relativi spettri di risposta inelastici sito-struttura.

Lo spettro elastico fornisce le forze sismiche necessarie per garantire un comportamento elastico, mentre lo spettro di progetto fornisce le forze sismiche di progetto ridotte corrispondenti ad un livello di plasticizzazione compatibile con la sopravvivenza della struttura.

In accordo con la Delibera Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna n.112 del 02-05-2007, e dal successivo D.G.R. n.2193/2015 e DGR 476 e 564/2021, sono stati illustrati i Criteri per la individuazione delle aree soggette ad effetti locali e per la Microzonazione sismica del territorio.

Scopo del presente atto di indirizzo e coordinamento è quello di fornire i criteri per l'individuazione delle aree soggette ad effetti locali e la microzonazione sismica del territorio in modo da orientare le scelte della pianificazione verso aree caratterizzate da minore pericolosità sismica.

Gli studi della pericolosità sismica di base e della pericolosità locale hanno come obiettivo:

- l'individuazione delle aree dove in occasione di terremoti possono verificarsi effetti locali;
- la stima quantitativa della risposta sismica locale dei depositi e delle morfologie presenti nell'area di indagine;
- la suddivisione del territorio in sottozone a diversa pericolosità sismica locale (micro zonazione sismica).

Dalla Tavola QCB08 "Carta delle aree suscettibili di effetti sismici locali" estratta dal PSC si evince che il settore in oggetto è caratterizzato da depositi prevalentemente ghiaiosi o limosi misti che necessitano di un livello di approfondimento di tipo II, in base alla Del.RER n.112, con effetti attesi per amplificazione litologica.

La microzonazione sismica è la suddivisione dettagliata del territorio in base al comportamento dei terreni durante un evento sismico e ai possibili effetti indotti dallo scuotimento (risposta sismica locale)

Gli studi di risposta sismica locale e microzonazione sismica vanno condotti a diversi livelli di approfondimento in funzione delle finalità e delle applicazioni nonché degli scenari di pericolosità locale.

Per la microzonazione sismica si identificano due fasi di analisi con diversi livelli di approfondimento.

La prima fase è diretta a definire gli scenari di pericolosità sismica locale, cioè ad identificare le parti di territorio suscettibili di effetti locali (amplificazione del moto sismico, instabilità dei versanti, fenomeni di liquefazione, rotture del terreno).

L'individuazione delle aree soggette ad effetti locali si basa su rilievi, osservazioni e valutazioni di tipo geologico e geomorfologico, svolti a scala territoriale, associati a raccolte di informazioni sugli effetti indotti dai terremoti passati. Tale analisi viene svolta soprattutto mediante elaborazione dei dati disponibili in sede di elaborazione del PTCP e del PSC e concorre alla definizione delle scelte di piano, fornendo prime indicazioni sui limiti e le condizioni per la pianificazione nelle suddette aree.

La seconda fase ha come obiettivo la microzonazione sismica del territorio indagato.

Sulla base degli scenari individuati dalle analisi svolte nel corso della prima fase, nella seconda fase si attuano due diversi livelli di approfondimento:

a) nelle aree pianeggianti e sub-pianeggianti, incluse le zone di fondovalle appenniniche, con stratificazione orizzontale e sub-orizzontale, e sui versanti stabili, compresi quelli con coperture di spessore circa costante e acclività $\leq 15^\circ$, vale a dire in tutte le zone non interessate da instabilità nelle quali il modello stratigrafico può essere assimilato ad un modello fisico monodimensionale, si ritiene sufficiente **un'analisi semplificata** (secondo livello di approfondimento), cioè l'analisi della pericolosità locale può essere basata, oltre che sull'acquisizione di dati geologici e geomorfologici più dettagliati di quelli rilevati nel primo livello, su prove geofisiche e prove geotecniche in sito di tipo standard e l'amplificazione del moto sismico può essere stimata attraverso abachi e formule. Il numero delle verticali indagate deve essere tale da consentire un'adeguata

caratterizzazione litostratigrafica e geofisica spaziale dei terreni e delle formazioni presenti nell'area di studio;

b) un'**analisi più approfondita** (terzo livello di approfondimento) è invece richiesta per la definizione di indici di rischio nei seguenti casi (vedere Allegato A1):

- aree soggette a liquefazione e densificazione;
- aree instabili e potenzialmente instabili;
- aree con rapida variazione della profondità del substrato rigido, come ad esempio le valli strette e profondamente incise, il cui modello stratigrafico non può essere assimilato ad un modello fisico monodimensionale; in questo caso sono raccomandate analisi bidimensionali.

La prima fase, o primo livello di approfondimento (individuazione delle aree potenzialmente soggette ad effetti locali), viene attuata già nell'ambito della pianificazione a scala di area vasta (es. provinciale), relativamente all'intero territorio, ed è recepita e integrata, ad una scala di maggior dettaglio, nella pianificazione urbanistica comunale, limitatamente alle zone da indagare di cui al par. 2.1 del DGR 2193/2015.

La seconda fase (analisi della risposta sismica locale e microzonazione sismica del territorio) è richiesta per la predisposizione e approvazione degli strumenti di pianificazione urbanistica comunale e deve interessare le aree già urbanizzate e quelle indicate come suscettibili di urbanizzazione, i corridoi infrastrutturali e gli agglomerati posti in territorio rurale che possano considerarsi significativi, per dimensione e/o interesse insediativo, in rapporto alla realtà territoriale locale, ricadenti nelle aree potenzialmente soggette ad effetti locali individuate nella prima fase.

8.2 - PRIMA FASE - INDIVIDUAZIONE DELLE AREE SOGGETTE AD EFFETTI LOCALI

Primo livello di approfondimento

Il primo livello di approfondimento ha le seguenti finalità:

- individuare le aree suscettibili di effetti locali in cui effettuare le successive indagini di microzonazione sismica;
- definire il tipo di effetti attesi;
- indicare, per ogni area, il livello di approfondimento necessario;
- descrivere le caratteristiche delle unità geologiche del sottosuolo, in termini di litologia, stratigrafia, tettonica e geometria per definire il modello geologico di base per la microzonazione sismica.

Per lo studio in oggetto sono stati predisposte le seguenti cartografie:

- 1) Carta delle indagini;
- 2) Carta geologico-tecnica
- 3) Carta delle frequenze naturali dei terreni, derivata da indagini sveditive di sismica passiva (HVSR sulle vibrazioni ambientali)
- 4) Carta delle aree suscettibili di effetti locali.

Per l'areale in oggetto si ipotizzano zone suscettibili di amplificazioni locali, nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico per effetto dell'assetto litostratigrafico, in cui si ritiene sufficiente un approfondimento di secondo livello (analisi semplificata con seconda fase). L'areale in oggetto è caratterizzato da depositi alluvionali.

Per la caratterizzazione del sito sono state eseguite tre prove penetrometriche all'interno dell'area, ed una indagine sismica passiva con tecnica tromografica (HVSR), per la delineaazione, sia delle V_{s30eq} di sito, che della frequenza fondamentale dei sottosuolo.

La litologia emersa dalle indagini geognostiche eseguite in sito, associa a tale settore (molto limitato con carattere estremamente locale), una omogeneità litologica definita dal modello geologico di sito: "coperture quaternarie" appartenenti all'Unità di Niviano, tipico di ambiente di pianura "AES7a". Dalle prove penetrometriche emerge una successione lito-stratigrafica costituita da una copertura di terreno di copertura con certo grado di pedogenizzazione (comportante essiccazioni del reticolo cristallino associati a incrementi delle resistenze meccaniche caratteristiche, tuttavia con carattere stagionale) con uno spessore massimale di circa 1.00 metri dall'attuale p.c. (**Orizzonte O**), seguito da una litologia argillosa limosa (**Orizzonte A**) con differenti gradi di addensamento/consolidazione e livelli sabbiosi con spessore decimetrico fino a profondità da circa 10.000 metri dal p.c.. In profondità si ha un arricchimento ghiaioso in matrice limosa sabbiosa (**Orizzonte B**), fino alle massime profondità, oltre le quali difficoltà di infissione delle aste penetrometriche per rifiuto geotecnico, non hanno permesso il proseguimento delle prove.

Non si hanno elementi geomorfologici caratteristici, ne tantomeno, con differenze all'interno dell'area di studio, che presenta un andamento sub pianeggiante, con assenza di rilievi, scarpate, ecc. L'areale in oggetto presenta una potenziale amplificazione del moto sismico, indotta esclusivamente dalla condizione litologica di sito -

amplificazione sismica o effetto sismico di sito per effetti litologici, come confermato dall'attuale cartografia sismica del PSC approvato.

Anche dalla Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna (edizione 2017), si evince che il settore in oggetto non è interessato da lineamenti tettonici critici. Solamente nel settore nord si ha una linea di sovra scorrimento sepolta.

Dalla carta geologica si ha un asse di anticlinale sepolto.

Morfologicamente l'area in studio si trova ad un'altezza s.l.m. variabile tra i 124.0-125.0 metri, entro il sistema di pianura che è confinato ad ovest dal corso d'acqua del F.Trebbia ed est dal T.Nure. Le pendenze medie di questo settore sono impercettibili con lieve divergenza verso nord, nord-est regimando il deflusso delle acque superficiali.



Carta Geologica – fonte dati Banca dati RER, progetto Carg.

Dall'analisi sismica passiva eseguita in sito, emerge il valore della V_{seq} (30) pari a 340 m/s, e viene definita la frequenza fondamentale del terreno pari a 5,55 Hz, caratteristica per l'areale in oggetto, pertanto con omogeneità areale. La cartografia viene considerata

superflua, sia per il carattere estremamente locale dell'area, che per l'omogeneità del parametro.

Anche la carta degli effetti sismici locali per l'areale (carattere estremamente locale) risulta associata alla amplificazione litologica omogenea per tutto il settore in oggetto. La cartografia viene considerata superflua, sia per il carattere estremamente locale dell'area, che per l'omogeneità del parametro.

8.3 - SECONDA FASE - ANALISI DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE E MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

La seconda fase ha come obiettivo la valutazione della risposta sismica locale e la micro zonazione sismica del territorio indagato.

Secondo livello di approfondimento – analisi semplificata

Per la definizione dell'amplificazione ove è ritenuta sufficiente l'analisi semplificata si utilizzeranno gli abachi, le formule e le procedure indicate nell'Allegato A2.

Per tale fase di approfondimento sono state elaborate:

- 1) Carta delle velocità delle onde di taglio S (V_s).
- 2) Carte dei fattori di amplificazione.

La stima dell'amplificazione tramite procedure semplificate (utilizzo di abachi e formule) è possibile laddove l'assetto geologico è assimilabile ad un modello fisico monodimensionale.

L'amplificazione sarà quantificata in termini di parametri FAPGA, FA0,1-0,5s, FA0,5-1s, FA0,5-1,5s che esprimono l'amplificazione per motivi stratigrafici, eventualmente incrementati con il fattore di amplificazione per cause topografiche ST. Tali coefficienti di amplificazione vengono stimati impiegando le tabelle e le formule dell'Allegato A2 (punti A2.1 e A2.2)

I FA rappresentano il rapporto fra lo scuotimento sismico, espresso con i parametri sotto indicati, valutato per la condizione geo-litologica specifica e il corrispondente scuotimento relativo alla categoria di sottosuolo A. Quest'ultimo è definito nella tabella 3.2.II delle Norme Tecniche per le Costruzioni, NTC (2008), come segue:

Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.

I FA sono relativi a due parametri rappresentativi dello scuotimento sismico.

Il primo è l'accelerazione di picco orizzontale (**PGA**), il secondo è l'intensità spettrale:

E' stato considerato uno smorzamento $\xi = 5 \%$ e tre intervalli di periodo proprio T_0 ottenendo tre valori di intensità spettrale:

SI1 : $0.1s \leq T_0 \leq 0.5s$

SI2 : $0.5s \leq T_0 \leq 1.0s$

SI3 : $0.5s \leq T_0 \leq 1.5s$

Come si evince dalla seguente figura:

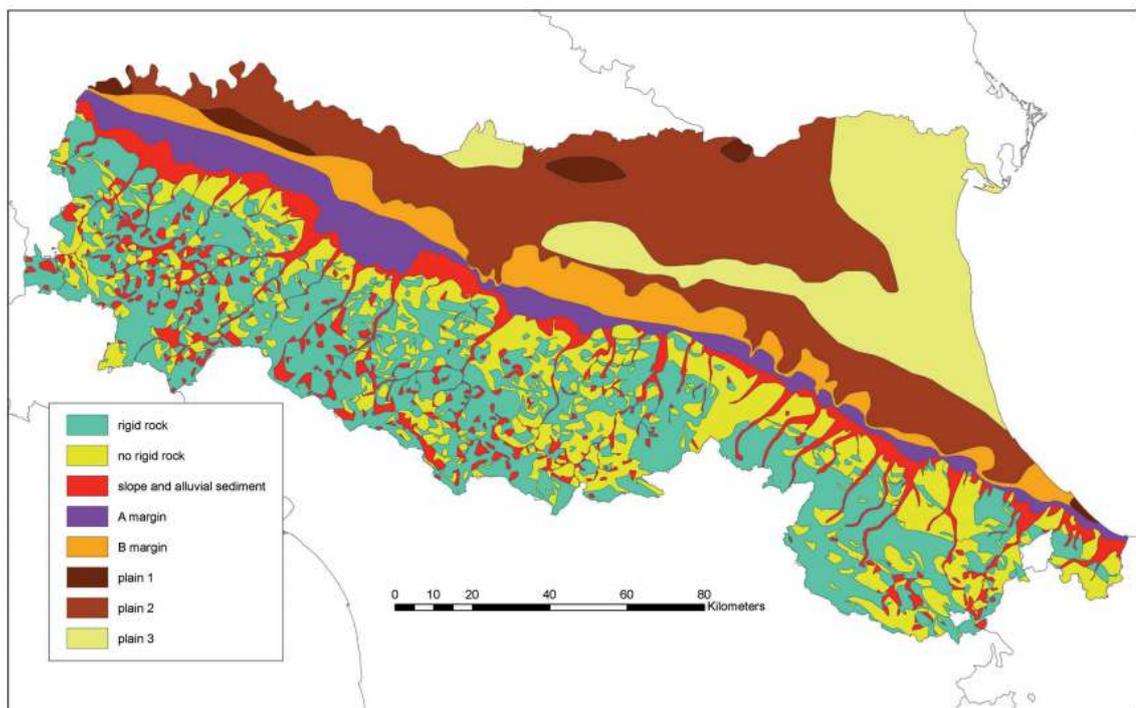


Fig. 11 - Emilia-Romagna map of the geologic macrozones for seismic studies.

per l'areale in oggetto, si considera il seguente scenario:

MARGINE: settore di transizione tra la zona collinare (Appennino) e la pianura caratterizzato da terreni prevalentemente fini sovrastanti orizzonti grossolani (ghiaie, ghiaie sabbiose); il substrato geologico è generalmente costituito da sabbie marine pleistoceniche o da peliti plio-pleistoceniche (substrato non rigido).

MARGINE di tipo A: caratterizzato da terreni fini o grossolani poco consolidati, di spessore non superiore a 30 m, sovrastanti orizzonti prevalentemente grossolani a comportamento più rigido

(indicativamente con valore di V_s media almeno doppio rispetto a quello dei sedimenti sovrastanti); H è riferito allo spessore di sedimenti fini o grossolani poco consolidati sovrastanti i sedimenti continentali più rigidi.

V_{sH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400
5	2.3	2.1	1.8	1.5		
10	2.3	2.2	2.0	1.8		
15	2.1	2.1	2.0	1.8		
20	2.1	2.1	2.0	1.9		
25	2.0	2.0	2.0	1.9		
30	1.9	1.9	1.9	1.9		

Fattore di Amplificazione PGA

Considerando l'analisi sismica di sito effettuata, emerge uno stacco tra i sedimenti fini con $v_s = 200-250$ m/s e quelli sottostanti grossolani con $v_s = 380$ m/s a circa 6.50 metri dal p.c.

Dalla prova sismica di sito emerge una V_{seq30} pari a 340 m/s con classi topografica di tipo T1 alla luce dell'assenza di pendenze di rilievo, ne tanto meno, di scarpate.

Considerando una V_{sh} nei primi 6.50 metri pari a 242 m/s, si associa alla tabella soprastante del Fattore di Amplificazione PGA, nelle ordinate la classe di V_{sH} dei 250 m/s, mentre nelle ascisse il valore associato alla classe di H (m) dei 5 metri; pertanto ne deriva un valore di F.A. PGA = 1.8.

Il progettista valuterà quale aliquota del Fattore di Amplificazione PGA considerare nella progettazione delle strutture.

Il calcolo della V_{sh} viene definito come segue, come da DGR 476/2021:

$$V_{sH} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s_i}}}$$

La medesima considerazione (approccio) verrà eseguita sui Fattori di Amplificazione SA1, SA2, SA3, SI1, SI2.

La cartografia, sia per le velocità delle onde sismiche, che per i fattori di amplificazione viene considerata superflua, sia per il carattere estremamente locale dell'area, che per l'omogeneità del parametro.

V_{SH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400
5	2,3	2,0	1,7	1,5		
10	2,5	2,3	2,0	1,8		
15	2,4	2,4	2,1	1,9		
20	2,3	2,3	2,1	2,0		
25	2,2	2,2	2,1	2,0		
30	2,0	2,0	2,0	1,9		

Fattore di Amplificazione **SA1** ($0,1s \leq T \leq 0,5s$)

V_{SH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400
5	1,9	1,7	1,7	1,6		
10	2,7	2,2	1,9	1,8		
15	3,3	2,9	2,3	2,0		
20	3,4	3,1	2,6	2,2		
25	3,3	3,2	2,8	2,4		
30	3,1	3,1	2,8	2,5		

Fattore di Amplificazione **SA2** ($0,4s \leq T \leq 0,8s$)

V_{SH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400
5	1,6	1,6	1,6	1,6		
10	2,0	1,8	1,7	1,7		
15	2,9	2,3	2,0	1,9		
20	3,4	2,8	2,3	2,0		
25	3,9	3,4	2,7	2,3		
30	3,8	3,6	3,0	2,5		

Fattore di Amplificazione **SA3** ($0,7s \leq T \leq 1,1s$)

V_{SH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400
5	2,2	1,9	1,7	1,6		
10	2,6	2,4	2,0	1,8		
15	2,6	2,5	2,2	1,9		
20	2,5	2,5	2,3	2,0		
25	2,3	2,3	2,2	2,1		
30	2,1	2,1	2,1	2,0		

Fattore di Amplificazione **SI1** ($0,1s \leq T \leq 0,5s$)

V_{SH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400
5	1,8	1,7	1,6	1,6		
10	2,3	2,0	1,8	1,7		
15	3,2	2,6	2,1	2,0		
20	3,5	3,1	2,5	2,1		
25	3,7	3,4	2,8	2,4		
30	3,6	3,5	3,0	2,6		

Fattore di Amplificazione **SI2** ($0,5s \leq T \leq 1,0s$)

8.4 - ACCELERAZIONE MASSIMA ORIZZONTALE DI PICCO AL SUOLO

Dal sito dell'INGV si ricava la seguente caratterizzazione per il sito in oggetto:

con classe di accelerazione orizzontale massima al suolo: classe 0.100-0.125

Calcolo magnitudo e distanza epicentrale.

Dalla Carta dei Meccanismi Focali della nuova classificazione della Regione Emilia-Romagna si evidenzia la seguente griglia di punti delle accelerazioni massime attese al suolo (a_{refg} con 10% di probabilità di superamento in 50 anni corrispondente al periodo di ritorno di 475 anni).

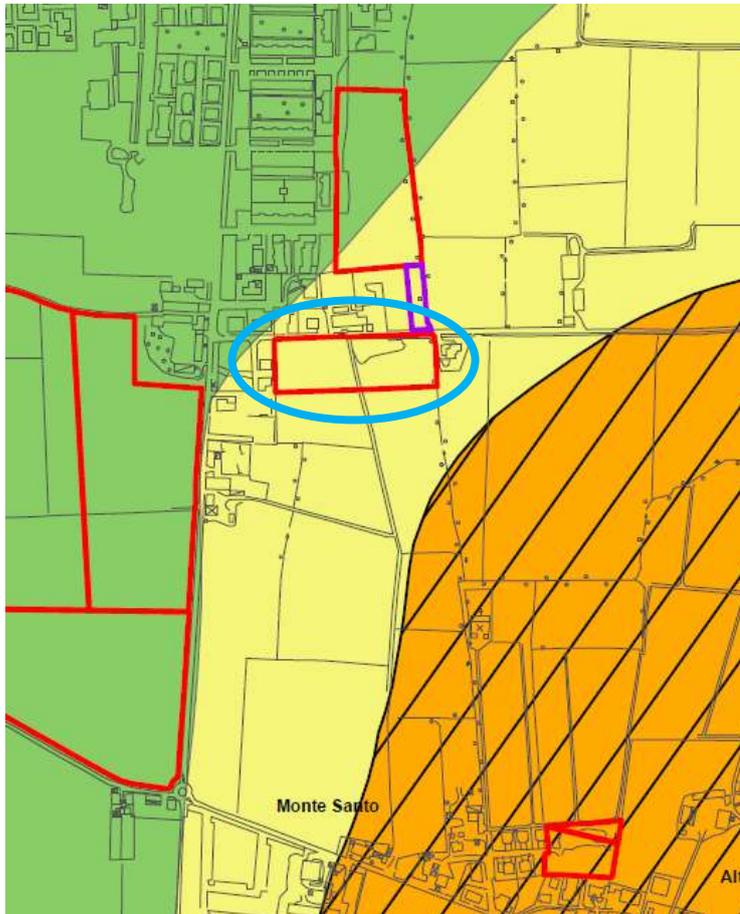
Evidenziando l'areale in oggetto, si hanno un punto della griglia prossimi a Podenzano, con relative valori di $A_{ref}(g)$. I dati sono relativi ai punti di una griglia con passo 0.05 gradi, ed i valori sono stati elaborati da INGV2.

$A_{ref}(g) = 0.0982g$ oppure $0.102g$

Dalla Deliberazione dell'Assemblea Legislativa della R.E.R. del 2 maggio 2007 n.112 inerente i nuovi indirizzi di micro zonazione sismica in Emilia Romagna, vengono definiti per ciascun Comune della Regione i valori di accelerazione massima orizzontale di picco al suolo (All. A della Del. 112/2007) espressa in funzione dell'accelerazione di gravità g (a_{refg}), ed al Comune di Podenzano si ha un valore di $0.101g$.

9.0 - CONCLUSIONI

Dalla Carta della fattibilità geologica, estratta dal PSC Comunale (Tavola QCB09), emerge che questo sito si trova in corrispondenza delle aree di pianura con soggiacenza della falda tra 2.0 e 4.0 metri dal p.c.



Aree a fattibilità geologica con modeste limitazioni



Aree di alta pianura con soggiacenza falda compresa tra 2 e 4 m.

Aree di alta pianura con soggiacenza compresa tra 2 e 4 m dal pc caratterizzate da superfici sub-pianeggianti, coltri limoso argillose di spessore compreso tra 1 e 3 m. Edificabili con normali tecniche costruttive previa accertamenti geotecnici ed idrogeologici, volti a verificare l'intercettazione della falda e la determinazione dettagliata dei cedimenti del terreno. La realizzazione di scantinati e interrati a profondità superiore a 2 m richiede l'adozione di adeguate opere di impermeabilizzazione delle strutture interrato.

Estratto Tavola QCB09 "Carta della fattibilità geologica"

Dal punto di vista geologico e sismico non si hanno elementi ostativi alla realizzazione di un piano di lottizzazione. Il carattere di cui prestare particolare attenzione è il livello della prima falda, che si attesta a profondità prossime il p.c., soprattutto in particolari periodi particolarmente piovosi.

Inoltre, dalle due prove penetrometriche eseguite all'interno dell'areale in oggetto, emerge una successione litostratigrafica con un orizzonte ad arricchimenti ghiaiosi (Orizzonte B) a profondità che vanno dai 10.00 metri nel settore ovest a circa 4.20 metri nella porzione più orientale.

La presente indagine geologica-sismica ha carattere generale per inquadrare l'areale in oggetto. Si raccomanda di effettuare indagini geotecniche di dettaglio sui singoli lotti all'interno della lottizzazione in progetto.

Seguono alcuni accorgimenti generali:

- Esiste la possibilità della presenza di un livello acquifero, anche sotto forma di "sacca acquifera" entro gli arricchimenti sabbiosi a differenti profondità, soprattutto a seguito di eventi meteorici intensi. Pertanto si consiglia di impermeabilizzare tutte le pareti e drenare.
- Impostare le fondazioni almeno oltre lo strato di terreno di coltivo e di riporto che risente delle variazioni stagionali di umidità e temperatura, con possibili inneschi di cedimenti differenziali nelle strutture (Orizzonte O da verificare nel dettaglio sui singoli lotti).
- La litologia argillosa presente ha la caratteristica di poter variare di volume in funzione del contenuto d'acqua naturale stagionale, pertanto sono possibili inneschi di cedimenti ulteriori di "polmonamento" dell'argilla.
- Entro questo settore non si possono escludere circolazioni acquifere sotterranee con carattere effimero stagionale anche a profondità prossime il piano di imposta fondazionale.



Nel dichiararmi a disposizione per eventuali chiarimenti, colgo l'occasione per porgere i più distinti saluti.

*Fiorenzuola d'Arda
01 dicembre 2021
Massimo dott. Mannini geologo*

--

C.FISC: P.IVA:	Via: - Tel: - Fax: Email: Web:
---------------------------------	--

	Data: novembre 2021
	Il committente
	IL Tecnico
	Il Progettista
Indagine geofisica tramite tecnica HVSR	

Cenni sulla teoria della tecnica HVSR

La tecnica HVSR permette in primo luogo di valutare la frequenza di vibrazione naturale di un sito. Successivamente, come ulteriore sviluppo, la stima del parametro normativo V_{seq} attraverso un processo di inversione del problema iniziale. Le ipotesi alla base della tecnica sono: una concentrazione del contenuto in frequenza localizzato maggiormente in quelle basse (tipicamente al di sotto dei 20 Hz); assenza di sorgenti periodiche e/o con contenuto in alte frequenze; le sorgenti di rumore sono uniformemente distribuite intorno alla stazione di registrazione. Se queste sono soddisfatte, la tecnica può essere suddivisa nelle fasi che vengono di seguito illustrate.

Si esegue una registrazione del rumore ambientale lungo tre direzioni ortogonali tra loro (x,y,z) con una singola stazione. Tale registrazione deve essere effettuata, secondo le indicazioni del progetto SESAME, per una durata non inferiore ai 20 minuti.

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

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

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

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

Per ciascuna coppia di cui sopra, esiste lo spettro nella direzione verticale Z, ovvero relativo alla finestra temporale sincrona a quelle della coppia. Ogni componente in frequenza di questo spettro viene usato come denominatore nel rapporto con quello della suddetta coppia. Questo permette quindi di ottenere il ricercato rapporto spettrale H/V per tutti gli intervalli temporali in cui viene suddivisa la registrazione durante l'operazione di windowing.

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

L'ulteriore ipotesi che questo rapporto spettrale possa ritenersi una buona approssimazione dell'ellitticità del modo fondamentale della propagazione delle onde di Rayleigh, permette di confrontare questi due al fine di ottenere una stima del profilo stratigrafico. Tale procedura, detta di inversione, consente di definire il profilo sostanzialmente in termini di spessore e velocità delle onde di taglio. Avendo quindi una stima del profilo della velocità delle onde di taglio, è possibile valutarne il parametro normativo V_{seq} .

Dati generali

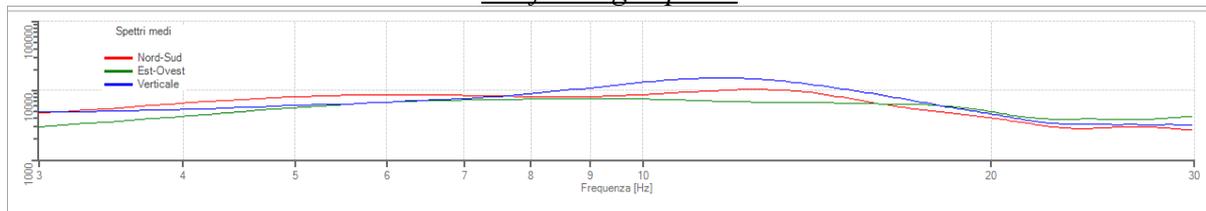
Nome progetto:
Committente:
Cantiere:
Località:
Operatore:
Responsabile:
Data: 23/11/2021 00:00:00
Zona:
Latitudine:
Longitudine:

Tracce in input

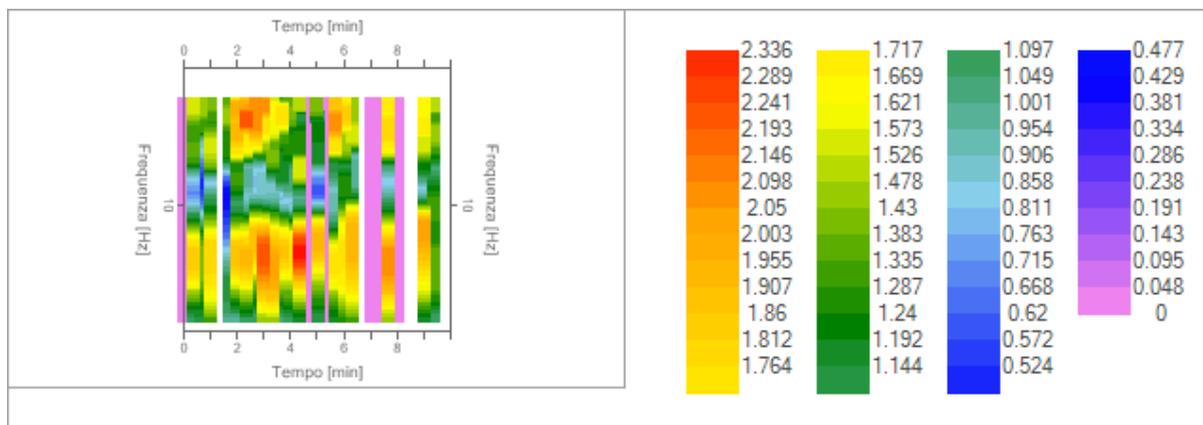
Dati riepilogativi:

Numero tracce: 3
Durata registrazione: 600 s
Frequenza di campionamento: 155.00 Hz
Numero campioni: 93000
Direzioni tracce: Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

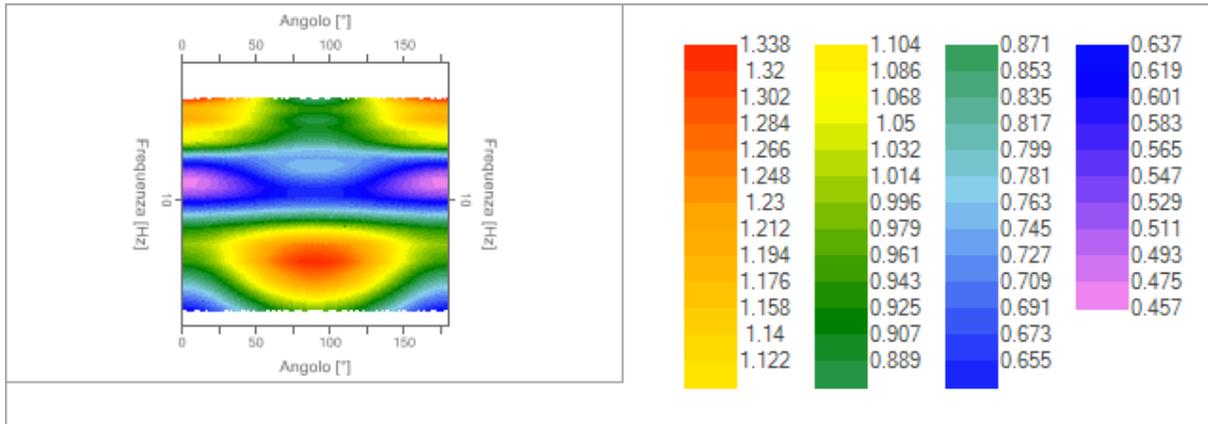
Grafici degli spettri



Spettri medi nelle tre direzioni



Mapa della stazionarietà degli spettri



Mappa della direzionalità degli spettri

Rapporto spettrale H/V

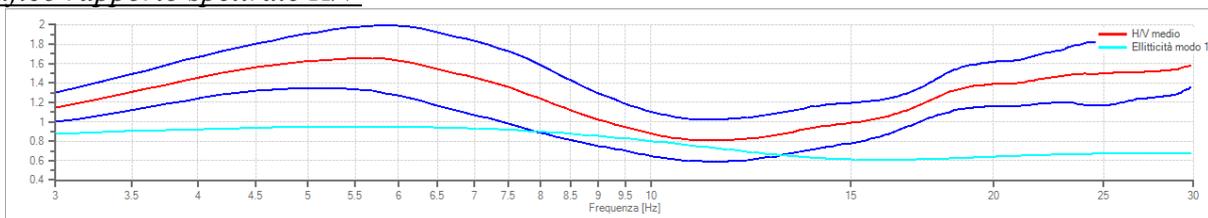
Dati riepilogativi:

Frequenza massima: 30.00 Hz
 Frequenza minima: 3.00 Hz
 Passo frequenze: 0.15 Hz
 Tipo lisciamento: Triangolare costante
 Percentuale di lisciamento: 10.00 %
 Tipo di somma direzionale: Media geometrica

Risultati:

Frequenza del picco del rapporto H/V: 5.55 Hz ±0.20 Hz

Grafico rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

Verifiche SESAME:

Verifica

$$f_0 > 10/l_w$$

$$n_c(f_0) > 200$$

$$\sigma_A(f) < 2 \text{ per } 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \text{ se } f_0 > 0.5H$$

$$\sigma_A(f) < 3 \text{ per } 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \text{ se } f_0 < 0.5H$$

$$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$$

$$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$$

$$A_0 > 2$$

$$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$$

Esito

Ok

Ok

Ok

Ok

Ok

Ok

Ok

$$\sigma_f < \varepsilon(f)$$

$$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$$

Ok

Ok

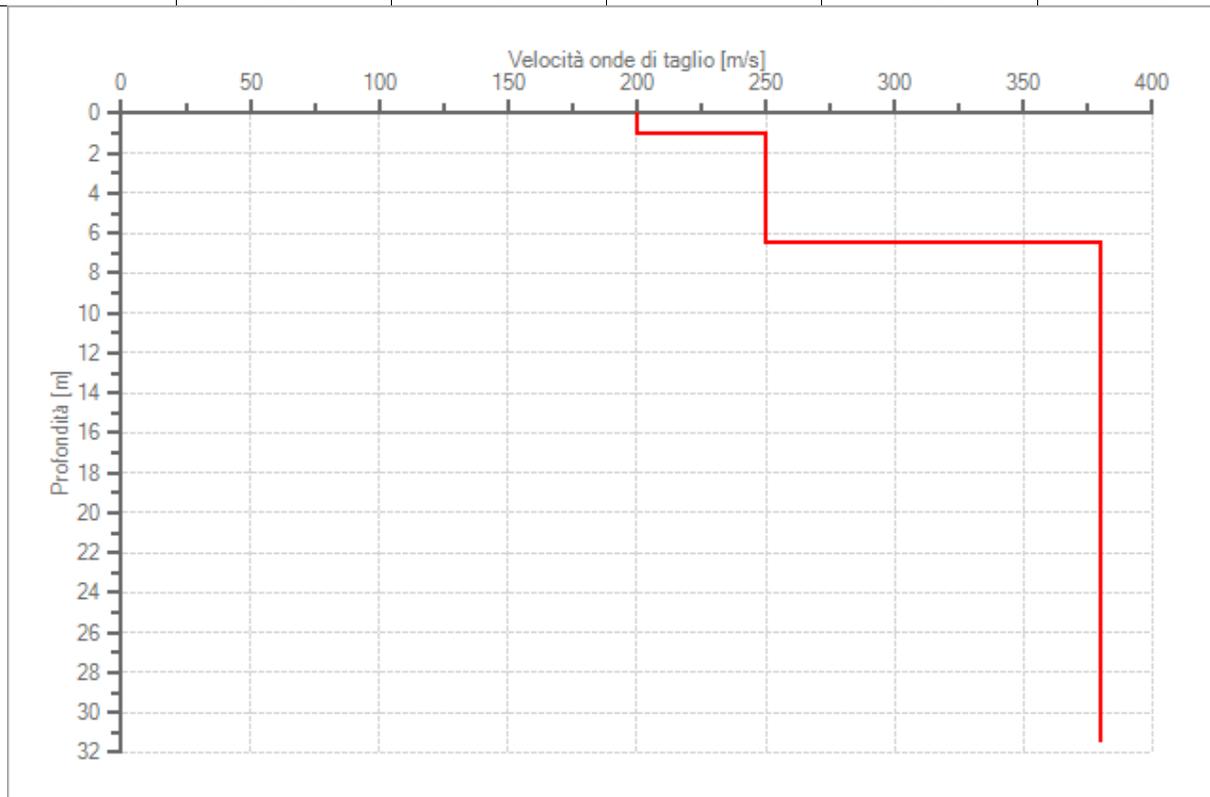
Modello stratigrafico

Dati riepilogativi:

Numero strati: 3
 Frequenza del picco dell'ellitticità: 5.55 Hz
 Valore di disadattamento: 0.27
 Valore Vseq: 337.70 m/s

Dati della stratigrafia:

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso per Unità di Vol. [kN/m ³]	Coeff. di Poisson	Velocità onde di taglio [m/s]
1	0	1	18	0.45	200
2	1	5.5	20	0.4	250
3	6.5	25	21	0.3	380



Profilo delle velocità delle onde di taglio.

PROVA PENETROMETRICA STATICA

Committente: Cantiere: Località:	
--	--

Caratteristiche Strumentali PAGANI 100 kN

Rif. Norme	ASTM D3441-86
Diametro Punta conica meccanica	35,7
Angolo di apertura punta	60
Area punta	10
Superficie manicotto	150
Passo letture (cm)	20
Costante di trasformazione Ct	10

PROVA ... Nr.1

Committente:
 Strumento utilizzato: PAGANI 100 kN
 Prova eseguita in data: 23/11/2021
 Profondità prova: 10,40 mt
 Località:

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	20,00	29,0	20,0	0,6	33,333	3,0
0,40	20,00	29,0 20,0		1,066667	18,75	5,3
0,60	24,00	40,0	24,0	2,0	12,0	8,3
0,80	59,00	89,0	59,0 2,6		22,692	4,4
1,00	56,00	95,0 56,0		1,866667	30,0	3,3
1,20	49,00	77,0	49,0 2,2		22,273	4,5
1,40	37,00	70,0 37,0		2,333333	15,857	6,3
1,60	32,00	67,0 32,0		0,733333	43,636	2,3
1,80	44,00	55,0 44,0		1,333333	33,0	3,0
2,00	53,00	73,0 53,0		2,133333	24,844	4,0
2,20	33,00	65,0 33,0		2,066667	15,968	6,3
2,40	31,00	62,0 31,0		1,666667	18,6	5,4
2,60	45,00	70,0 45,0		2,066667	21,774	4,6
2,80	29,00	60,0 29,0		0,666667	43,5	2,3
3,00	42,00	52,0 42,0		0,866667	48,462	2,1
3,20	27,00	40,0	27,0	1,0	27,0	3,7
3,40	32,00	47,0 32,0		1,466667	21,818	4,6
3,60	21,00	43,0 21,0		1,333333	15,75	6,3
3,80	19,00	39,0 19,0		1,466667	12,955	7,7

4,00	27,00	49,0	27,0		0,866667	31,154	3,2
4,20	75,00	88,0	75,0		0,733333	102,273	1,0
4,40	39,00	50,0		39,0	0,8	48,75	2,1
4,60	27,00	39,0		27,0	1,6	16,875	5,9
4,80	39,00	63,0		39,0	2,8	13,929	7,2
5,00	36,00	78,0		36,0	3,8	9,474	10,6
5,20	32,00	89,0		32,0	2,0	16,0	6,3
5,40	65,00	95,0	65,0		1,866667	34,821	2,9
5,60	44,00	72,0	44,0		1,533333	28,696	3,5
5,80	40,00	63,0	40,0		0,733333	54,545	1,8
6,00	69,00	80,0	69,0		1,933333	35,69	2,8
6,20	79,00	108,0	79,0		1,066667	74,062	1,4
6,40	66,00	82,0	66,0		1,866667	35,357	2,8
6,60	35,00	63,0	35,0		1,133333	30,882	3,2
6,80	48,00	65,0	48,0		1,533333	31,304	3,2
7,00	45,00	68,0		45,0	2,2	20,455	4,9
7,20	34,00	67,0	34,0		0,933333	36,429	2,7
7,40	27,00	41,0	27,0		1,333333	20,25	4,9
7,60	31,00	51,0	31,0		1,333333	23,25	4,3
7,80	23,00	43,0	23,0		1,066667	21,562	4,6
8,00	16,00	32,0	16,0		0,733333	21,818	4,6
8,20	19,00	30,0		19,0	1,0	19,0	5,3
8,40	31,00	46,0	31,0		1,533333	20,217	4,9
8,60	20,00	43,0	20,0		1,133333	17,647	5,7
8,80	16,00	33,0	16,0		0,733333	21,818	4,6
9,00	15,00	26,0	15,0		0,466667	32,143	3,1
9,20	15,00	22,0	15,0		0,533333	28,125	3,6
9,40	10,00	18,0	10,0		0,533333	18,75	5,3
9,60	11,00	19,0	11,0		0,866667	12,692	7,9
9,80	16,00	29,0		16,0	1,8	8,889	11,3
10,00	46,00	73,0	46,0		7,666667	6,0	16,7
10,20	280,00	395,0	280,0		6,666667	42,0	2,4
10,40	300,00	400,0	300,0		0,0		0,0

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm ²)	fs Media (Kg/cm ²)	Gamma Medio (t/m ³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
0,60	21,33333	1,222222	2,0	Coesivo	Copertura argillosa
7,60	41,91429	1,596191	2,1	Incoerente-Coesivo	Argilla limosa e trovanti
10,00	19,83333	1,505556	1,9	Coesivo	Argilla limosa
10,40	290,0	3,333333		2,2 Incoerente	Ghiaia e limo

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI Nr.1

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Lunne & Eide	Sunda Relazione Sperimentale	Lunne T.- Kleven A. 1981	Kjekstad. 1978 - Lunne, Robertson and Powell 1977	Lunne, Robertson and Powell 1977	Terzaghi	
Strato 1	0,60	21,33333	1,222222	1,03	1,40	1,42	1,25	1,12	1,07
Strato 2	7,60	41,91429	1,596191	1,99	2,25	2,74	2,42	2,16	2,10
Strato 3	10,00	19,83333	1,505556	0,90	1,20	1,20	1,06	0,95	0,99

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Mitchell & Gardner (1975)	Metodo generale del modulo edometrico	Buismann	Buismann Sanglerat
Strato 1	0,60	21,33333	1,222222	53,33	42,67	64,00	64,00
Strato 2	7,60	41,91429	1,596191	104,79	83,83	125,74	125,74
Strato 3	10,00	19,83333	1,505556	99,17	42,37	119,00	59,50

Modulo di deformazione non drenato Eu (Kg/cm²)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Cancelli 1980	Ladd 1977 (30)
Strato 1	0,60	21,33333	1,222222	797,75	32,10
Strato 2	7,60	41,91429	1,596191	1541,60	63,00
Strato 3	10,00	19,83333	1,505556	695,07	29,70

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm ²)
Strato 1	0,60	21,33333	1,222222	Imai & Tomauchi	181,64
Strato 2	7,60	41,91429	1,596191	Imai & Tomauchi	274,42
Strato 3	10,00	19,83333	1,505556	Imai & Tomauchi	173,73

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Stress-History
Strato 1	0,60	21,33333	1,222222	8,27
Strato 2	7,60	41,91429	1,596191	1,21
Strato 3	10,00	19,83333	1,505556	<0.5

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	0,60	21,33333	1,222222	Meyerhof	1,98
Strato 2	7,60	41,91429	1,596191	Meyerhof	2,09
Strato 3	10,00	19,83333	1,505556	Meyerhof	1,96

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	0,60	21,33333	1,222222	Meyerhof	2,06
Strato 2	7,60	41,91429	1,596191	Meyerhof	2,17
Strato 3	10,00	19,83333	1,505556	Meyerhof	2,04

TERRENI INCOERENTI I

Densità relativa (%)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Baldi 1978 - Schmertma nn 1976	Schmertma nn	Harman	Lancellotta 1983	Jamiolkows ki 1985
Strato 2	7,60	41,91429	1,596191	44,26	44,76	47,34	44,9	46,85
Strato 4	10,40	290,0	3,333333	91,07	100	99,98	92,11	76,67

Angolo di resistenza al taglio (°)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Durguno uglu- Mitchell 1973	Caquot	Koppeja n	De Beer	Schmert mann	Roberts on & Campan ella 1983	Hermi ni er	Meyerho f 1951
Strato 2	7,60	41,91429	1,596191	33,31	29,4	26,39	24,71	34,27	37,08	24,73	35,82
Strato 4	10,40	290,0	3,333333	40,01	36,15	33,48	31,19	42	44,24	33,63	45

Modulo di Young (Kg/cm²)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Schmertmann	Robertson & Campanella (1983)	ISOPT-1 1988 Ey(50)
Strato 2	7,60	41,91429	1,596191	104,79	83,83	445,50
Strato 4	10,40	290,0	3,333333	725,00	580,00	1160,00

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Robertson & Campanella da Schmertma nn	Lunne- Christoffers en 1983 - Robertson and Powell 1997	Kulhawy- Mayne 1990	Mitchell & Gardner 1975	Buisman - Sanglerat
Strato 2	7,60	41,91429	1,596191	46,04	164,42	329,98	83,83	125,74
Strato 4	10,40	290,0	3,333333	104,43	588,79	2363,20	435,00	435,00

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato 2	7,60	41,91429	1,596191	Imai & Tomauchi	274,42
Strato 4	10,40	290,0	3,333333	Imai & Tomauchi	894,71

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Stress- History	Piacentini Righi 1978	Larsson 1991 S.G.I.	Ladd e Foot 1977
Strato 2	7,60	41,91429	1,596191	1,21	>9	2,86	>9
Strato 4	10,40	290,0	3,333333	4,72	>9	0,81	>9

Modulo di reazione Ko

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Ko
Strato 2	7,60	41,91429	1,596191	Kulhawy & Mayne (1990)	0,40
Strato 4	10,40	290,0	3,333333	Kulhawy & Mayne (1990)	0,96

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	C	Crm
Strato 2	7,60	41,91429	1,596191	0,11045	0,01436
Strato 4	10,40	290,0	3,333333	0,037	0,00481

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 2	7,60	41,91429	1,596191	Meyerhof	1,80
Strato 4	10,40	290,0	3,333333	Meyerhof	1,90

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 2	7,60	41,91429	1,596191	Meyerhof	2,10
Strato 4	10,40	290,0	3,333333	Meyerhof	2,20

Liquefazione - **Accelerazione sismica massima (g)=0,15**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Fattore di sicurezza a liquefazione
Strato 2	7,60	41,91429	1,596191	Robertson & Wride 1997	11,637
Strato 4	10,40	290,0	3,333333	Robertson & Wride 1997	142,692

Permeabilità

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Permeabilità (cm/s)
Strato 1	0,60	21,33333	1,222222	Piacentini-Righi 1988	1,02446E-11
Strato 2	7,60	41,91429	1,596191	Piacentini-Righi 1988	9,85456E-08
Strato 3	10,00	19,83333	1,505556	Piacentini-Righi 1988	1E-11
Strato 4	10,40	290,0	3,333333	Piacentini-Righi 1988	0,001

Coefficiente di consolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Coefficiente di consolidazione (cm ² /s)
Strato 1	0,60	21,33333	1,222222	Piacentini-Righi 1988	6,556545E-07
Strato 2	7,60	41,91429	1,596191	Piacentini-Righi 1988	1,239141E-02
Strato 3	10,00	19,83333	1,505556	Piacentini-Righi 1988	5,949999E-07
Strato 4	10,40	290,0	3,333333	Piacentini-Righi 1988	0

PROVA ... Nr.2

Committente:

Strumento utilizzato: PAGANI 100 kN

Prova eseguita in data: 24/11/2021

Profondità prova: 5,00 mt

Località:

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	13,00	19,0	13,0	0,4	32,5	3,1
0,40	13,00	19,0 13,0		0,733333	17,727	5,6
0,60	20,00	31,0	20,0	1,6	12,5	8,0
0,80	53,00	77,0 53,0		3,933333	13,475	7,4
1,00	60,00	119,0 60,0		1,066667	56,25	1,8
1,20	92,00	108,0 92,0		3,533333	26,038	3,8
1,40	62,00	115,0 62,0		3,066667	20,217	4,9
1,60	74,00	120,0	74,0 3,0		24,667	4,1
1,80	70,00	115,0 70,0		2,733333	25,61	3,9
2,00	72,00	113,0	72,0	3,0	24,0	4,2
2,20	79,00	124,0	79,0 3,6		21,944	4,6
2,40	85,00	139,0	85,0 3,6		23,611	4,2
2,60	85,00	139,0	85,0	4,0	21,25	4,7
2,80	88,00	148,0	88,0 3,4		25,882	3,9
3,00	79,00	130,0	79,0 3,2		24,688	4,1
3,20	91,00	139,0	91,0 3,8		23,947	4,2
3,40	77,00	134,0 77,0		3,533333	21,792	4,6
3,60	99,00	152,0 99,0		3,133333	31,596	3,2
3,80	89,00	136,0	89,0 5,8		15,345	6,5
4,00	93,00	180,0 93,0		5,733333	16,221	6,2
4,20	100,00	186,0 100,0		3,133333	31,915	3,1
4,40	149,00	196,0	149,0 3,0		49,667	2,0
4,60	157,00	202,0 157,0		3,333333	47,1	2,1
4,80	160,00	210,0 160,0		3,333333	48,0	2,1
5,00	160,00	210,0	160,0	0,0		0,0

Prof. Strato	qc	fs	Gamma	Comp.	Descrizione
--------------	----	----	-------	-------	-------------

(m)	Media (Kg/cm ²)	Media (Kg/cm ²)	Medio (t/m ³)	Geotecnico	
0,60	15,33333	0,911111	2,0	Coesivo	Copertura argillosa
4,20	80,44444	3,514815	2,2	Incoerente- Coesivo	Argilla sabbiosa
5,00	156,5	2,416667	2,0	Incoerente	Ghiaia e sabbia

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI Nr.2

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Lunne & Eide	Sunda Relazione Sperimentale	Lunne T.- Kleven A. 1981	Kjekstad. 1978 - Lunne, Robertson and Powell 1977	Lunne, Robertson and Powell 1977	Terzaghi	
Strato 1	0,60	15,33333	0,911111	0,74	1,07	1,02	0,90	0,80	0,77
Strato 2	4,20	80,44444	3,514815	3,86	3,32	5,33	4,70	4,21	4,02

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Mitchell & Gardner (1975)	Metodo generale del modulo edometrico	Buisman	Buisman Sanglerat	
Strato 1	0,60	15,33333	0,911111	76,67	48,32	92,00	46,00
Strato 2	4,20	80,44444	3,514815	201,11	160,89	241,33	120,67

Modulo di deformazione non drenato Eu (Kg/cm²)

Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Cancelli 1980	Ladd 1977 (30)	
Strato 1	0,60	15,33333	0,911111	572,75	23,10
Strato 2	4,20	80,44444	3,514815	2997,32	120,60

Modulo di deformazione a taglio

Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm ²)	
Strato 1	0,60	15,33333	0,911111	Imai & Tomauchi	148,45
Strato 2	4,20	80,44444	3,514815	Imai & Tomauchi	408,71

Grado di sovraconsolidazione

Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Stress-History	
Strato 1	0,60	15,33333	0,911111	5,94
Strato 2	4,20	80,44444	3,514815	3,63

Peso unità di volume

Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)	
Strato 1	0,60	15,33333	0,911111	Meyerhof	1,93
Strato 2	4,20	80,44444	3,514815	Meyerhof	2,21

Peso unità di volume saturo

Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)	
Strato 1	0,60	15,33333	0,911111	Meyerhof	2,01
Strato 2	4,20	80,44444	3,514815	Meyerhof	2,29

TERRENI INCOERENT I

Densità relativa (%)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Baldi 1978 - Schmertma nn 1976	Schmertma nn	Harman	Lancellotta 1983	Jamiolkows ki 1985
Strato 2	4,20	80,44444	3,514815	69,11	80,58	80,44	69,97	80,01
Strato 3	5,00	156,5	2,416667	78,74	87,36	87,59	79,67	80,35

Angolo di resistenza al taglio (°)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Durguno uglu- Mitchell 1973	Caquot	Koppeja n	De Beer	Schmert mann	Roberts on & Campan ella 1983	Hermi ni er	Meyerho f 1951
Strato 2	4,20	80,44444	3,514815	38,44	34,84	32,11	29,93	39,28	42,97	31,14	45
Strato 3	5,00	156,5	2,416667	38,69	34,9	32,17	29,99	40,23	43,03	31,29	45

Modulo di Young (Kg/cm²)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Schmertmann	Robertson & Campanella (1983)	ISOPT-1 1988 Ey(50)
Strato 2	4,20	80,44444	3,514815	201,11	160,89	509,25
Strato 3	5,00	156,5	2,416667	391,25	313,00	863,38

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Robertson & Campanella da Schmertma nn	Lunne- Christoffers en 1983 - Robertson and Powell 1997	Kulhawy- Mayne 1990	Mitchell & Gardner 1975	Buisman - Sanglerat
Strato 2	4,20	80,44444	3,514815	72,11	315,56	651,16	136,76	120,67
Strato 3	5,00	156,5	2,416667	85,32	326,95	1274,69	234,75	234,75

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato 2	4,20	80,44444	3,514815	Imai & Tomauchi	408,71
Strato 3	5,00	156,5	2,416667	Imai & Tomauchi	613,77

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Stress- History	Piacentini Righi 1978	Larsson 1991 S.G.I.	Ladd e Foot 1977
Strato 2	4,20	80,44444	3,514815	3,63	>9	0,97	>9
Strato 3	5,00	156,5	2,416667	3,67	>9	0,96	>9

Modulo di reazione Ko

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Ko
Strato 2	4,20	80,44444	3,514815	Kulhawy & Mayne (1990)	0,81
Strato 3	5,00	156,5	2,416667	Kulhawy & Mayne (1990)	0,81

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	C	Crm
Strato 2	4,20	80,44444	3,514815	0,09668	0,01257
Strato 3	5,00	156,5	2,416667	0,09659	0,01256

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 2	4,20	80,44444	3,514815	Meyerhof	1,80
Strato 3	5,00	156,5	2,416667	Meyerhof	1,90

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 2	4,20	80,44444	3,514815	Meyerhof	2,10
Strato 3	5,00	156,5	2,416667	Meyerhof	2,20

Liquefazione - **Accelerazione sismica massima (g)=0,15**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Fattore di sicurezza a liquefazione
Strato 2	4,20	80,44444	3,514815	Robertson & Wride 1997	62,494
Strato 3	5,00	156,5	2,416667	Robertson & Wride 1997	52,476

Permeabilità

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Permeabilità (cm/s)
Strato 1	0,60	15,33333	0,911111	Piacentini-Righi 1988	1E-11
Strato 2	4,20	80,44444	3,514815	Piacentini-Righi 1988	3,520982E-10
Strato 3	5,00	156,5	2,416667	Piacentini-Righi 1988	2,175207E-03

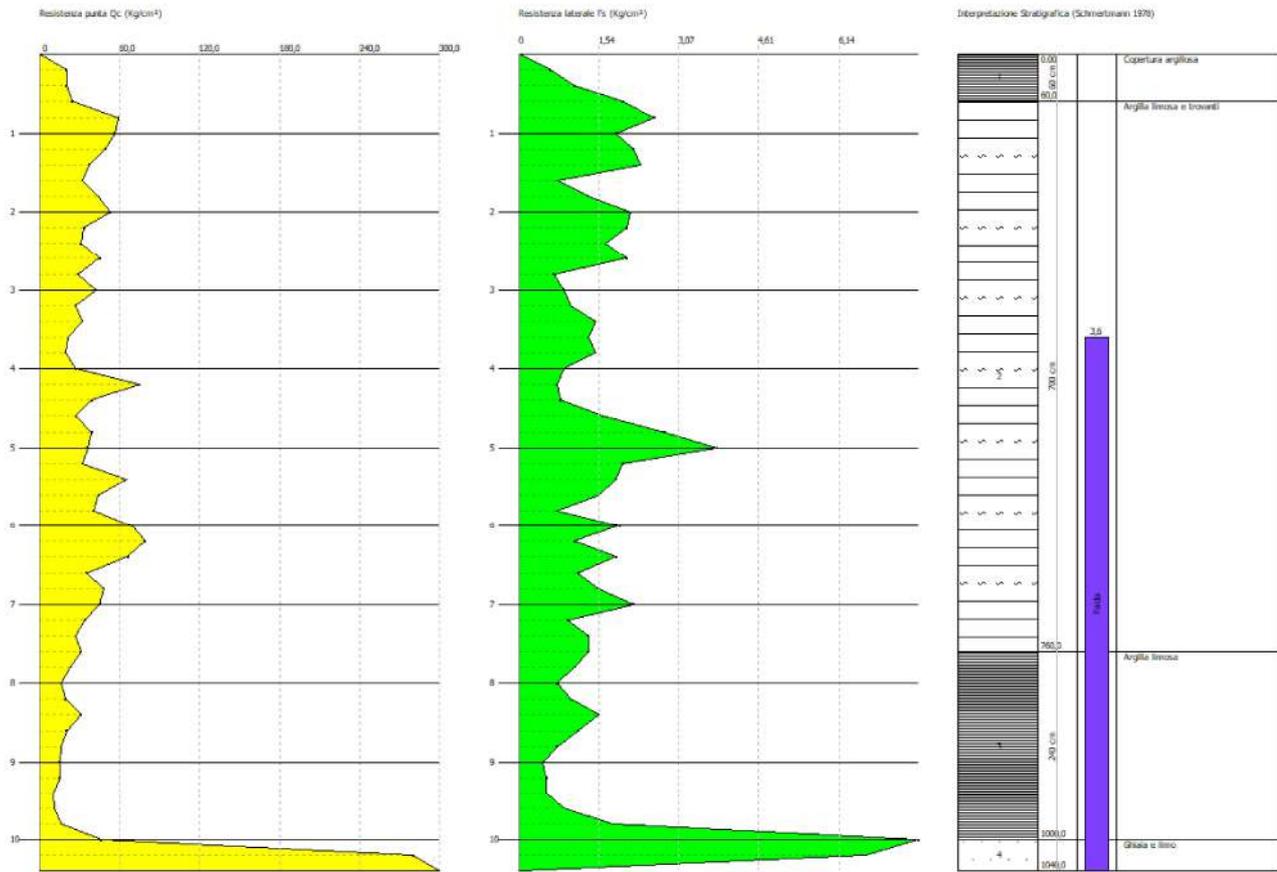
Coefficiente di consolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Coefficiente di consolidazione (cm ² /s)
Strato 1	0,60	15,33333	0,911111	Piacentini-Righi 1988	4,599999E-07
Strato 2	4,20	80,44444	3,514815	Piacentini-Righi 1988	8,497303E-05
Strato 3	5,00	156,5	2,416667	Piacentini-Righi 1988	0

Probe CPT - Cone Penetration Nr.1
 Strumento utilizzato PAGANI 100 kN

Committente:
 Cantiere:
 Località:

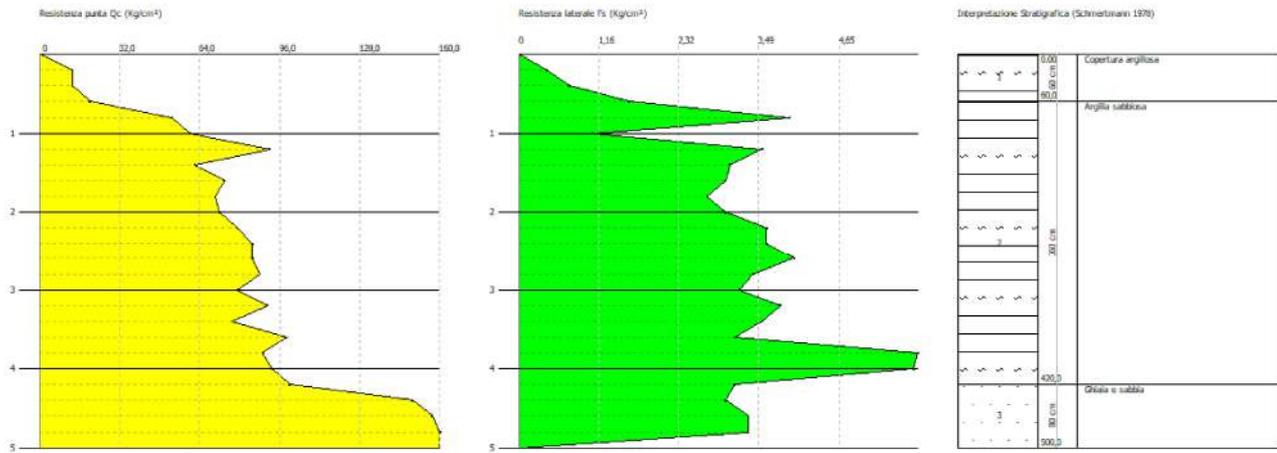
Data: 23/11/2021



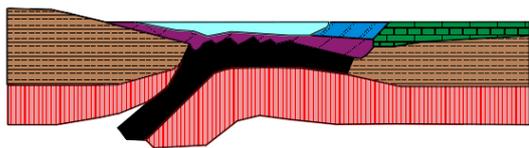
Probe CPT - Cone Penetration Nr.2
 Strumento utilizzato PAGANI 100 kN

Committente:
 Cantiere:
 Località:

Data: 24/11/2021



AMBITO ANS_R_PD 11a – 11b (parte) 12 (parte)
Immobiliare ALTOE' S.r.l.



MASSIMO dr. MANNINI
GEOLOGIA

Indagini Geofisiche - Geotecniche

Via Caduti di Cefalonia, 9 29017 Fiorenzuola d'Arda (Pc)
Tel. 3452353055
e-mail: info@manninimassimo.it

**Relazione Geologica-Sismica
Caratterizzazione sito per sviluppo
Piano di Lottizzazione
(Piano Urbanistico Attuativo Ambiti 11a, 11b e 12)**

in Località "Podenzano (Pc)"

INDICE

1.0 - PREMESSA	2
2.0 - INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO	2
3.0 - GEOLOGIA E MORFOLOGIA	2
4.0 - IDRO (GEO) LOGIA	5
5.0 - INDAGINI SVOLTE	7
6.0 - CARATTERISTICHE DEI TERRENI ATTRAVERSATI	9
6.1 - MODELLO GEOLOGICO-TECNICO DI RIFERIMENTO	11
7.0 - PORTANZA DEI TERRENI DI FONDAZIONE	13
7.1 - STATO LIMITE ULTIMO - SLV	15
8.0 - COMPATIBILITA' SISMICA	17
8.1 - SCENARI DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	19
8.2 - PRIMA FASE - INDIVIDUAZIONE DELLE AREE SOGGETTE AD EFFETTI LOCALI	22
8.3 - SECONDA FASE - ANALISI DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE E MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO	25
8.4 - ACCELERAZIONE MASSIMA ORIZZONTALE DI PICCO AL SUOLO	29
9.0 - CONCLUSIONI	30

ALLEGATI:

Schede Penetrometriche
Relazione Sismica interpretativa

1.0 - PREMESSA

Il presente Studio Geologico nasce dalla necessità di caratterizzazione dal punto di vista geologico e simico un terreno entro cui è in progetto uno sviluppo di un Piano di Lottizzazione "Piano Urbanistico Attuativo - Ambiti 11a-11b-12 del PSC Comunale", in località Podenzano; in accordo con la legislazione attualmente vigente, già oggetto di uno studio geologico d'inquadramento.

PRINCIPALE NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- *D.M. 11-03-1988*
- *D.M. 16-01-1996*
- *O.P.C.M. 3274/2003*
- *D.M. 14-09-2005*
- *Euro Codice 7*
- *Euro Codice 8*
- *N.T.C. '18 e succ.*

2.0 - INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO

Il terreno interessato dalla presente indagine si trova nel settore centro meridionale del territorio di Podenzano, interposta tra Via Cervi a nord, Via di Vittorio ad ovest e Via Edmondo de Amicis a sud, vedi cartografia allegata.

Catastalmente l'areale risulta associato al Foglio n.40, Mappale n.630 del Comune di Podenzano.

3.0 - GEOLOGIA E MORFOLOGIA

Segue la caratterizzazione geolitologica emersa dalla Carta Geologica a scala 1:10.000 redatta dalla Regione Emilia Romagna.

L'unità geologica caratterizzante l'area in oggetto, corrisponde alle "coperture quaternarie" appartenenti all'Unità di Niviano tipico di ambiente di pianura, "AES7a": ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati: depositi di conoide ghiaiosa e depositi intravallivi terrazzati. Limi e limi sabbiosi con intercalazioni di ghiaie e sabbie: depositi di interconoide. Il profilo di alterazione dell'unità è molto evoluto e raggiunge i 4-5 m di profondità. L'unità presenta una copertura fine, composita e discontinua, di spessore fino a 2 m, costituita da limi e limi argillosi giallastri; il profilo di alterazione è

molto evoluto. Lo spessore massimo dell'unità è di poche decine di metri. *Pleistocene sup.*

Questo assetto geologico viene confermato dalla Carta Geologica – QCB01 estratta dal PSC Comunale.



Inquadramento territoriale – C.T.R. Sezione 180054.



Inquadramento catastale.

Dalla Tavola QCB02 "Carta Geolitologica" estratta dal PSC Comunale, l'areale è associato a terreni ghiaiosi, sabbiosi, limosi ed argillosi con orizzonte superficiale di origine limoso argilloso prevalente con spessore plurimetrico.

Morfologicamente l'area in studio si trova ad un'altezza s.l.m. variabile tra i 131.0 metri nel settore sud, a circa 126.0 metri nella porzione nord in fregio a Via Cervi, entro il sistema di pianura che è confinato ad ovest dal corso d'acqua del F.Trebbia ed est dal T.Nure. Le pendenze medie di questo settore sono impercettibili con lieve divergenza verso nord, nord-est regimando il deflusso delle acque superficiali.

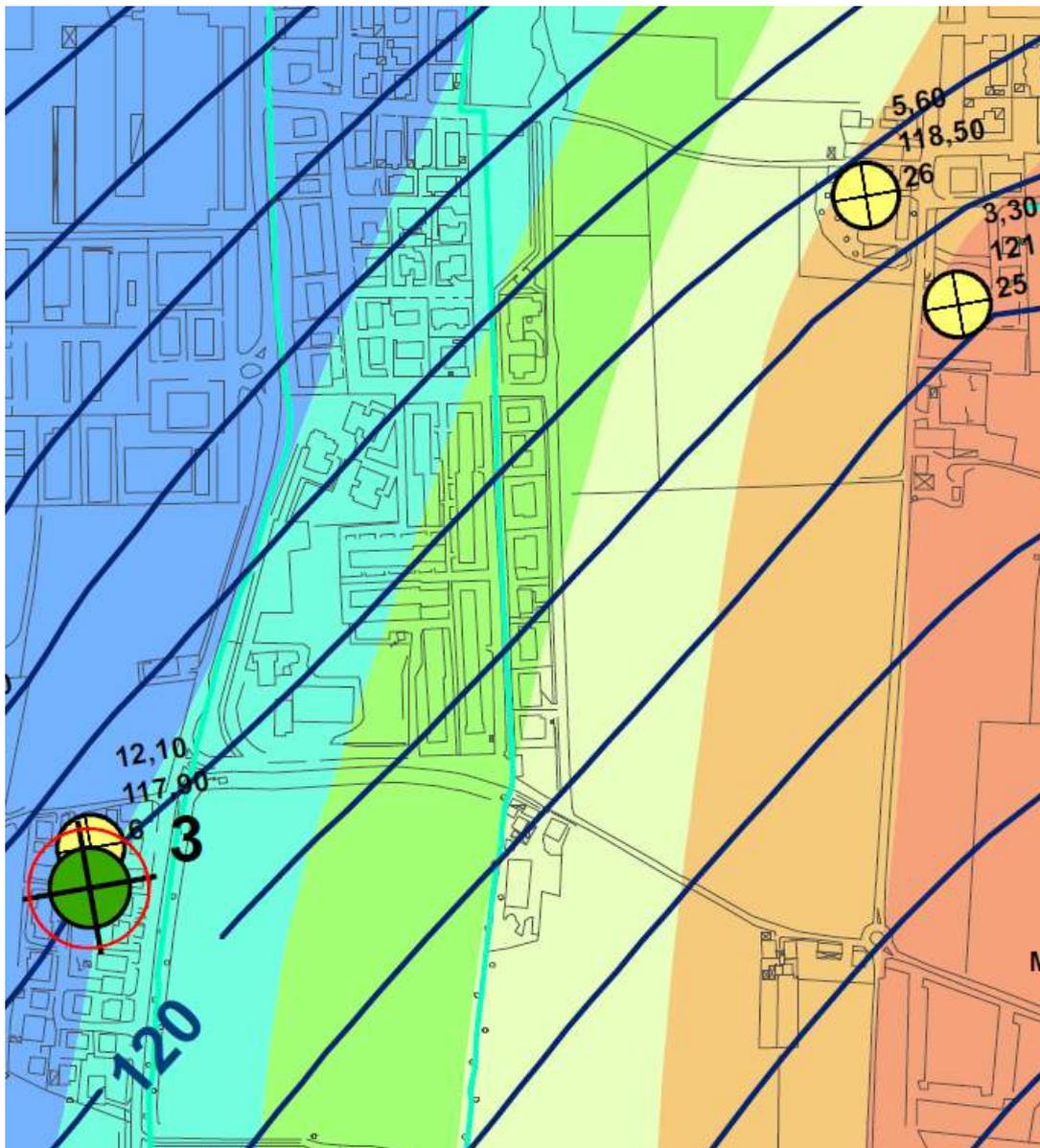
4.0 – IDRO (GEO) LOGIA

L'idrografia superficiale (regime idrologico), è regimata dalla pur modesta pendenza del terreno e le principali acque sono raccolte principalmente dal F.Trebbia ad ovest e dal T.Nure ad est, oltre ai diversi corsi d'acqua secondari, ad essi pressoché paralleli. Localmente, anche canalizzazioni artificiali, che talora ripercorrono vecchi alvei di corsi d'acqua naturali, benché abbiano subito poi nel tempo diversi interventi d'arginatura, correzioni del tracciato e riconfigurazioni degli alvei per opera dell'uomo, assumono un ruolo importante nel deflusso superficiale dell'acqua.

Il regime delle acque sotterranee (regime idrogeologico) è regolato dalla presenza di un sistema multi-falde impostate entro gli orizzonti permeabili ghiaiosi, che si rinvergono con differenti potenze ed a profondità variabili dal piano di campagna.

Variazioni del livello delle falde superficiali possono essere indotte anche dal regime pluviometrico incidente direttamente sul terreno, che porta ad un'escursione media annua che può oscillare di qualche metro sino a quote prossime il p.c.

Dalla Carta di inquadramento Idrogeologico estratta dal PSC Comunale Tavola QCB04 "Carta Idrogeologica", l'area è caratterizzata dalla isofreatica corrispondente dai 124.0 metri a sud, sino a quella dei 116.0 metri slm a nord. Pertanto, considerando la quota assoluta del terreno che varia da 126.0 a 131.0 metri slm, ne deriva una profondità della prima falda tra i 2.0-4.0 metri circa a sud, sino a oltre i 10.0 metri a nord.



—60— Isopiezometriche con quota espressa in m.s.l.m. (rilievo: marzo 82)

➡ Direzione di deflusso delle acque sotterranee

— — Spartiacque sotterraneo

— — Asse di drenaggio

Soggiacenza della falda (in m dal p.c.)

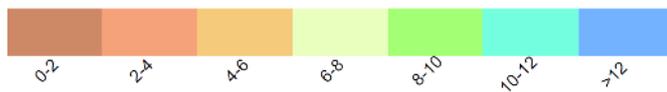


Tavola QCB04 "Carta Idrogeologica" – PSC Comunale.

La classe di soggiacenza della prima falda, sempre dalla Tavola Idrogeologica estratta dal PSC, è tra i 6.0 ed i 10.0 metri nella porzione più a nord (in fregio a Via Cervi), sino alla classe tra 4.0 e 8.0 metri nella porzione più meridionale.

Dalle prove penetrometriche eseguite in sito, emerge un livello freatico (esecuzione prove penetrometriche: novembre 2021), tra i 6.0 e gli 8.0 metri dal p.c.

5.0 - INDAGINI SVOLTE

Al fine d'ottenere una caratterizzazione geologica-geotecnica dei terreni che interessano questo settore, sono state eseguite tre prove penetrometriche statiche in sito, a confermare le numerose indicazioni litogeotecniche emerse da differenti prove penetrometriche eseguite in lotti limitrofi: fonte dati Banca dati indagini geognostiche Regione Emilia-Romagna e indagini eseguite dallo scrivente.

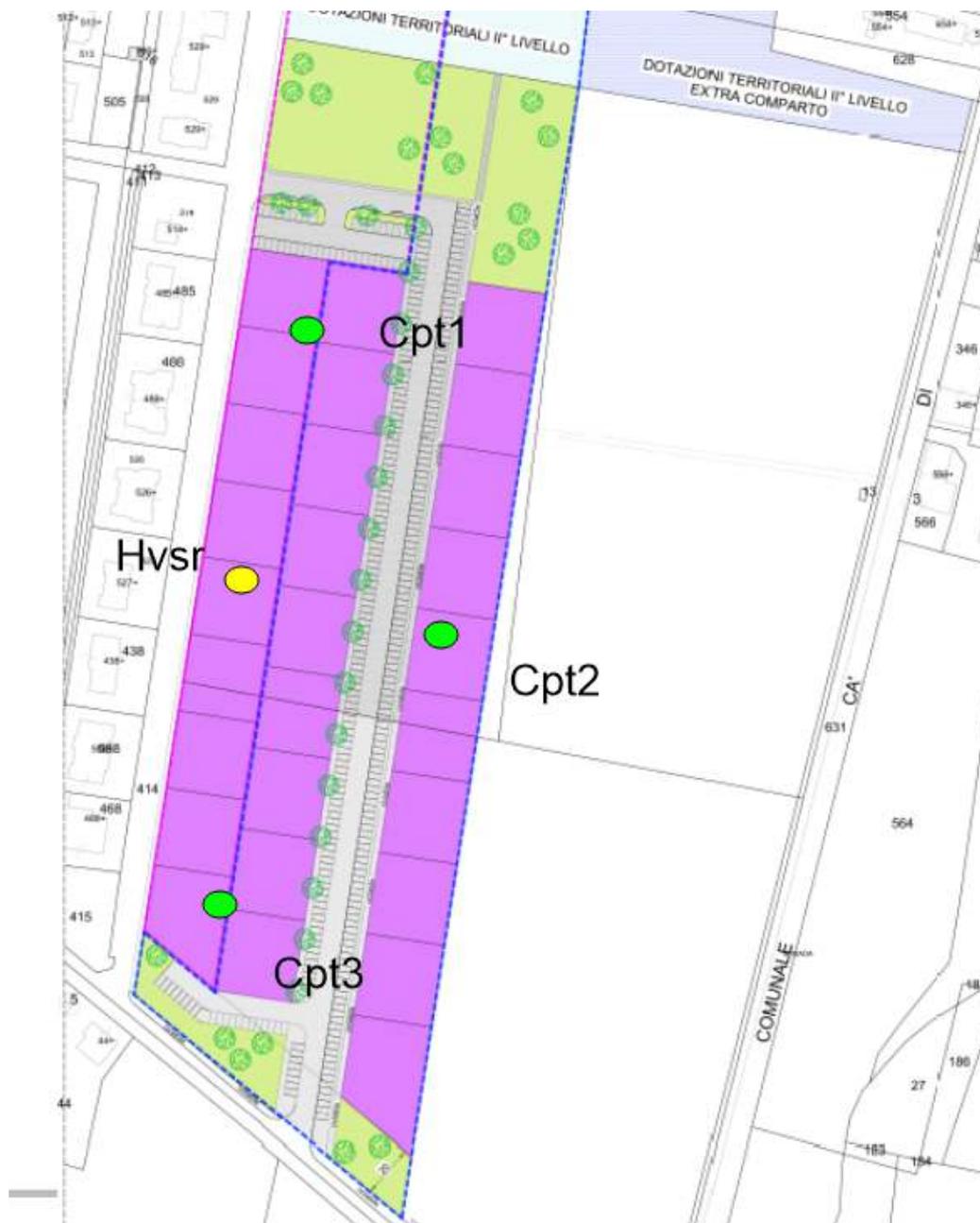
Inoltre si hanno le stratigrafie di pozzi idrici presenti in questo settore del territorio di Podenzano, spinti a profondità ben oltre i 30.0 metri dal p.c.

Dal punto di vista sismico è stata eseguita una indagine sismica con tecnica passiva per la delineazione, sia dei parametri sismici di sito, che della Vs30 con relativa classificazione litosismica di sito.

La strumentazione utilizzata, consiste in un Penetrometro Dinamico Super Pesante di tipo Meardi - AGI (DPHS), avente le caratteristiche tecniche fornite nella scheda tecnica allegata.

Tali prove si eseguono infiggendo nel terreno un'asta munita di punta conica, per mezzo dell'energia fornita da una massa in caduta libera da 75 cm d'altezza; il numero di colpi necessario per ogni successiva infissione di 30 cm di profondità delle aste è poi rappresentato su di un grafico penetrometrico, che viene da seguito allegato per la prova eseguita.

Segue una relazione sismica interpretativa, con la descrizione, sia della tecnica utilizzata che dei relativi risultati ottenuti in sito.

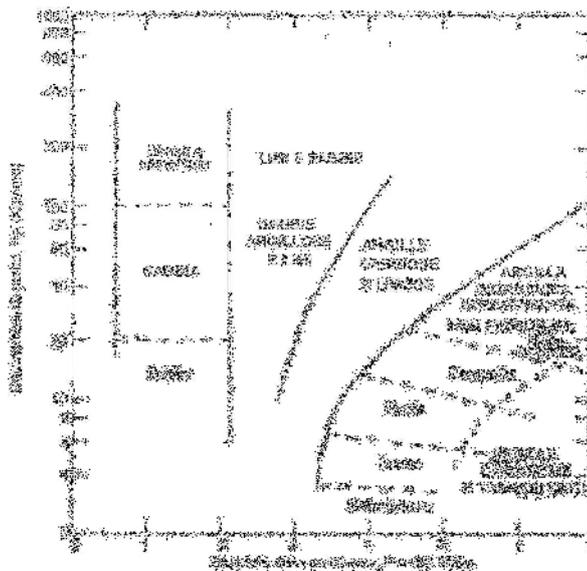


Planimetria sondaggi geognostici eseguiti in sito.
Cpt e Scpt: prove penetrometriche; Hvsr: indagine sismica passiva.

6.0 - CARATTERISTICHE DEI TERRENI ATTRAVERSATI

Dall'analisi dei risultati ed attraverso il rapporto R_p/R_I dal penetrometro è stato possibile risalire con una certa approssimazione alla natura litologica dei terreni attraversati, utilizzando come discriminante il metodo suggerito da Schmertmann (1978); quest'ultimo considera come indicativo della litologia il rapporto fra la resistenza alla punta R_p ed il rapporto F_r (figura seguente).

Tuttavia, si rammenta che, sebbene l'indagine penetrometrica tipo SCPT fornisca dati geotecnici attendibili, le informazioni sulla natura litologica e granulometrica dei terreni derivano sostanzialmente da correlazioni del tipo empirico. Nell'interpretazione dei risultati, le prove penetrometriche sono state assimilate a prove rapide in condizioni di drenaggio impedito (condizioni non drenate) e, nella definizione del comportamento geotecnico, è stata adottata una distinzione fondamentale fra terreni incoerenti (resistenza al taglio caratterizzata dal solo angolo di attrito) e terreni fini (resistenza al taglio caratterizzata soprattutto dall'esistenza di legami coesivi).



Per quanto concerne la definizione dei parametri geotecnici, utilizzando le più note e diffuse correlazioni basate sui dati SCPT, si è proceduto al calcolo di:

- coesione non drenata (C_u) e modulo edometrico (E_d) per i terreni coesivi.
- angolo di attrito interno (ϕ), densità relativa (D_r) e modulo di deformazione (E) per i terreni incoerenti.

I metodi utilizzati per il calcolo dei parametri geotecnici sono di seguito illustrati.

COESIONE NON DRENATA - C_u .

E' stato utilizzato il metodo empirico proposto da Lunne e Eide:

$$C_u \text{ (Kg/cmq)} = (R_p - \sigma_v)/K$$

con K = costante compresa fra 12 e 19 (in funzione della plasticità IP): $20.7 - 0.18 \times IP$.

Altri autori impongono come valore di K l'aliquota di 21-23 [Ricceri et al.].

MODULO EDOMETRICO - E_d

Viene calcolato attraverso la correlazione empirica R_p - C_u definita dalla seguenti relazioni, valide come stima di primo riferimento per i terreni coesivi in genere (dai limi plastici alle argille):

$$E_d \text{ (Kg/cmq)} = e^{(3.12 + 1.08c_u)}$$

$$E_d \text{ (Kg/cmq)} = c_u * 75$$

$$E_d \text{ (Kg/cmq)} = q_c * 2.5 \text{ [Ricceri et al.] - Schmertmann}$$

PESO DI VOLUME NATURALE - γ_n .

Per i terreni coesivi, può essere utilizzata la seguente formula di confronto:

$$\gamma_n \text{ (t/mc)} = 2 + 0,515 * \text{Log} (C_u)$$

Terzaghi-Peck, Bowles peso di volume in funzione della R_p della prova penetrometrica; oppure le correlazioni di Terzaghi.

ANGOLO DI RESISTENZA AL TAGLIO - ϕ

Per stimare questo parametro sono stati utilizzati differenti metodi in cui l'angolo di attrito è calcolato in funzione della resistenza alla punta e della tensione verticale efficace, successivamente confrontati fra loro; in particolare:

Metodo di CAQUOT: $\phi = 9.8 + 4.96 * \ln(q_c / \sigma'_v)$

Metodo di KOPPEJAN: $\phi = 5.8 + 5.21 * \ln(q_c / \sigma'_v)$

Metodo di DE BEER: $\phi = 5.9 + 4.76 * \ln(q_c / \sigma'_v)$

DENSITÀ RELATIVA - D_R

Definisce il grado di addensamento dei terreni attraversati; sono stati utilizzati i seguenti metodi:

HARMAN: questa correlazione è valida per tutti i tipi di sabbia e prevede di valutare la densità relativa in funzione della resistenza alla punta e della tensione verticale efficace.

$$D_r = 34.36 \cdot \ln(q_c / 12.3 \cdot \sigma'_v)^{0.7}$$

in cui:

σ'_v : tensione verticale efficace

q_c : resistenza alla punta (correlata)

Lancellotta (1983): $D_r = 1.292 + 0.268 \times \ln(q_c / \sigma_v)^{0.5}$

MODULO DI DEFORMAZIONE - E

Definisce il valore del modulo di Young elastico utilizzando la seguente correlazione empirica di Schmertmann:

$$E \text{ (Kg/cm}^2\text{)} = 2,5 * R_p$$

Una ulteriore formula di calcolo che viene utilizzata per il calcolo del modulo edometrico (assimilando un confinamento laterale impedito anche per terreni granulari, con alta densità relativa e q_c):

$$E_d \text{ (Kg/cm}^2\text{)} = 0.03 \times q_c + 11.7 \times \sigma + 0.79 \times D_r$$

6.1 - MODELLO GEOLOGICO-TECNICO DI RIFERIMENTO

Dalle prove penetrometriche eseguite all'interno dell'areale in oggetto emerge una successione litostratigrafica costituita da una copertura di terreno di copertura con certo grado di pedogenizzazione (comportante essiccazioni del reticolo cristallino associati a incrementi delle resistenze meccaniche caratteristiche, tuttavia con carattere stagionale) con uno spessore massimale di circa 1.20-1.50 metri dall'attuale p.c. (**Orizzonte O**), seguito da una litologia argillosa limosa (**Orizzonte A**) con differenti gradi di addensamento/consolidazione e livelli sabbiosi con spessore decimetrico fino a profondità da circa 5.00-6.00 metri dal p.c. nel settore nord (Cpt1), sino a circa 10.00 metri nella porzione centro-meridionale (Cpt2-3). In profondità si ha un arricchimento ghiaioso in matrice limosa sabbiosa (**Orizzonte B**), fino alle massime profondità, oltre le quali difficoltà di infissione delle aste penetrometriche per rifiuto geotecnico, non hanno permesso il proseguimento delle prove.

Pertanto, da quanto emerge dalle prove geognostiche eseguite in sito, emerge una litologia argillosa limosa, con possibile arricchimenti sabbiosi decimetrici, sino a profondità di circa 5.0-6.0 metri nel settore nord, mentre spostandosi a sud, si hanno incrementi di tale spessore sino a 10.0 metri. In profondità si ha ghiaia con matrice limosa sino alle massime profondità indagate.

Per la caratterizzazione geotecnica del terreno segue uno schema riassuntivo dei principali parametri geotecnici per le litologie rinvenute.

Orizzonte O: argilla limosa pedogenizzata***

Profondità: dal p.c. a circa 1.20-1.50 metri
(Coesione) $C_u = 1.80$ [Kg/cm²]
(Peso di Volume) $\gamma = 2.00$ [Ton/m³]
(Modulo Edometrico) $E_u = 145$ [Kg/cm²]

Orizzonte A1: argilla limosa

Profondità: da 1.20-1.50 a circa 3.50 metri
(Coesione) $C_u = 1.45$ [Kg/cm²]
(Peso di Volume) $\gamma = 1.95$ [Ton/m³]
(Modulo Edometrico) $E_u = 115$ [Kg/cm²]

Orizzonte A2: argilla limosa

Profondità: da 3.50 a circa 5.00-6.00 metri
(Coesione) $C_u = 0.85$ [Kg/cm²]
(Peso di Volume) $\gamma = 1.95$ [Ton/m³]
(Modulo Edometrico) $E_u = 60$ [Kg/cm²]

Orizzonte A3: argilla limosa

Profondità: da 5.00-6.00 a circa 10.00 metri (settore centro-sud)

(Coesione) $C_u = 1.45$ [Kg/cm²]
(Peso di Volume) $\gamma = 2.00$ [Ton/m³]
(Modulo Edometrico) $E_u = 115$ [Kg/cm²]

Orizzonte B: ghiaia e sabbia limosa

Profondità: da 5.00-6.00 alle massime profondità nel settore nord

Profondità: da 10.00 alle massime profondità nel settore centro-sud

(Peso di Volume) $\gamma = 2.10$ [Ton/m³]
(Modulo Elastico) $E = 445$ [Kg/cm²]
(Angolo d'attrito interno di picco) $\phi = 34^\circ$
(Densità relativa) $D_r = 80\%$

*** i parametri geotecnici possono subire variazioni, anche significative con carattere stagionale.

Dalle prove penetrometriche eseguite in sito, emerge un livello freatico (esecuzione prove penetrometriche: novembre 2021), tra i 6.0 e gli 8.0 metri dal p.c. Tuttavia, si ricorda la possibilità di avere oscillazioni del livello freatico naturale fino a profondità prossime la litologia limosa ed anche sino al p.c.

7.0 - PORTANZA DEI TERRENI DI FONDAZIONE

Per la determinazione dei carichi ammissibili dei terreni in rapporto al tipologia di struttura fondazionale e dei sovraccarichi strutturali, è stata seguita la metodologia progettuale, alla luce delle normative attualmente vigenti in materia (NTC '08 - D.M. 14.01.2008 e successivo D.M. 2018).

Le NTC '18 hanno introdotto un sisma di progetto non per ogni comune come da NTC05, ma per ogni punto del territorio, (punti di ancoraggio nodali di un reticolo di 4 Km di lato). 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. I caratteri del moto sismico su sito di riferimento rigido orizzontale a campo aperto sono descritti dalla distribuzione sul territorio nazionale delle seguenti grandezze, sulla base delle quali sono compiutamente definite le forme spettrali per la generica Pvr probabilità di superamento nel periodo di riferimento T_r :

a_g = accelerazione massima al sito di riferimento;

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.

La determinazione delle azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, che 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.

I caratteri del moto sismico su sito di riferimento rigido orizzontale, sono descritti dalla distribuzione sul territorio nazionale delle grandezze fondamentali, sulla base delle quali sono compiutamente definite le forme spettrali per la generica Pvr probabilità di

superamento nel periodo di riferimento in riferimento ai vari stati limite.

Seguono le caratteristiche del sito in esame in funzione delle coordinate geografiche di riferimento baricentriche, ed i relativi parametri sismici, ipotizzati sulla struttura e del sito in oggetto: categoria litologica e topografica. E' stata ipotizzata una classe litosismica di tipo B alla luce delle $V_{s30} = 390$ m/s emersa dall'indagine sismica passiva eseguita in sito, e classe topografica di tipo T1 per le modeste pendenze che caratterizzano questo settore di pianura. Si rimane a disposizione di qualunque variazione che il tecnico progettista ritenesse utile. La V_{s30} emersa dalla caratterizzazione di microzonazione del PSC per questo indica valori di circa 400-450 m/s in linea con quella emersa dall'indagine in sito.

Parametri sismici

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T1
Periodo di riferimento:	50anni
Coefficiente c_u :	1
Operatività (SLO):	
Probabilità di superamento:	81 %
Tr:	30 [anni]
ag:	0,035 g
Fo:	2,530
Tc*:	0,210 [s]
Danno (SLD):	
Probabilità di superamento:	63 %
Tr:	50 [anni]
ag:	0,043 g
Fo:	2,536
Tc*:	0,235 [s]
Salvaguardia della vita (SLV):	
Probabilità di superamento:	10 %
Tr:	475 [anni]
ag:	0,101 g
Fo:	2,529
Tc*:	0,290 [s]
Prevenzione dal collasso (SLC):	
Probabilità di superamento:	5 %
Tr:	975 [anni]
ag:	0,130 g
Fo:	2,503
Tc*:	0,297 [s]

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

SLO:	
Ss:	1,200
Cc:	1,500
St:	1,000
Kh:	0,008

	Kv:	0,004
	Amax:	0,412
	Beta:	0,200
SLD:		
	Ss:	1,200
	Cc:	1,470
	St:	1,000
	Kh:	0,010
	Kv:	0,005
	Amax:	0,507
	Beta:	0,200
SLV:		
	Ss:	1,200
	Cc:	1,410
	St:	1,000
	Kh:	0,029
	Kv:	0,015
	Amax:	1,190
	Beta:	0,240
SLC:		
	Ss:	1,200
	Cc:	1,400
	St:	1,000
	Kh:	0,038
	Kv:	0,019
	Amax:	1,534
	Beta:	0,240

7.1 - STATO LIMITE ULTIMO - SLV

Per il calcolo dello stato limite ultimo (SLU), viene preso in considerazione lo Stato limite di Salvaguardia della Vita (SLV) con i relativi parametri sismici caratteristici.

Un ulteriore step di calcolo intermedio, è la determinazione dei parametri geotecnici caratteristici e di progetto del volume di terreno significativo al di sotto del piano fondazionale, funzione della tipologia di fondazione stessa e della successione litostratigrafica con eventuali presenze di disomogeneità, sia verticali, che areali, a partire dai valori nominali dei parametri geotecnica di riferimento del terreno in sito.

Considerando la profondità significativa, ai fini delle definizione della superficie di rottura al di sotto della fondazione di progetto, sono stati ricavati i relativi parametri geotecnici caratteristici e di progetto entro il terreno per la soluzione fondazionale, in aggiunta alla profondità di incasso della fondazione dal p.c. (in accordo con la profondità cuneo di rottura pari a $1-2xB$ fondazione a seconda di fondazioni e del bulbo di pressione per la determinazione dei cedimenti assoluti), in riferimento alla coesione non drenata ed angolo di attrito derivato

dalle prove penetrometriche statiche realizzate, considerando il breve termine, per il volume di terreno significativo per la fondazione di progetto. Inoltre, nell'elaborazione statistica dei dati geotecnici, ai fini della definizione del volume significativo, una fondazione continua è assimilata ad una piccola superficie e risente maggiormente delle variazioni dei valori geotecnici stessi, assimilando il valore di progetto al valore minimo della serie, mentre per grandi superfici (fondazioni a platea), si può avere compensazione dei valori geotecnici, pertanto il valore caratteristico della serie, si avvicina maggiormente al valore medio della serie stessa.

Di seguito vengono calcolati i relativi valori geotecnici caratteristici, a cui occorre applicare i relativi parametri correttivi secondo i differenti possibili approcci di progetto, per ricavare i parametri di progetto.

I parametri geotecnici sono differenti in caso di compensazione o meno entro il volume significativo, associato a fondazione superficiale continua (valore tendente al valore minimo nella serie di riferimento) od a platea (valore tendente al valore medio della serie di riferimento, maggiore del primo).

Orizzonte O: argilla limosa pedogenizzata***

Profondità: dal p.c. a circa 1.20-1.50 metri

(Coesione) $C_{uk} = 1.25-1.50$ [Kg/cm²]

(Peso di Volume) $\gamma = 2.00$ [Ton/m³]

(Modulo Edometrico) $E_{uk} = 95-115$ [Kg/cm²]

Orizzonte A1: argilla limosa

Profondità: da 1.20-1.50 a circa 3.50 metri

(Coesione) $C_{uk} = 1.05-1.35$ [Kg/cm²]

(Peso di Volume) $\gamma = 1.95$ [Ton/m³]

(Modulo Edometrico) $E_u = 84-100$ [Kg/cm²]

Orizzonte A2: argilla limosa

Profondità: da 3.50 a circa 5.00-6.00 metri

(Coesione) $C_{uk} = 0.70-0.78$ [Kg/cm²]

(Peso di Volume) $\gamma = 1.95$ [Ton/m³]

(Modulo Edometrico) $E_{uk} = 50-56$ [Kg/cm²]

Orizzonte A3: argilla limosa

Profondità: da 5.00-6.00 a circa 10.00 metri (settore centro-sud)

(Coesione) $C_{uk} = 1.20-1.35$ [Kg/cm²]

(Peso di Volume) $\gamma = 2.00$ [Ton/m³]

(Modulo Edometrico) $E_{uk} = 90-110$ [Kg/cm²]

Orizzonte B: ghiaia e sabbia limosa

Profondità: da 5.00-6.00 alle massime profondità nel settore nord

Profondità: da 10.00 alle massime profondità nel settore centro-sud
(Peso di Volume) $\gamma = 2.10$ [Ton/m³]
(Modulo Elastico) $E_k = 360-405$ [Kg/cm²]
(Angolo d'attrito interno di picco) $\phi_k = 31^\circ-33^\circ$
(Densità relativa) $D_r = 80\%$

8.0 - COMPATIBILITA' SISMICA

Per la verifica della compatibilità sismica dell'area all'intervento in progetto è stata condotta una campagna di rilievi sismici in sito per la determinazione delle Vs30 e dei principali parametri elastici del terreno fondazionale, la cui relazione interpretativa segue in allegato.

CARATTERI LITOLOGICI AREA D'INTERVENTO

In questo settore di Podenzano sono presenti pozzi idrici, delineando le seguenti successioni litostratigrafiche:

Pozzo P628 a sud

0.0-2.61: argilla
2.61-36.31: ghiaia, sabbia e argilla
36.31-51.61: ghiaia e argilla
51.61-71.41: argilla e ghiaia
71.41-73.61: argilla
73.61-82.61: conglomerato
82.61-83.61: argilla
83.61-92.11: ghiaia e sabbia
92.11-95.11: argilla

Pozzo P632 a nord-ovest

0.0-12.0: argilla
12.0-23.0: ghiaia
23.0-32.5: argilla
32.5-37.0: ghiaia
37.0-39.5: argilla
39.5-60.0: ghiaia
60.0-65.0: argilla

Pozzo P626 ad est

0.0-11.0: argilla
11.0-24.0: argilla e ghiaia
24.0-26.0: argilla e sabbia
26.0-42.0: argilla e ghiaia
42.0-46.0: ghiaia

Pozzo P633 ad ovest

0.0-2.0: argilla
2.0-35.0: ghiaia
35.0-39.5: argilla
39.5-62.0: ghiaia e argilla

A tale situazione stratigrafica corrisponde la categoria di suolo di fondazione di tipo B, l'indagine sismica eseguita dallo scrivente ha delineato una $V_{s30} = 390$ m/s in accordo con quanto espresso.

REQUISITI PER LA SCELTA DEL PIANO DI POSA FONDAZIONALE

Il sito di fondazione deve essere scelto in modo che, in caso d'evento sismico, sia minimo il pericolo di collasso, instabilità, liquefazione, nonché d'eccessivo addensamento terreno.

L'area in oggetto non si trova in corrispondenza di faglie tettoniche attive (condizioni tettoniche), le condizioni morfologiche in sito sono considerate nei confronti dei differenti parametri di amplificazione morfologica (St) che possono amplificare i pericoli derivanti da un eventuale evento sismico "per condizioni morfologiche".

Per terreni sub-pianeggianti o con pendii con angoli fino a 15° , si ha un parametro di correzione topografica St pari a 1.00 (T1), ne risulta, pertanto modificata l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito.

$$a_{max} = S_s * St * a_g$$

Il moto sismico in superficie nel sito, è definito dall' a_{max} attesa e da una forma spettrale ancorata ad essa.

Dalle indagini geognostiche eseguite sul sito e dalla campagna di rilievi sismici effettuati in sito, a confermare indagini eseguite in aree limitrofe e stratigrafie emerse da pozzi idrici, l'area è inquadrata con un terreno appartenente alla categoria sismica di tipo "B", a tale categoria viene associato un parametro litologico $S_s = 1.20$.

$$\text{Ne deriva che l'accelerazione massima al sito} = 1.20 * 1.00 * a_g$$

dove a_g = accelerazione massima orizzontale su sito di riferimento (suolo rigido con terreno di tipo A, pianeggiante T1 e free field cioè campo aperto privo di strutture).

La correzione eseguita per la determinazione dell' a_{max} sul sito permette di considerare le condizioni litologiche e morfologiche che

possono alterare l'arrivo dell'onda sismica in sito, sempre in riferimento allo stato limite di riferimento.

LIQUEFAZIONE DEI TERRENI

Dalle successioni litologiche emerse, sia dalle prove penetrometriche, che dai pozzi idrici presenti in questo settore, entro i primi 15.0 metri non si hanno sabbie sature, ne tanto meno fuso granulometrico che induce potenziali effetti di liquefazione.

8.1 – SCENARI DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE

Le condizioni che si hanno in sito possono portare a modificazioni dell'azione sismica di riferimento, che è definita dall'accelerazione massima attesa in sito (a_{max}) e dalle relative forme spettrali di riferimento, che definiscono i parametri F_0 , T_c^* , A_{gmax} .

Scenari di pericolosità sismica locale possono essere dati da faglie, instabilità gravitative, liquefazione sabbie sature, amplificazioni sismiche, addensamento terreni a grana grossa, subsidenza terreni molli a grana fina.

Nel sito di riferimento non si hanno condizioni topografiche e/o strutturali tettoniche, solamente dal punto di vista litologico si possono avere effetti che portano ad una amplificazione dell'azione sismica.

Dalle coordinate geografiche di riferimento e dalla caratterizzazione litosismica e topografica del sito si ricavano i relativi spettri elastici di risposta sismica del sito cui il progettista applicherà il coefficiente di struttura in funzione della dilatanza della struttura stessa ricavando i relativi spettri di risposta inelastici sito-struttura.

Lo spettro elastico fornisce le forze sismiche necessarie per garantire un comportamento elastico, mentre lo spettro di progetto fornisce le forze sismiche di progetto ridotte corrispondenti ad un livello di plasticizzazione compatibile con la sopravvivenza della struttura.

In accordo con la Delibera Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna n.112 del 02-05-2007, e dal successivo D.G.R. n.2193/2015 e DGR 476 e 564/2021, sono stati illustrati i Criteri per la individuazione delle aree soggette ad effetti locali e per la Microzonazione sismica del territorio.

Scopo del presente atto di indirizzo e coordinamento è quello di fornire i criteri per l'individuazione delle aree soggette ad effetti locali e la microzonazione sismica del territorio in modo da orientare le

scelte della pianificazione verso aree caratterizzate da minore pericolosità sismica.

Gli studi della pericolosità sismica di base e della pericolosità locale hanno come obiettivo:

- l'individuazione delle aree dove in occasione di terremoti possono verificarsi effetti locali;
- la stima quantitativa della risposta sismica locale dei depositi e delle morfologie presenti nell'area di indagine;
- la suddivisione del territorio in sottozone a diversa pericolosità sismica locale (micro zonazione sismica).

Dalla Tavola QCB08 "Carta delle aree suscettibili di effetti sismici locali" estratta dal PSC si evince che il settore in oggetto è caratterizzato da depositi prevalentemente ghiaiosi o limosi misti che necessitano di un livello di approfondimento di tipo II, in base alla Del.RER n.112, con effetti attesi per amplificazione litologica.

La microzonazione sismica è la suddivisione dettagliata del territorio in base al comportamento dei terreni durante un evento sismico e ai possibili effetti indotti dallo scuotimento (risposta sismica locale)

Gli studi di risposta sismica locale e microzonazione sismica vanno condotti a diversi livelli di approfondimento in funzione delle finalità e delle applicazioni nonché degli scenari di pericolosità locale.

Per la microzonazione sismica si identificano due fasi di analisi con diversi livelli di approfondimento.

La prima fase è diretta a definire gli scenari di pericolosità sismica locale, cioè ad identificare le parti di territorio suscettibili di effetti locali (amplificazione del moto sismico, instabilità dei versanti, fenomeni di liquefazione, rotture del terreno).

L'individuazione delle aree soggette ad effetti locali si basa su rilievi, osservazioni e valutazioni di tipo geologico e geomorfologico, svolti a scala territoriale, associati a raccolte di informazioni sugli effetti indotti dai terremoti passati. Tale analisi viene svolta soprattutto mediante elaborazione dei dati disponibili in sede di elaborazione del PTCP e del PSC e concorre alla definizione delle scelte di piano, fornendo prime indicazioni sui limiti e le condizioni per la pianificazione nelle suddette aree.

La seconda fase ha come obiettivo la microzonazione sismica del territorio indagato.

Sulla base degli scenari individuati dalle analisi svolte nel corso della prima fase, nella seconda fase si attuano due diversi livelli di approfondimento:

a) nelle aree pianeggianti e sub-pianeggianti, incluse le zone di fondovalle appenniniche, con stratificazione orizzontale e sub-orizzontale, e sui versanti stabili, compresi quelli con coperture di spessore circa costante e acclività $\leq 15^\circ$, vale a dire in tutte le zone non interessate da instabilità nelle quali il modello stratigrafico può essere assimilato ad un modello fisico monodimensionale, si ritiene sufficiente **un'analisi semplificata** (secondo livello di approfondimento), cioè l'analisi della pericolosità locale può essere basata, oltre che sull'acquisizione di dati geologici e geomorfologici più dettagliati di quelli rilevati nel primo livello, su prove geofisiche e prove geotecniche in sito di tipo standard e l'amplificazione del moto sismico può essere stimata attraverso abachi e formule. Il numero delle verticali indagate deve essere tale da consentire un'adeguata caratterizzazione litostratigrafica e geofisica spaziale dei terreni e delle formazioni presenti nell'area di studio;

b) un'**analisi più approfondita** (terzo livello di approfondimento) è invece richiesta per la definizione di indici di rischio nei seguenti casi (vedere Allegato A1):

- aree soggette a liquefazione e densificazione;
- aree instabili e potenzialmente instabili;
- aree con rapida variazione della profondità del substrato rigido, come ad esempio le valli strette e profondamente incise, il cui modello stratigrafico non può essere assimilato ad un modello fisico monodimensionale; in questo caso sono raccomandate analisi bidimensionali.

La prima fase, o primo livello di approfondimento (individuazione delle aree potenzialmente soggette ad effetti locali), viene attuata già nell'ambito della pianificazione a scala di area vasta (es. provinciale), relativamente all'intero territorio, ed è recepita e integrata, ad una scala di maggior dettaglio, nella pianificazione urbanistica comunale, limitatamente alle zone da indagare di cui al par. 2.1 del DGR 2193/2015.

La seconda fase (analisi della risposta sismica locale e microzonazione sismica del territorio) è richiesta per la predisposizione e approvazione degli strumenti di pianificazione urbanistica comunale e deve interessare le aree già urbanizzate e quelle indicate come suscettibili di urbanizzazione, i corridoi infrastrutturali e gli agglomerati posti in territorio rurale che possano considerarsi significativi, per dimensione e/o interesse insediativo, in rapporto alla

realtà territoriale locale, ricadenti nelle aree potenzialmente soggette ad effetti locali individuate nella prima fase.

8.2 - PRIMA FASE - INDIVIDUAZIONE DELLE AREE SOGGETTE AD EFFETTI LOCALI

Primo livello di approfondimento

Il primo livello di approfondimento ha le seguenti finalità:

- individuare le aree suscettibili di effetti locali in cui effettuare le successive indagini di microzonazione sismica;
- definire il tipo di effetti attesi;
- indicare, per ogni area, il livello di approfondimento necessario;
- descrivere le caratteristiche delle unità geologiche del sottosuolo, in termini di litologia, stratigrafia, tettonica e geometria per definire il modello geologico di base per la microzonazione sismica.

Per lo studio in oggetto sono stati predisposte le seguenti cartografie:

- 1) Carta delle indagini;
- 2) Carta geologico-tecnica
- 3) Carta delle frequenze naturali dei terreni, derivata da indagini svedite di sismica passiva (HVSR sulle vibrazioni ambientali)
- 4) Carta delle aree suscettibili di effetti locali.

Per l'areale in oggetto si ipotizzano zone suscettibili di amplificazioni locali, nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico per effetto dell'assetto litostratigrafico, in cui si ritiene sufficiente un approfondimento di secondo livello (analisi semplificata con seconda fase). L'areale in oggetto è caratterizzato da depositi alluvionali.

Per la caratterizzazione del sito sono state eseguite tre prove penetrometriche all'interno dell'area, ed una indagine sismica passiva con tecnica tromografica (HVSR), per la delineazione, sia delle V_{s30eq} di sito, che della frequenza fondamentale del sottosuolo.

La litologia emersa dalle indagini geognostiche eseguite in sito, associa a tale settore (molto limitato con carattere estremamente locale), una omogeneità litologica definita dal modello geologico di sito: "coperture quaternarie" appartenenti all'Unità di Niviano, tipico di ambiente di pianura "AES7a". Dalle prove penetrometriche emerge una successione lito-stratigrafica costituita da una copertura di terreno di copertura con certo grado di pedogenizzazione (comportante essiccazioni del reticolo cristallino associati a incrementi delle resistenze meccaniche caratteristiche, tuttavia con carattere

stagionale) con uno spessore massimale di circa 1.20-1.50 metri dall'attuale p.c. (**Orizzonte O**), seguito da una litologia argillosa limosa (**Orizzonte A**) con differenti gradi di addensamento/consolidazione e livelli sabbiosi con spessore decimetrico fino a profondità da circa 5.00-6.00 metri dal p.c. nel settore nord (Cpt1), sino a circa 10.00 metri nella porzione centro-meridionale (Cpt2-3). In profondità si ha un arricchimento ghiaioso in matrice limosa sabbiosa (**Orizzonte B**), fino alle massime profondità, oltre le quali difficoltà di infissione delle aste penetrometriche per rifiuto geotecnico, non hanno permesso il proseguimento delle prove.

Non si hanno elementi geomorfologici caratteristici, ne tantomeno, con differenze all'interno dell'area di studio, che presenta un andamento sub pianeggiante, con assenza di rilievi, scarpate, ecc.

L'areale in oggetto presenta una potenziale amplificazione del moto sismico, indotta esclusivamente dalla condizione litologica di sito – amplificazione sismica o effetto sismico di sito per effetti litologici, come confermato dall'attuale cartografia sismica del PSC approvato.

Anche dalla Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna (edizione 2017), si evince che il settore in oggetto non è interessato da lineamenti tettonici critici. Solamente nel settore nord si ha una linea di sovra scorrimento sepolta.

Dalla carta geologica si ha un asse di anticlinale sepolto.

Morfologicamente l'area in studio si trova ad un'altezza s.l.m. variabile tra i 131.0 metri nel settore sud, a circa 126.0 metri nella porzione nord in fregio a Via Cervi, entro il sistema di pianura che è confinato ad ovest dal corso d'acqua del F.Trebbia ed est dal T.Nure. Le pendenze medie di questo settore sono impercettibili con lieve divergenza verso nord, nord-est regimando il deflusso delle acque superficiali.



Carta Geologica – fonte dati Banca dati RER, progetto Carg.

Dall'analisi sismica passiva eseguita in sito, emerge il valore della V_{seq} (30) pari a 390 m/s, e viene definita la frequenza fondamentale del terreno pari a 18,60 Hz, caratteristica per l'areale in oggetto, pertanto con omogeneità areale. La cartografia viene considerata superflua, sia per il carattere estremamente locale dell'area, che per l'omogeneità del parametro.

Anche la carta degli effetti sismici locali per l'areale (carattere estremamente locale) risulta associata alla amplificazione litologica omogenea per tutto il settore in oggetto. La cartografia viene considerata superflua, sia per il carattere estremamente locale dell'area, che per l'omogeneità del parametro.

8.3 - SECONDA FASE - ANALISI DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE E MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

La seconda fase ha come obiettivo la valutazione della risposta sismica locale e la micro zonazione sismica del territorio indagato.

Secondo livello di approfondimento – analisi semplificata

Per la definizione dell'amplificazione ove è ritenuta sufficiente l'analisi semplificata si utilizzeranno gli abachi, le formule e le procedure indicate nell'Allegato A2.

Per tale fase di approfondimento sono state elaborate:

- 1) Carta delle velocità delle onde di taglio S (V_s).
- 2) Carte dei fattori di amplificazione.

La stima dell'amplificazione tramite procedure semplificate (utilizzo di abachi e formule) è possibile laddove l'assetto geologico è assimilabile ad un modello fisico monodimensionale.

L'amplificazione sarà quantificata in termini di parametri FAPGA, FA0,1-0,5s, FA0,5-1s, FA0,5-1,5s che esprimono l'amplificazione per motivi stratigrafici, eventualmente incrementati con il fattore di amplificazione per cause topografiche ST. Tali coefficienti di amplificazione vengono stimati impiegando le tabelle e le formule dell'Allegato A2 (punti A2.1 e A2.2)

I FA rappresentano il rapporto fra lo scuotimento sismico, espresso con i parametri sotto indicati, valutato per la condizione geo-litologica specifica e il corrispondente scuotimento relativo alla categoria di sottosuolo A. Quest'ultimo è definito nella tabella 3.2.II delle Norme Tecniche per le Costruzioni, NTC (2008), come segue:

Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.

I FA sono relativi a due parametri rappresentativi dello scuotimento sismico.

Il primo è l'accelerazione di picco orizzontale (**PGA**), il secondo è l'intensità spettrale:

E' stato considerato uno smorzamento $\xi = 5\%$ e tre intervalli di periodo proprio T_0 ottenendo tre valori di intensità spettrale:

SI1 : $0.1s \leq T_0 \leq 0.5s$

SI2 : $0.5s \leq T_0 \leq 1.0s$

SI3 : $0.5s \leq T_0 \leq 1.5s$

Come si evince dalla seguente figura:

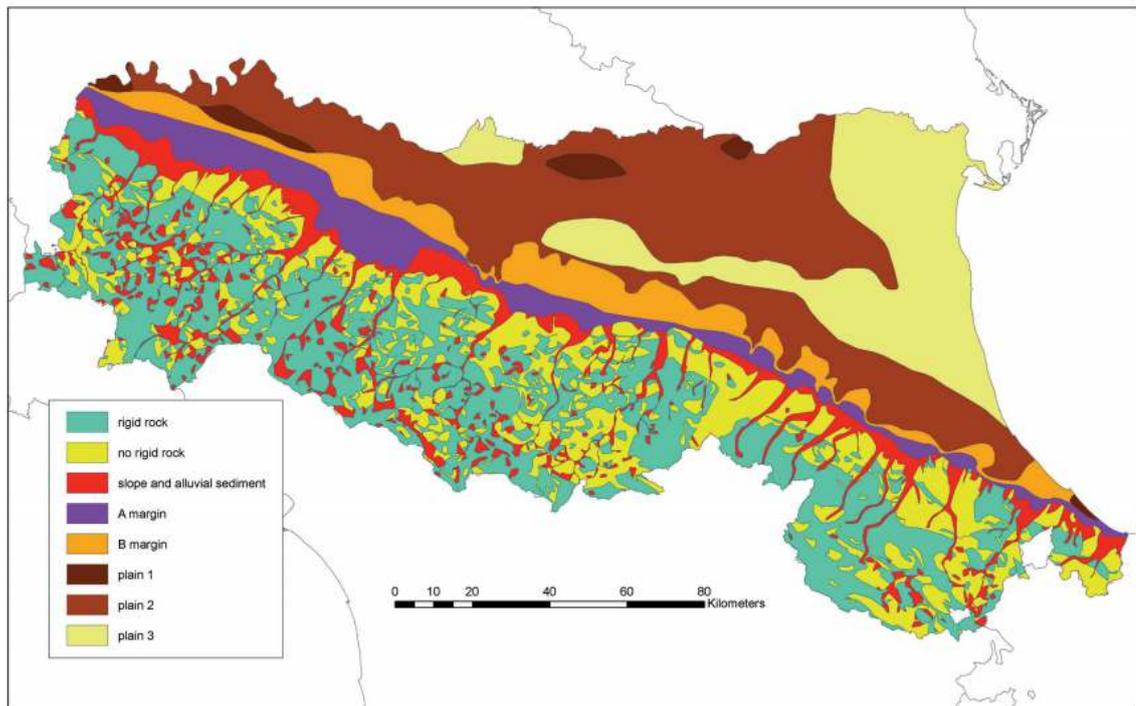


Fig. 11 - Emilia-Romagna map of the geologic macrozones for seismic studies.

per l'areale in oggetto, si considera il seguente scenario:

MARGINE: settore di transizione tra la zona collinare (Appennino) e la pianura caratterizzato da terreni prevalentemente fini sovrastanti orizzonti grossolani (ghiaie, ghiaie sabbiose); il substrato geologico è generalmente costituito da sabbie marine pleistoceniche o da peliti plio-pleistoceniche (substrato non rigido).

MARGINE di tipo A: caratterizzato da terreni fini o grossolani poco consolidati, di spessore non superiore a 30 m, sovrastanti orizzonti prevalentemente grossolani a comportamento più rigido (indicativamente con valore di V_s media almeno doppio rispetto a quello dei sedimenti sovrastanti); H è riferito allo spessore di sedimenti fini o grossolani poco consolidati sovrastanti i sedimenti continentali più rigidi.

V _{sH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400
5	2,3	2,1	1,8	1,5		
10	2,3	2,2	2,0	1,8		
15	2,1	2,1	2,0	1,8		
20	2,1	2,1	2,0	1,9		
25	2,0	2,0	2,0	1,9		
30	1,9	1,9	1,9	1,9		

Fattore di Amplificazione PGA

Considerando l'analisi sismica di sito effettuata, emerge uno stacco tra i sedimenti fini con $v_s = 170$ m/s e quelli sottostanti grossolani con $v_s = 459$ m/s a circa 5.50 metri dal p.c.

Dalla prova sismica di sito emerge una V_{seq30} pari a 390 m/s con classi topografica di tipo T1 alla luce dell'assenza di pendenze di rilievo, ne tanto meno, di scarpate.

Considerando una V_{sh} nei primi 5.50 metri pari a 255 m/s, si associa alla tabella soprastante del Fattore di Amplificazione PGA, nelle ordinate la classe di V_{sH} dei 250 m/s, mentre nelle ascisse il valore associato alla classe di H (m) dei 5 metri; pertanto ne deriva un valore di F.A. PGA = 1.8.

Il progettista valuterà quale aliquota del Fattore di Amplificazione PGA considerare nella progettazione delle strutture.

Il calcolo della V_{sh} viene definito come segue, come da DGR 476/2021:

$$V_{sH} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s_i}}}$$

La medesima considerazione (approccio) verrà eseguita sui Fattori di Amplificazione SA1, SA2, SA3, SI1, SI2.

La cartografia, sia per le velocità delle onde sismiche, che per i fattori di amplificazione viene considerata superflua, sia per il carattere estremamente locale dell'area, che per l'omogeneità del parametro.

V_{SH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400
5	2,3	2,0	1,7	1,5		
10	2,5	2,3	2,0	1,8		
15	2,4	2,4	2,1	1,9		
20	2,3	2,3	2,1	2,0		
25	2,2	2,2	2,1	2,0		
30	2,0	2,0	2,0	1,9		

Fattore di Amplificazione **SA1** ($0,1s \leq T \leq 0,5s$)

V_{SH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400
5	1,9	1,7	1,7	1,6		
10	2,7	2,2	1,9	1,8		
15	3,3	2,9	2,3	2,0		
20	3,4	3,1	2,6	2,2		
25	3,3	3,2	2,8	2,4		
30	3,1	3,1	2,8	2,5		

Fattore di Amplificazione **SA2** ($0,4s \leq T \leq 0,8s$)

V_{SH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400
5	1,6	1,6	1,6	1,6		
10	2,0	1,8	1,7	1,7		
15	2,9	2,3	2,0	1,9		
20	3,4	2,8	2,3	2,0		
25	3,9	3,4	2,7	2,3		
30	3,8	3,6	3,0	2,5		

Fattore di Amplificazione **SA3** ($0,7s \leq T \leq 1,1s$)

V_{SH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400
5	2,2	1,9	1,7	1,6		
10	2,6	2,4	2,0	1,8		
15	2,6	2,5	2,2	1,9		
20	2,5	2,5	2,3	2,0		
25	2,3	2,3	2,2	2,1		
30	2,1	2,1	2,1	2,0		

Fattore di Amplificazione **SI1** ($0,1s \leq T \leq 0,5s$)

V_{SH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400
5	1,8	1,7	1,6	1,6		
10	2,3	2,0	1,8	1,7		
15	3,2	2,6	2,1	2,0		
20	3,5	3,1	2,5	2,1		
25	3,7	3,4	2,8	2,4		
30	3,6	3,5	3,0	2,6		

Fattore di Amplificazione **SI2** ($0,5s \leq T \leq 1,0s$)

8.4 - ACCELERAZIONE MASSIMA ORIZZONTALE DI PICCO AL SUOLO

Dal sito dell'INGV si ricava la seguente caratterizzazione per il sito in oggetto:

con classe di accelerazione orizzontale massima al suolo: classe 0.100-0.125

Calcolo magnitudo e distanza epicentrale.

Dalla Carta dei Meccanismi Focali della nuova classificazione della Regione Emilia-Romagna si evidenzia la seguente griglia di punti delle accelerazioni massime attese al suolo (a_{refg} con 10% di probabilità di superamento in 50 anni corrispondente al periodo di ritorno di 475 anni).

Evidenziando l'areale in oggetto, si hanno un punto della griglia prossimi a Podenzano, con relative valori di $A_{ref}(g)$. I dati sono relativi ai punti di una griglia con passo 0.05 gradi, ed i valori sono stati elaborati da INGV2.

$A_{ref}(g) = 0.0982g$ oppure $0.102g$

Dalla Deliberazione dell'Assemblea Legislativa della R.E.R. del 2 maggio 2007 n.112 inerente i nuovi indirizzi di micro zonazione sismica in Emilia Romagna, vengono definiti per ciascun Comune della Regione i valori di accelerazione massima orizzontale di picco al suolo (All. A della Del. 112/2007) espressa in funzione dell'accelerazione di gravità g (a_{refg}), ed al Comune di Podenzano si ha un valore di $0.101g$.

9.0 - CONCLUSIONI

Dalla Carta della fattibilità geologica, estratta dal PSC Comunale (Tavola QCB09), emerge che questo sito si trova in corrispondenza delle aree stabili di alta pianura:

Aree a fattibilità geologica senza particolari limitazioni



Aree stabili di alta pianura

Aree stabili di alta pianura ad andamento sub-pianeggiante; coltri limose argillose sovrastanti ghiaie a matrice limosa. La soggiacenza della prima falda è maggiore di 4 m. Edificabili con normali tecniche costruttive previa verifica delle caratteristiche del substrato in funzione dell'accertamento di possibili cedimenti differenziali connessi ad eterogeneità dello stesso.

Dal punto di vista geologico e sismico non si hanno elementi ostativi alla realizzazione di un piano di lottizzazione.

La presente indagine geologica-sismica ha carattere generale per inquadrare l'areale in oggetto. Si raccomanda di effettuare indagini geotecniche di dettaglio sui singoli lotti all'interno della lottizzazione in progetto. Questa condizione trova maggiore riscontro, dal fatto che dalla presente indagine si sono riscontrate disomogeneità sulla profondità di rinvenimento del primo orizzonte ghiaioso, sottostante la coltre argillosa limosa di copertura:

da quanto emerge dalle prove geognostiche eseguite in sito, emerge una litologia argillosa limosa, con possibili arricchimenti sabbiosi decimetrici, sino a profondità di circa 5.0-6.0 metri nel settore nord, mentre spostandosi nel settore centro-sud, si hanno incrementi di tale spessore sino a 10.0 metri. In profondità si ha ghiaia con matrice limosa sino alle massime profondità indagate.

Seguono alcuni accorgimenti generali:

- Esiste la possibilità della presenza di un livello acquifero, anche sotto forma di "sacca acquifera" entro gli arricchimenti sabbiosi a differenti profondità, soprattutto a seguito di eventi meteorici intensi. Pertanto si consiglia di impermeabilizzare tutte le pareti e drenare.
- Impostare le fondazioni almeno oltre lo strato di terreno di coltivo e di riporto che risente delle variazioni stagionali di umidità e temperatura, con possibili inneschi di cedimenti differenziali nelle strutture (Orizzonte 0 da verificare nel dettaglio sui singoli lotti).
- La litologia argillosa presente ha la caratteristica di poter variare di volume in funzione del contenuto d'acqua naturale

stagionale, pertanto sono possibili inneschi di cedimenti ulteriori di "polmonamento" dell'argilla.

- Entro questo settore non si possono escludere circolazioni acquifere sotterranee con carattere effimero stagionale anche a profondità prossime il piano di imposta fondazionale.



Nel dichiararmi a disposizione per eventuali chiarimenti, colgo l'occasione per porgere i più distinti saluti.

*Fiorenzuola d'Arda
22 novembre 2021
Massimo dott. Mannini geologo*

--

C.FISC: P.IVA:	Via: - Tel: - Fax: Email: Web:
---------------------------------	--

	Data: novembre 2021
	Il committente
	IL Tecnico
	Il Progettista
Indagine geofisica tramite tecnica HVSR	

Cenni sulla teoria della tecnica HVSR

La tecnica HVSR permette in primo luogo di valutare la frequenza di vibrazione naturale di un sito. Successivamente, come ulteriore sviluppo, la stima del parametro normativo V_{seq} attraverso un processo di inversione del problema iniziale. Le ipotesi alla base della tecnica sono: una concentrazione del contenuto in frequenza localizzato maggiormente in quelle basse (tipicamente al di sotto dei 20 Hz); assenza di sorgenti periodiche e/o con contenuto in alte frequenze; le sorgenti di rumore sono uniformemente distribuite intorno alla stazione di registrazione. Se queste sono soddisfatte, la tecnica può essere suddivisa nelle fasi che vengono di seguito illustrate.

Si esegue una registrazione del rumore ambientale lungo tre direzioni ortogonali tra loro (x,y,z) con una singola stazione. Tale registrazione deve essere effettuata, secondo le indicazioni del progetto SESAME, per una durata non inferiore ai 20 minuti.

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

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

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

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

Per ciascuna coppia di cui sopra, esiste lo spettro nella direzione verticale Z, ovvero relativo alla finestra temporale sincrona a quelle della coppia. Ogni componente in frequenza di questo spettro viene usato come denominatore nel rapporto con quello della suddetta coppia. Questo permette quindi di ottenere il ricercato rapporto spettrale H/V per tutti gli intervalli temporali in cui viene suddivisa la registrazione durante l'operazione di windowing.

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

L'ulteriore ipotesi che questo rapporto spettrale possa ritenersi una buona approssimazione dell'ellitticità del modo fondamentale della propagazione delle onde di Rayleigh, permette di confrontare questi due al fine di ottenere una stima del profilo stratigrafico. Tale procedura, detta di inversione, consente di definire il profilo sostanzialmente in termini di spessore e velocità delle onde di taglio. Avendo quindi una stima del profilo della velocità delle onde di taglio, è possibile valutarne il parametro normativo V_{seq} .

Dati generali

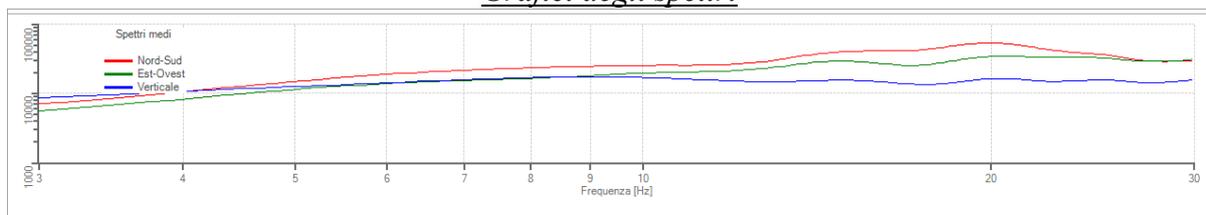
Nome progetto:
Committente:
Cantiere:
Località: Podenzano (Pc)
Operatore: Mannini Massimo
Responsabile: Mannini Massimo
Data: 20/11/2021 00:00:00
Zona: III
Latitudine:
Longitudine:

Tracce in input

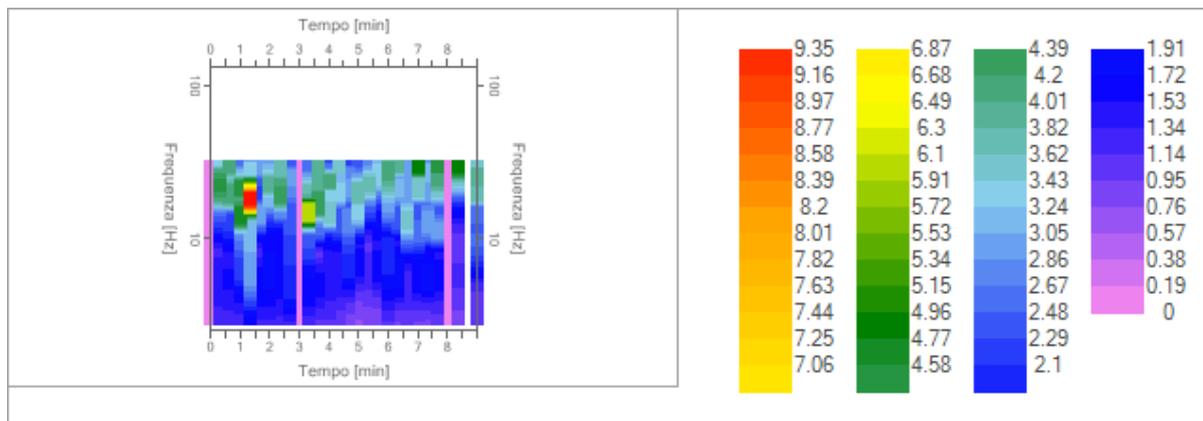
Dati riepilogativi:

Numero tracce: 3
Durata registrazione: 600 s
Frequenza di campionamento: 155.00 Hz
Numero campioni: 93000
Direzioni tracce: Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

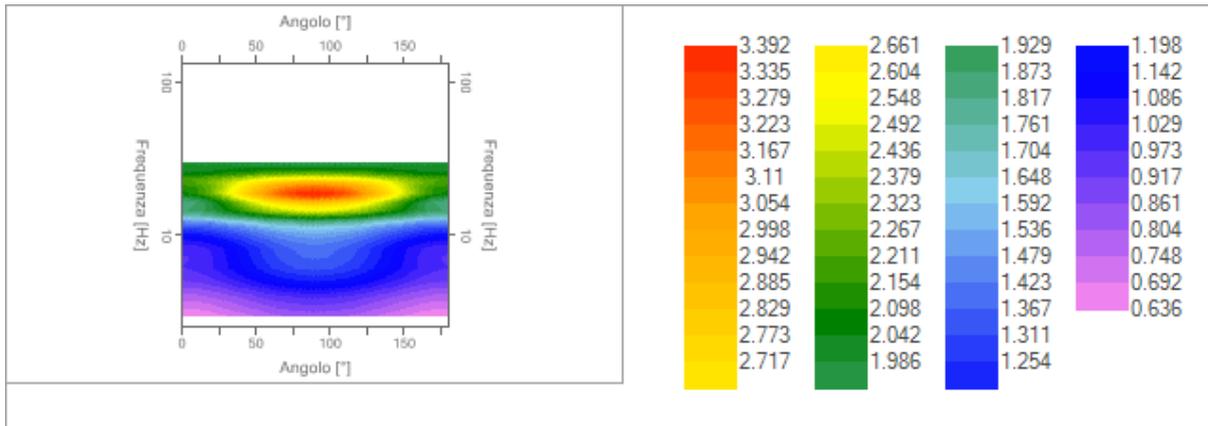
Grafici degli spettri



Spettri medi nelle tre direzioni



Mappa della stazionarietà degli spettri



Mappe della direzionalità degli spettri

Rapporto spettrale H/V

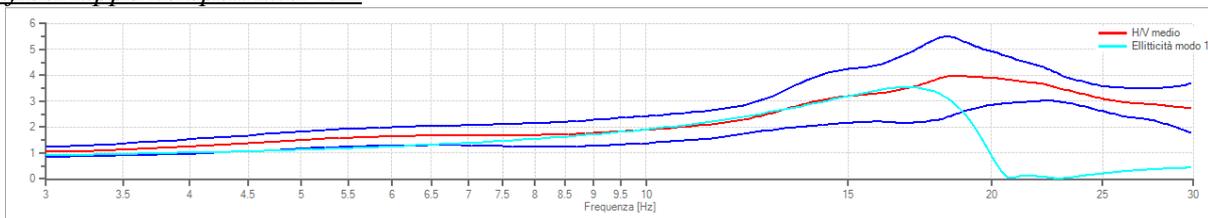
Dati riepilogativi:

Frequenza massima: 30.00 Hz
 Frequenza minima: 3.00 Hz
 Passo frequenze: 0.15 Hz
 Tipo lisciamento: Triangolare costante
 Percentuale di lisciamento: 10.00 %
 Tipo di somma direzionale: Media geometrica

Risultati:

Frequenza del picco del rapporto H/V: 18.60 Hz ± 0.37 Hz

Grafico rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

Verifiche SESAME:

Verifica

$$f_0 > 10/l_w$$

$$n_c(f_0) > 200$$

$$\sigma_A(f) < 2 \text{ per } 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \text{ se } f_0 > 0.5H$$

$$\sigma_A(f) < 3 \text{ per } 0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0 \text{ se } f_0 < 0.5H$$

$$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$$

$$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$$

$$A_0 > 2$$

Esito

Ok

Ok

Ok

Ok

Ok

$$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$$

$$\sigma_f < \varepsilon(f)$$

$$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$$

Ok

Ok

Ok

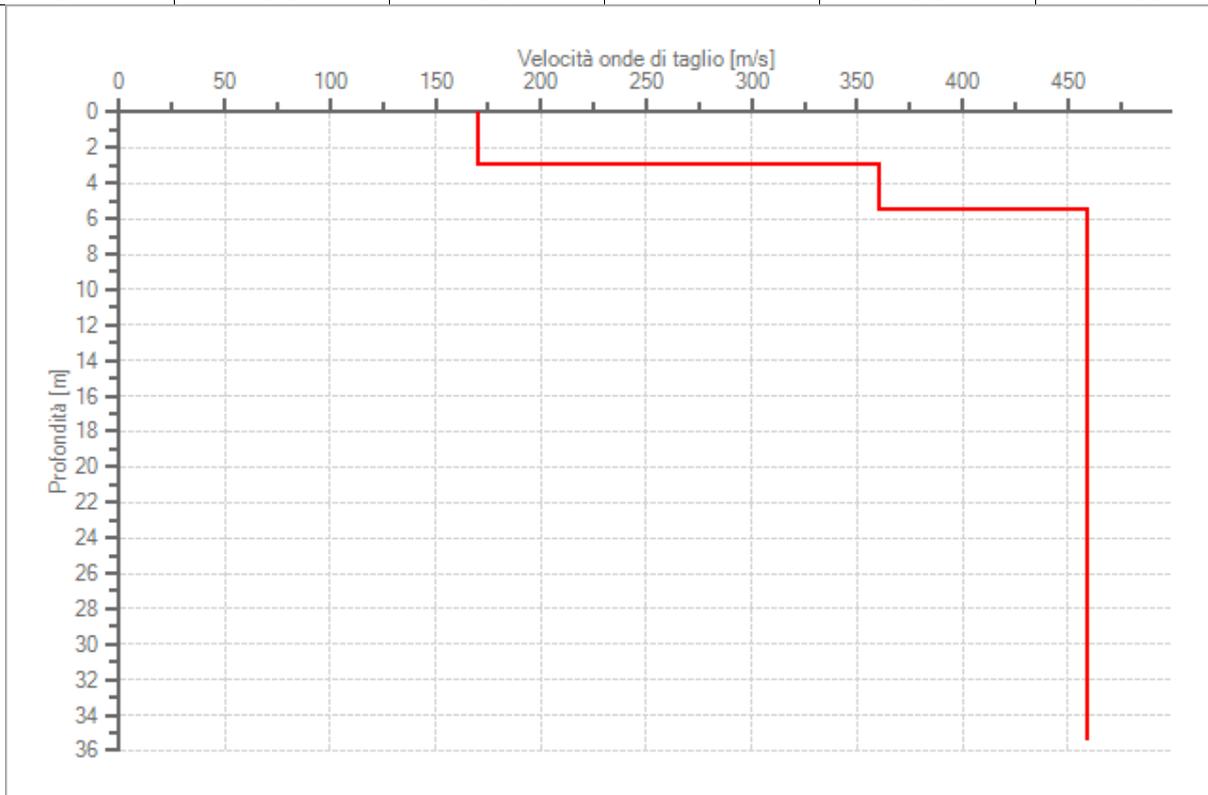
Modello stratigrafico

Dati riepilogativi:

Numero strati: 3
 Frequenza del picco dell'ellitticità: 16.95 Hz
 Valore di disadattamento: 0.57
 Valore Vseq: 384.68 m/s

Dati della stratigrafia:

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso per Unità di Vol. [kN/m ³]	Coeff. di Poisson	Velocità onde di taglio [m/s]
1	0	3	18	0.45	170
2	3	2.5	19	0.3	360
3	5.5	30	21	0.3	459



Profilo delle velocità delle onde di taglio.

PROVA PENETROMETRICA STATICA

Committente: Cantiere: Località:	
--	--

Caratteristiche Strumentali PAGANI 100 kN

Rif. Norme	ASTM D3441-86
Diametro Punta conica meccanica	35,7
Angolo di apertura punta	60
Area punta	10
Superficie manicotto	150
Passo letture (cm)	20
Costante di trasformazione Ct	10

PROVA ... Nr.1

Committente:
 Strumento utilizzato: PAGANI 100 kN
 Prova eseguita in data: 20/11/2021
 Profondità prova: 7,00 mt
 Località:

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	23,00	36,0	23,0	0,866667	26,538	3,8
0,40	23,00	36,0	23,0 1,4		16,429	6,1
0,60	44,00	65,0 44,0		2,133333	20,625	4,8
0,80	55,00	87,0 55,0		1,533333	35,87	2,8
1,00	56,00	79,0 56,0		1,133333	49,412	2,0
1,20	42,00	59,0 42,0		1,733333	24,231	4,1
1,40	39,00	65,0	39,0 1,6		24,375	4,1
1,60	36,00	60,0 36,0		0,666667	54,0	1,9
1,80	30,00	40,0	30,0 1,8		16,667	6,0
2,00	25,00	52,0 25,0		3,466667	7,212	13,9
2,20	54,00	106,0	54,0	2,0	27,0	3,7
2,40	29,00	59,0	29,0	2,0	14,5	6,9
2,60	18,00	48,0 18,0		1,066667	16,875	5,9
2,80	24,00	40,0	24,0	1,6	15,0	6,7
3,00	48,00	72,0 48,0		1,266667	37,895	2,6
3,20	24,00	43,0 24,0		1,333333	18,0	5,6
3,40	83,00	103,0 83,0		1,333333	62,25	1,6
3,60	37,00	57,0 37,0		0,666667	55,5	1,8
3,80	47,00	57,0 47,0		2,066667	22,742	4,4
4,00	58,00	89,0	58,0	1,6	36,25	2,8
4,20	18,00	42,0 18,0		1,533333	11,739	8,5

4,40	26,00	49,0	26,0		1,866667	13,929	7,2
4,60	18,00	46,0	18,0		0,866667	20,769	4,8
4,80	35,00	48,0	35,0		1,333333	26,25	3,8
5,00	35,00	55,0	35,0		1,933333	18,103	5,5
5,20	25,00	54,0		25,0	0,4	62,5	1,6
5,40	36,00	42,0	36,0		0,533333	67,5	1,5
5,60	73,00	81,0	73,0		4,266667	17,109	5,8
5,80	136,00	200,0		136,0	3,8	35,789	2,8
6,00	193,00	250,0	193,0		4,466667	43,209	2,3
6,20	197,00	264,0	197,0		5,533333	35,602	2,8
6,40	192,00	275,0	192,0		5,666667	33,882	3,0
6,60	195,00	280,0	195,0		9,333333	20,893	4,8
6,80	210,00	350,0	210,0		9,333333	22,5	4,4
7,00	210,00	350,0	210,0		0,0		0,0

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm ²)	fs Media (Kg/cm ²)	Gamma Medio (t/m ³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
5,60	37,89286	1,571429	2,0	Incoerente-Coesivo	Argilla limosa
7,00	190,4286	5,447619	2,3	Incoerente-Coesivo	Ghiaia e limo

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI Nr.1

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Lunne & Eide	Sunda Relazione Sperimentale	Lunne T.- Kleven A. 1981	Kjekstad. 1978 - Lunne, Robertson and Powell 1977	Lunne, Robertson and Powell 1977	Terzaghi	
Strato 1	5,60	37,89286	1,571429	1,80	2,11	2,49	2,20	1,96	1,89
Strato 2	7,00	190,4286	5,447619	9,14	4,66	12,61	11,13	9,96	9,52

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Mitchell & Gardner (1975)	Metodo generale del modulo edometrico	Buisman	Buisman Sanglerat	
Strato 1	5,60	37,89286	1,571429	94,73	75,78	113,68	113,68
Strato 2	7,00	190,4286	5,447619	476,07	380,85	571,29	285,64

Modulo di deformazione non drenato Eu (Kg/cm²)

Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Cancelli 1980	Ladd 1977 (30)	
Strato 1	5,60	37,89286	1,571429	1399,98	56,70
Strato 2	7,00	190,4286	5,447619	7094,16	285,60

Modulo di deformazione a taglio

Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm ²)	
Strato 1	5,60	37,89286	1,571429	Imai & Tomauchi	258,02
Strato 2	7,00	190,4286	5,447619	Imai & Tomauchi	691,95

Grado di sovraconsolidazione

Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Stress-History	
Strato 1	5,60	37,89286	1,571429	1,57
Strato 2	7,00	190,4286	5,447619	3,54

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	5,60	37,89286	1,571429	Meyerhof	2,08
Strato 2	7,00	190,4286	5,447619	Meyerhof	2,35

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	5,60	37,89286	1,571429	Meyerhof	2,16
Strato 2	7,00	190,4286	5,447619	Meyerhof	2,43

TERRENI INCOERENT I

Densità relativa (%)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Baldi 1978 - Schmertma nn 1976	Schmertma nn	Harman	Lancellotta 1983	Jamiolkows ki 1985
Strato 1	5,60	37,89286	1,571429	46,55	50,83	52,61	47,21	56,08
Strato 2	7,00	190,4286	5,447619	81,02	88,3	88,75	81,97	78,64

Angolo di resistenza al taglio (°)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Durguno uglu- Mitchell 1973	Caquot	Koppeja n	De Beer	Schmert mann	Roberts on & Campan ella 1983	Hermi ni er	Meyerho f 1951
Strato 1	5,60	37,89286	1,571429	34,46	30,7	27,76	25,96	35,12	38,58	25,76	34,01
Strato 2	7,00	190,4286	5,447619	38,59	34,73	31,98	29,82	40,36	42,86	31	45

Modulo di Young (Kg/cm²)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Schmertmann	Robertson & Campanella (1983)	ISOPT-1 1988 Ey(50)
Strato 1	5,60	37,89286	1,571429	94,73	75,79	375,15
Strato 2	7,00	190,4286	5,447619	476,07	380,86	1029,08

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Robertson & Campanella da Schmertma nn 1997	Lunne- Christoffers en 1983 - Robertson and Powell 1997	Kulhawy- Mayne 1990	Mitchell & Gardner 1975	Buisman - Sanglerat
Strato 1	5,60	37,89286	1,571429	47,84	148,64	299,75	75,79	113,68
Strato 2	7,00	190,4286	5,447619	90,11	393,49	1552,02	285,64	285,64

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato 1	5,60	37,89286	1,571429	Imai & Tomauchi	258,02
Strato 2	7,00	190,4286	5,447619	Imai & Tomauchi	691,95

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Stress- History	Piacentini Righi 1978	Larsson 1991 S.G.I.	Ladd e Foot 1977
Strato 1	5,60	37,89286	1,571429	1,57	>9	1,78	>9
Strato 2	7,00	190,4286	5,447619	3,54	>9	0,98	>9

Modulo di reazione Ko

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Ko
Strato 1	5,60	37,89286	1,571429	Kulhawy & Mayne (1990)	0,47
Strato 2	7,00	190,4286	5,447619	Kulhawy & Mayne (1990)	0,80

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	C	Crm
Strato 1	5,60	37,89286	1,571429	0,11353	0,01476
Strato 2	7,00	190,4286	5,447619	0,10723	0,01394

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	5,60	37,89286	1,571429	Meyerhof	1,80
Strato 2	7,00	190,4286	5,447619	Meyerhof	1,80

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	5,60	37,89286	1,571429	Meyerhof	2,10
Strato 2	7,00	190,4286	5,447619	Meyerhof	2,10

Liquefazione - **Accelerazione sismica massima (g)=0,15**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Fattore di sicurezza a liquefazione
Strato 1	5,60	37,89286	1,571429	Robertson & Wride 1997	21,903
Strato 2	7,00	190,4286	5,447619	Robertson & Wride 1997	145,733

Permeabilità

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Permeabilità (cm/s)
Strato 1	5,60	37,89286	1,571429	Piacentini-Righi 1988	1,891643E-08
Strato 2	7,00	190,4286	5,447619	Piacentini-Righi 1988	1,184023E-06

Coefficiente di consolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Coefficiente di consolidazione (cm ² /s)
Strato 1	5,60	37,89286	1,571429	Piacentini-Righi 1988	2,150393E-03
Strato 2	7,00	190,4286	5,447619	Piacentini-Righi 1988	0,6764155

PROVA ... Nr.2

Committente:

Strumento utilizzato: PAGANI 100 kN

Prova eseguita in data: 20/11/2021

Profondità prova: 10,60 mt

Località:

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	84,00	106,0	84,0	1,466667	57,273	1,7
0,40	84,00	106,0	84,0	2,933333	28,636	3,5
0,60	75,00	119,0	75,0	1,333333	56,25	1,8
0,80	90,00	110,0	90,0	1,733333	51,923	1,9
1,00	86,00	112,0	86,0	1,733333	49,615	2,0
1,20	86,00	112,0	86,0	3,066667	28,043	3,6
1,40	62,00	108,0	62,0	3,2	19,375	5,2
1,60	55,00	103,0	55,0	2,933333	18,75	5,3
1,80	49,00	93,0	49,0	2,866667	17,093	5,9
2,00	38,00	81,0	38,0	2,933333	12,955	7,7
2,20	69,00	113,0	69,0	2,666667	25,875	3,9
2,40	49,00	89,0	49,0	1,4	35,0	2,9
2,60	69,00	90,0	69,0	3,133333	22,021	4,5
2,80	35,00	82,0	35,0	1,466667	23,864	4,2
3,00	33,00	55,0	33,0	0,733333	45,0	2,2
3,20	37,00	48,0	37,0	0,6	61,667	1,6
3,40	67,00	76,0	67,0	1,866667	35,893	2,8
3,60	20,00	48,0	20,0	1,2	16,667	6,0
3,80	23,00	41,0	23,0	2,466667	9,324	10,7
4,00	32,00	69,0	32,0	1,066667	30,0	3,3
4,20	18,00	34,0	18,0	0,8	22,5	4,4
4,40	20,00	32,0	20,0	0,933333	21,429	4,7
4,60	27,00	41,0	27,0	0,733333	36,818	2,7
4,80	18,00	29,0	18,0	0,733333	24,545	4,1
5,00	20,00	31,0	20,0	0,333333	60,0	1,7
5,20	16,00	21,0	16,0	1,0	16,0	6,3
5,40	17,00	32,0	17,0	2,333333	7,286	13,7
5,60	43,00	78,0	43,0	4,266667	10,078	9,9
5,80	73,00	137,0	73,0	2,666667	27,375	3,7
6,00	75,00	115,0	75,0	0,866667	86,538	1,2
6,20	35,00	48,0	35,0	1,6	21,875	4,6
6,40	70,00	94,0	70,0	2,733333	25,61	3,9
6,60	29,00	70,0	29,0	0,733333	39,545	2,5
6,80	22,00	33,0	22,0	0,933333	23,571	4,2
7,00	22,00	36,0	22,0	0,533333	41,25	2,4
7,20	29,00	37,0	29,0	0,933333	31,071	3,2
7,40	29,00	43,0	29,0	0,933333	31,071	3,2
7,60	43,00	57,0	43,0	1,333333	32,25	3,1
7,80	54,00	74,0	54,0	1,666667	32,4	3,1
8,00	43,00	68,0	43,0	1,466667	29,318	3,4
8,20	27,00	49,0	27,0	1,4	19,286	5,2
8,40	25,00	46,0	25,0	1,0	25,0	4,0
8,60	29,00	44,0	29,0	0,533333	54,375	1,8
8,80	37,00	45,0	37,0	1,133333	32,647	3,1
9,00	34,00	51,0	34,0	1,266667	26,842	3,7
9,20	23,00	42,0	23,0	1,066667	21,562	4,6
9,40	36,00	52,0	36,0	1,4	25,714	3,9
9,60	35,00	56,0	35,0	3,4	10,294	9,7
9,80	69,00	120,0	69,0	3,133333	22,021	4,5
10,00	138,00	185,0	138,0	6,333333	21,789	4,6
10,20	250,00	345,0	250,0	6,666667	37,5	2,7
10,40	250,00	350,0	250,0	8,0	31,25	3,2
10,60	255,00	375,0	255,0	0,0		0,0

Prof. Strato	qc	fs	Gamma	Comp.	Descrizione
--------------	----	----	-------	-------	-------------

(m)	Media (Kg/cm ²)	Media (Kg/cm ²)	Medio (t/m ³)	Geotecnico	
1,20	84,16666	2,044444	2,1	Incoerente- Coesivo	Copertura
3,40	51,18182	2,163636	2,1	Incoerente- Coesivo	Argilla limosa
5,40	21,1	1,16	2,0	Coesivo	Argilla limosa
9,80	40,09091	1,590909	2,1	Incoerente- Coesivo	Argilla limosa
10,60	223,25	5,25	2,3	Incoerente- Coesivo	Ghiaia e limo

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI Nr.2

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Lunne & Eide	Sunda Relazione Sperimentale	Lunne T.- Kleven A. 1981	Kjekstad. 1978 - Lunne, Robertson and Powell 1977	Lunne, Robertson and Powell 1977	Terzaghi	
Strato 1	1,20	84,16666	2,044444	4,06	3,41	5,60	4,94	4,42	4,21
Strato 2	3,40	51,18182	2,163636	2,45	2,58	3,38	2,98	2,67	2,56
Strato 3	5,40	21,1	1,16	0,98	1,33	1,35	1,19	1,06	1,06
Strato 4	9,80	40,09091	1,590909	1,86	2,14	2,57	2,27	2,03	2,00
Strato 5	10,60	223,25	5,25	10,69	4,86	14,74	13,01	11,64	11,16

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Mitchell & Gardner (1975)	Metodo generale del modulo edometrico	Buismann	Buismann Sanglerat
Strato 1	1,20	84,16666	2,044444	210,42	168,33	126,25
Strato 2	3,40	51,18182	2,163636	127,95	102,36	76,77
Strato 3	5,40	21,1	1,16	52,75	42,20	63,30
Strato 4	9,80	40,09091	1,590909	100,23	80,18	120,27
Strato 5	10,60	223,25	5,25	558,13	446,49	334,88

Modulo di deformazione non drenato Eu (Kg/cm²)

Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Cancelli 1980	Ladd 1977 (30)
Strato 1	1,20	84,16666	2,044444	126,30
Strato 2	3,40	51,18182	2,163636	76,80
Strato 3	5,40	21,1	1,16	31,80
Strato 4	9,80	40,09091	1,590909	60,00
Strato 5	10,60	223,25	5,25	334,80

Modulo di deformazione a taglio

Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm ²)
Strato 1	1,20	84,16666	2,044444	420,16
Strato 2	3,40	51,18182	2,163636	310,05
Strato 3	5,40	21,1	1,16	180,42
Strato 4	9,80	40,09091	1,590909	267,07
Strato 5	10,60	223,25	5,25	762,55

Grado di sovraconsolidazione

Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Stress-History	
Strato 1	1,20	84,16666	2,044444	>9

Strato 2	3,40	51,18182	2,163636	2,46
Strato 3	5,40	21,1	1,16	0,54
Strato 4	9,80	40,09091	1,590909	0,59
Strato 5	10,60	223,25	5,25	2,72

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	1,20	84,16666	2,044444	Meyerhof	2,21
Strato 2	3,40	51,18182	2,163636	Meyerhof	2,13
Strato 3	5,40	21,1	1,16	Meyerhof	1,97
Strato 4	9,80	40,09091	1,590909	Meyerhof	2,08
Strato 5	10,60	223,25	5,25	Meyerhof	2,38

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	1,20	84,16666	2,044444	Meyerhof	2,29
Strato 2	3,40	51,18182	2,163636	Meyerhof	2,21
Strato 3	5,40	21,1	1,16	Meyerhof	2,05
Strato 4	9,80	40,09091	1,590909	Meyerhof	2,16
Strato 5	10,60	223,25	5,25	Meyerhof	2,46

TERRENI INCOERENTI I

Densità relativa (%)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Baldi 1978 - Schmertma nn 1976	Schmertma nn	Harman	Lancellotta 1983	Jamiolkows ki 1985
Strato 1	1,20	84,16666	2,044444	90,43	100	100	91,47	100
Strato 2	3,40	51,18182	2,163636	57,2	65,81	66,49	57,95	68,94
Strato 4	9,80	40,09091	1,590909	33,45	25,06	29,66	34	28,04
Strato 5	10,60	223,25	5,25	79,52	82,74	84,03	80,47	68,63

Angolo di resistenza al taglio (°)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Durguno uglu- Mitchell 1973	Caquot	Koppeja n	De Beer	Schmert mann	Roberts on & Campan ella 1983	Hermini er	Meyerho f 1951
Strato 1	1,20	84,16666	2,044444	45	42,06	39,69	36,86	42	45	42,11	45
Strato 2	3,40	51,18182	2,163636	36,56	32,93	30,09	28,1	37,21	41,01	28,21	39,98
Strato 4	9,80	40,09091	1,590909	30,07	25,85	22,66	21,3	31,51	32,65	22,9	35
Strato 5	10,60	223,25	5,25	37,45	33,42	30,61	28,56	39,58	41,52	28,96	45

Modulo di Young (Kg/cm²)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Schmertmann	Robertson & Campanella (1983)	ISOPT-1 1988 Ey(50)
Strato 1	1,20	84,16666	2,044444	210,42	168,33	336,67
Strato 2	3,40	51,18182	2,163636	127,95	102,36	414,72
Strato 4	9,80	40,09091	1,590909	100,23	80,18	520,89
Strato 5	10,60	223,25	5,25	558,13	446,50	1355,40

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Robertson & Campanella da Schmertma nn	Lunne- Christoffers en 1983 - Robertson and Powell 1997	Kulhawy- Mayne 1990	Mitchell & Gardner 1975	Buisman - Sanglerat
Strato 1	1,20	84,16666	2,044444	83,00	330,16	685,09	143,08	126,25

Strato 2	3,40	51,18182	2,163636	59,18	200,77	410,02	87,01	76,77
Strato 4	9,80	40,09091	1,590909	39,44	157,26	309,50	80,18	120,27
Strato 5	10,60	223,25	5,25	94,41	457,87	1815,04	334,88	334,88

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato 1	1,20	84,16666	2,044444	Imai & Tomauchi	420,16
Strato 2	3,40	51,18182	2,163636	Imai & Tomauchi	310,05
Strato 4	9,80	40,09091	1,590909	Imai & Tomauchi	267,07
Strato 5	10,60	223,25	5,25	Imai & Tomauchi	762,55

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Stress- History	Piacentini Righi 1978	Larsson 1991 S.G.I.	Ladd e Foot 1977
Strato 1	1,20	84,16666	2,044444	>9	>9	<0.5	>9
Strato 2	3,40	51,18182	2,163636	2,46	>9	1,26	>9
Strato 4	9,80	40,09091	1,590909	0,59	8,17	<0.5	6,6
Strato 5	10,60	223,25	5,25	2,72	>9	1,17	>9

Modulo di reazione Ko

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Ko
Strato 1	1,20	84,16666	2,044444	Kulhawy & Mayne (1990)	0,00
Strato 2	3,40	51,18182	2,163636	Kulhawy & Mayne (1990)	0,63
Strato 4	9,80	40,09091	1,590909	Kulhawy & Mayne (1990)	0,25
Strato 5	10,60	223,25	5,25	Kulhawy & Mayne (1990)	0,67

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	C	Crn
Strato 1	1,20	84,16666	2,044444	0,09612	0,0125
Strato 2	3,40	51,18182	2,163636	0,10511	0,01366
Strato 4	9,80	40,09091	1,590909	0,11177	0,01453
Strato 5	10,60	223,25	5,25	0,15834	0,02058

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	1,20	84,16666	2,044444	Meyerhof	1,80
Strato 2	3,40	51,18182	2,163636	Meyerhof	1,80
Strato 4	9,80	40,09091	1,590909	Meyerhof	1,80
Strato 5	10,60	223,25	5,25	Meyerhof	1,80

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	1,20	84,16666	2,044444	Meyerhof	2,10
Strato 2	3,40	51,18182	2,163636	Meyerhof	2,10
Strato 4	9,80	40,09091	1,590909	Meyerhof	2,10
Strato 5	10,60	223,25	5,25	Meyerhof	2,10

Liquefazione - **Accelerazione sismica massima (g)=0,15**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Fattore di sicurezza a liquefazione
Strato 1	1,20	84,16666	2,044444	Robertson & Wride 1997	25,396
Strato 2	3,40	51,18182	2,163636	Robertson & Wride 1997	31,869

Strato 4	9,80	40,09091	1,590909	Robertson & Wride 1997	2,528
Strato 5	10,60	223,25	5,25	Robertson & Wride 1997	164,283

Permeabilità

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Permeabilità (cm/s)
Strato 1	1,20	84,16666	2,044444	Piacentini-Righi 1988	4,912196E-05
Strato 2	3,40	51,18182	2,163636	Piacentini-Righi 1988	5,661129E-09
Strato 3	5,40	21,1	1,16	Piacentini-Righi 1988	4,108036E-11
Strato 4	9,80	40,09091	1,590909	Piacentini-Righi 1988	4,507149E-08
Strato 5	10,60	223,25	5,25	Piacentini-Righi 1988	2,555419E-05

Coefficiente di consolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Coefficiente di consolidazione (cm ² /s)
Strato 1	1,20	84,16666	2,044444	Piacentini-Righi 1988	0
Strato 2	3,40	51,18182	2,163636	Piacentini-Righi 1988	8,692407E-04
Strato 3	5,40	21,1	1,16	Piacentini-Righi 1988	2,600387E-06
Strato 4	9,80	40,09091	1,590909	Piacentini-Righi 1988	5,420872E-03
Strato 5	10,60	223,25	5,25	Piacentini-Righi 1988	0

PROVA ... Nr.3

Committente:

Strumento utilizzato: PAGANI 100 kN

Prova eseguita in data: 20/11/2021

Profondità prova: 11,00 mt

Località:

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	116,00	132,0	116,0	1,066667	108,75	0,9
0,40	116,00	132,0	116,0	1,866667	62,143	1,6
0,60	128,00	156,0	128,0	2,8	45,714	2,2
0,80	118,00	160,0	118,0	2,2	53,636	1,9
1,00	112,00	145,0	112,0	1,8	62,222	1,6
1,20	98,00	125,0	98,0	3,666667	26,727	3,7
1,40	73,00	128,0	73,0	4,266667	17,109	5,8
1,60	60,00	124,0	60,0	3,066667	19,565	5,1
1,80	63,00	109,0	63,0	2,066667	30,484	3,3
2,00	37,00	68,0	37,0	2,533333	14,605	6,8
2,20	37,00	75,0	37,0	2,333333	15,857	6,3
2,40	47,00	82,0	47,0	1,4	33,571	3,0
2,60	58,00	79,0	58,0	2,0	29,0	3,4
2,80	49,00	79,0	49,0	0,733333	66,818	1,5
3,00	54,00	65,0	54,0	1,733333	31,154	3,2
3,20	27,00	53,0	27,0	1,266667	21,316	4,7
3,40	42,00	61,0	42,0	1,8	23,333	4,3
3,60	23,00	50,0	23,0	2,133333	10,781	9,3
3,80	33,00	65,0	33,0	1,533333	21,522	4,6
4,00	23,00	46,0	23,0	0,866667	26,538	3,8

4,20	44,00	57,0	44,0 1,2		36,667	2,7
4,40	26,00	44,0 26,0		1,333333	19,5	5,1
4,60	12,00	32,0	12,0	1,0	12,0	8,3
4,80	14,00	29,0	14,0	0,8	17,5	5,7
5,00	17,00	29,0	17,0	0,8	21,25	4,7
5,20	16,00	28,0 16,0		0,933333	17,143	5,8
5,40	26,00	40,0 26,0		0,466667	55,714	1,8
5,60	10,00	17,0 10,0		0,533333	18,75	5,3
5,80	12,00	20,0 12,0		1,866667	6,429	15,6
6,00	16,00	44,0 16,0		1,533333	10,435	9,6
6,20	17,00	40,0	17,0	2,4	7,083	14,1
6,40	31,00	67,0	31,0	0,8	38,75	2,6
6,60	40,00	52,0 40,0		2,333333	17,143	5,8
6,80	44,00	79,0 44,0		1,733333	25,385	3,9
7,00	85,00	111,0 85,0		2,066667	41,129	2,4
7,20	78,00	109,0	78,0 1,8		43,333	2,3
7,40	39,00	66,0 39,0		3,133333	12,447	8,0
7,60	25,00	72,0	25,0	1,0	25,0	4,0
7,80	33,00	48,0	33,0 1,4		23,571	4,2
8,00	31,00	52,0 31,0		0,933333	33,214	3,0
8,20	42,00	56,0	42,0	1,0	42,0	2,4
8,40	49,00	64,0	49,0	1,4	35,0	2,9
8,60	46,00	67,0 46,0		1,466667	31,364	3,2
8,80	44,00	66,0	44,0	1,6	27,5	3,6
9,00	37,00	61,0 37,0		1,733333	21,346	4,7
9,20	44,00	70,0	44,0 1,8		24,444	4,1
9,40	44,00	71,0	44,0 1,8		24,444	4,1
9,60	43,00	70,0 43,0		1,733333	24,808	4,0
9,80	38,00	64,0	38,0	1,0	38,0	2,6
10,00	42,00	57,0 42,0		1,266667	33,158	3,0
10,20	20,00	39,0 20,0		1,666667	12,0	8,3
10,40	175,00	200,0 175,0		5,333333	32,813	3,0
10,60	200,00	280,0 200,0		5,666667	35,294	2,8
10,80	210,00	295,0 210,0		3,333333	63,0	1,6
11,00	250,00	300,0 250,0		0,0		0,0

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm ²)	fs Media (Kg/cm ²)	Gamma Medio (t/m ³)	Comp. Geotecnico	Descrizione	
1,80	98,22222	2,533334		2,1	Incoerente-Coesivo	Argilla limosa copertura
4,40	38,46154	1,605128	2,1		Incoerente-Coesivo	Argilla limosa
6,20	15,55556	1,148148	1,9		Coesivo	Argilla
10,20	42,75	1,583333	2,1		Incoerente-Coesivo	Argilla limosa
11,00	208,75	3,583333		2,2	Incoerente	Ghiaia e limo

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI Nr.3

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata (Kg/cm²)

Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Lunne & Eide	Sunda Relazione Sperimentale	Lunne T.- Kleven A. 1981	Kjekstad. 1978 - Lunne, Robertson and Powell 1977	Lunne, Robertson and Powell 1977	Terzaghi	
Strato 1	1,80	98,22222	2,533334	4,74	3,67	6,54	5,77	5,16	4,91
Strato 2	4,40	38,46154	1,605128	1,83	2,13	2,52	2,22	1,99	1,92
Strato 3	6,20	15,55556	1,148148	0,70	1,01	0,96	0,85	0,76	0,78
Strato 4	10,20	42,75	1,583333	1,99	2,23	2,74	2,42	2,16	2,14

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Mitchell & Gardner (1975)	Metodo generale del modulo edometrico	Buismann	Buismann Sanglerat
Strato 1	1,80	98,22222	2,533334	245,56	196,44	294,67	147,33
Strato 2	4,40	38,46154	1,605128	96,15	76,92	115,38	115,38
Strato 3	6,20	15,55556	1,148148	77,78	48,24	93,33	46,67
Strato 4	10,20	42,75	1,583333	106,88	85,50	128,25	128,25

Modulo di deformazione non drenato Eu (Kg/cm²)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Cancelli 1980	Ladd 1977 (30)
Strato 1	1,80	98,22222	2,533334	3676,25	147,30
Strato 2	4,40	38,46154	1,605128	1417,90	57,60
Strato 3	6,20	15,55556	1,148148	542,27	23,40
Strato 4	10,20	42,75	1,583333	1544,40	64,20

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm ²)
Strato 1	1,80	98,22222	2,533334	Imai & Tomauchi	461,74
Strato 2	4,40	38,46154	1,605128	Imai & Tomauchi	260,38
Strato 3	6,20	15,55556	1,148148	Imai & Tomauchi	149,76
Strato 4	10,20	42,75	1,583333	Imai & Tomauchi	277,75

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Stress-History
Strato 1	1,80	98,22222	2,533334	>9
Strato 2	4,40	38,46154	1,605128	1,37
Strato 3	6,20	15,55556	1,148148	<0,5
Strato 4	10,20	42,75	1,583333	0,63

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	1,80	98,22222	2,533334	Meyerhof	2,24
Strato 2	4,40	38,46154	1,605128	Meyerhof	2,08
Strato 3	6,20	15,55556	1,148148	Meyerhof	1,92
Strato 4	10,20	42,75	1,583333	Meyerhof	2,09

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	1,80	98,22222	2,533334	Meyerhof	2,32
Strato 2	4,40	38,46154	1,605128	Meyerhof	2,16
Strato 3	6,20	15,55556	1,148148	Meyerhof	2,00
Strato 4	10,20	42,75	1,583333	Meyerhof	2,17

TERRENI INCOERENTI I

Densità relativa (%)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Baldi 1978 - Schmertma nn 1976	Schmertma nn	Harman	Lancellotta 1983	Jamiolkows ki 1985
Strato 1	1,80	98,22222	2,533334	89,06	100	100	90,08	100
Strato 2	4,40	38,46154	1,605128	44,83	47,32	49,5	45,48	52,2
Strato 4	10,20	42,75	1,583333	35,36	27,58	32,02	35,93	27,95

Strato 5	11,00	208,75	3,583333	78,19	81,37	82,7	79,12	65,85
----------	-------	--------	----------	-------	-------	------	-------	-------

Angolo di resistenza al taglio (°)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Durgunoglu-Mitchell 1973	Caquot	Koppejan	De Beer	Schmertmann	Roberts on & Campanella 1983	Hermineer	Meyerhof 1951
Strato 1	1,80	98,22222	2,533333	43,92	40,82	38,38	35,67	42	45	42,43	45
Strato 2	4,40	38,46154	1,605128	33,85	30,03	27,05	25,32	34,62	37,81	25,2	34,27
Strato 4	10,20	42,75	1,583333	30,41	26,2	23,03	21,64	31,86	33,1	23,03	36,19
Strato 5	11,00	208,75	3,583333	37,31	33,28	30,47	28,44	39,39	41,39	28,77	45

Modulo di Young (Kg/cm²)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Schmertmann	Robertson & Campanella (1983)	ISOPT-1 1988 Ey(50)
Strato 1	1,80	98,22222	2,533334	245,56	196,44	392,89
Strato 2	4,40	38,46154	1,605128	96,15	76,92	396,98
Strato 4	10,20	42,75	1,583333	106,88	85,50	542,51
Strato 5	11,00	208,75	3,583333	521,88	417,50	1301,68

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Robertson & Campanella da Schmertmann 1997	Lunne-Christoffers en 1983 - Robertson and Powell 1997	Kulhawy-Mayne 1990	Mitchell & Gardner 1975	Buisman - Sanglerat
Strato 1	1,80	98,22222	2,533334	84,16	385,29	800,52	166,98	147,33
Strato 2	4,40	38,46154	1,605128	46,15	150,87	303,69	76,92	115,38
Strato 4	10,20	42,75	1,583333	41,39	167,69	329,90	85,50	128,25
Strato 5	11,00	208,75	3,583333	92,00	429,43	1694,22	313,12	313,12

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato 1	1,80	98,22222	2,533334	Imai & Tomauchi	461,74
Strato 2	4,40	38,46154	1,605128	Imai & Tomauchi	260,38
Strato 4	10,20	42,75	1,583333	Imai & Tomauchi	277,75
Strato 5	11,00	208,75	3,583333	Imai & Tomauchi	731,90

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Stress-History	Piacentini Righi 1978	Larsson 1991 S.G.I.	Ladd e Foot 1977
Strato 1	1,80	98,22222	2,533334	>9	>9	<0,5	>9
Strato 2	4,40	38,46154	1,605128	1,37	>9	2,08	>9
Strato 4	10,20	42,75	1,583333	0,63	8,35	<0,5	6,6
Strato 5	11,00	208,75	3,583333	2,65	>9	1,19	>9

Modulo di reazione Ko

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Ko
Strato 1	1,80	98,22222	2,533334	Kulhawy & Mayne (1990)	0,00
Strato 2	4,40	38,46154	1,605128	Kulhawy & Mayne (1990)	0,43
Strato 4	10,20	42,75	1,583333	Kulhawy & Mayne (1990)	0,26
Strato 5	11,00	208,75	3,583333	Kulhawy & Mayne	0,66

(1990)

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	C	Crm
Strato 1	1,80	98,22222	2,533334	0,09462	0,0123
Strato 2	4,40	38,46154	1,605128	0,11306	0,0147
Strato 4	10,20	42,75	1,583333	0,10987	0,01428
Strato 5	11,00	208,75	3,583333	0,12339	0,01604

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	1,80	98,22222	2,533334	Meyerhof	1,80
Strato 2	4,40	38,46154	1,605128	Meyerhof	1,80
Strato 4	10,20	42,75	1,583333	Meyerhof	1,80
Strato 5	11,00	208,75	3,583333	Meyerhof	1,80

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	1,80	98,22222	2,533334	Meyerhof	2,10
Strato 2	4,40	38,46154	1,605128	Meyerhof	2,10
Strato 4	10,20	42,75	1,583333	Meyerhof	2,10
Strato 5	11,00	208,75	3,583333	Meyerhof	2,10

Liquefazione - **Accelerazione sismica massima (g)=0,15**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Fattore di sicurezza a liquefazione
Strato 1	1,80	98,22222	2,533334	Robertson & Wride 1997	35,523
Strato 2	4,40	38,46154	1,605128	Robertson & Wride 1997	16,911
Strato 4	10,20	42,75	1,583333	Robertson & Wride 1997	2,675
Strato 5	11,00	208,75	3,583333	Robertson & Wride 1997	101,84

Permeabilità

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Permeabilità (cm/s)
Strato 1	1,80	98,22222	2,533334	Piacentini-Righi 1988	2,047913E-05
Strato 2	4,40	38,46154	1,605128	Piacentini-Righi 1988	1,585733E-08
Strato 3	6,20	15,55556	1,148148	Piacentini-Righi 1988	1E-11
Strato 4	10,20	42,75	1,583333	Piacentini-Righi 1988	1,660012E-07
Strato 5	11,00	208,75	3,583333	Piacentini-Righi 1988	8,837417E-04

Coefficiente di consolidazione

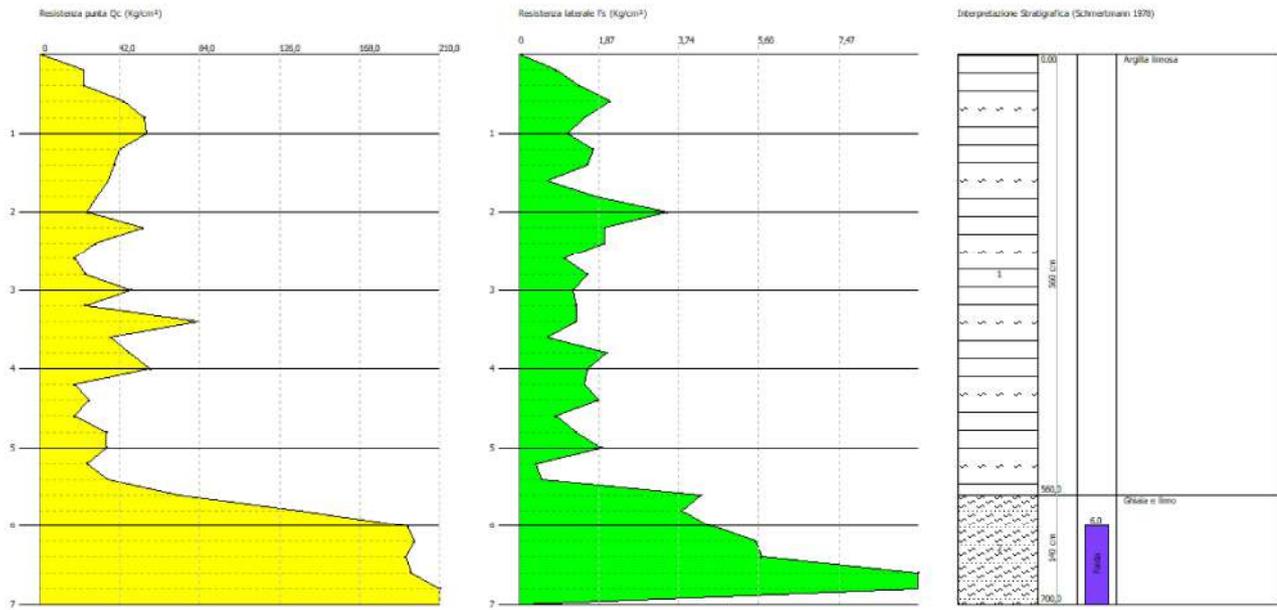
	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Correlazione	Coefficiente di consolidazione (cm ² /s)
Strato 1	1,80	98,22222	2,533334	Piacentini-Righi 1988	6,034517
Strato 2	4,40	38,46154	1,605128	Piacentini-Righi 1988	1,829692E-03
Strato 3	6,20	15,55556	1,148148	Piacentini-Righi	4,666668E-07

Strato 4	10,20	42,75	1,583333	Piacentini-Righi 1988	2,128965E-02
Strato 5	11,00	208,75	3,583333	Piacentini-Righi 1988	0

Probe CPT - Cone Penetration Nr.1
 Strumento utilizzato PAGANI 100 kN

Committente:
 Cantiere:
 Località:

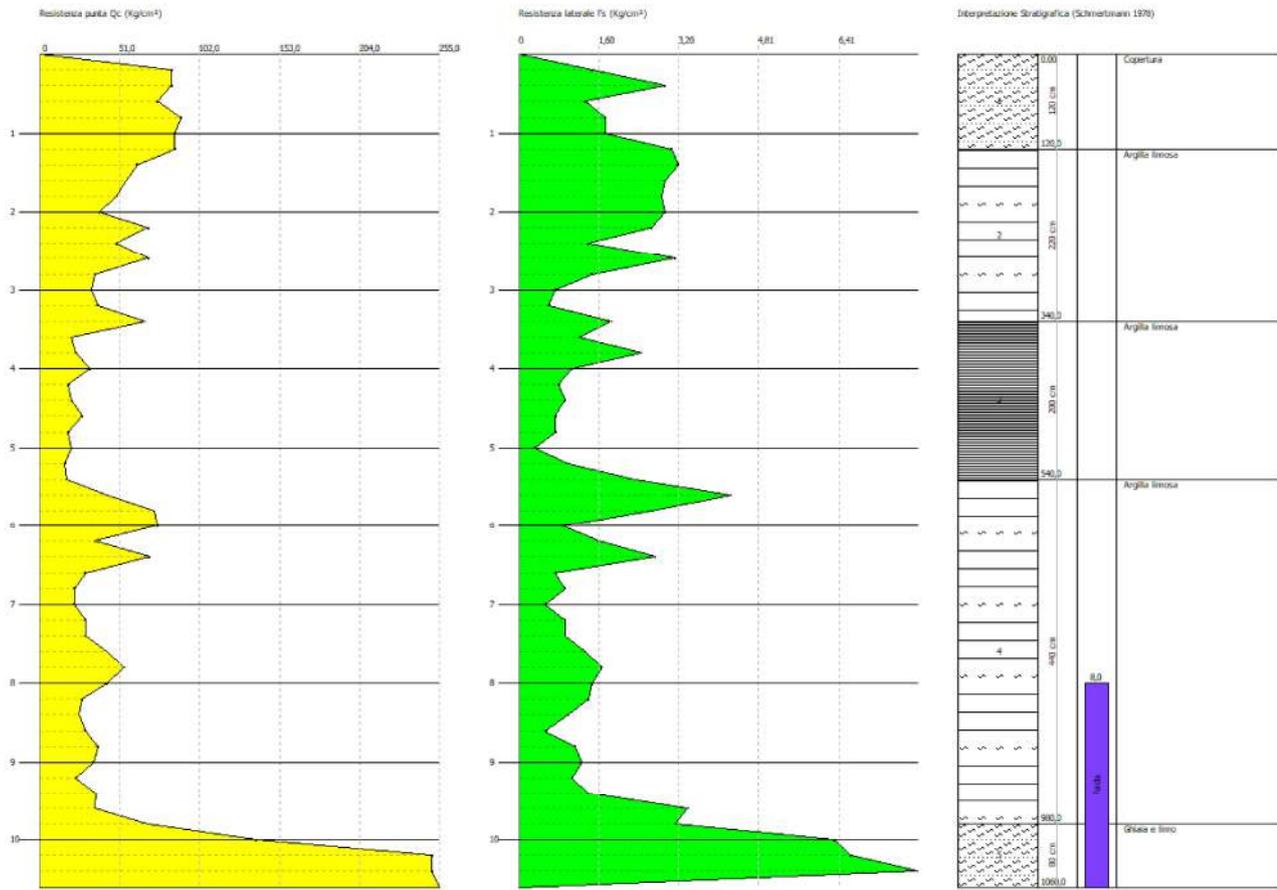
Data: 20/11/2021



Probe CPT - Cone Penetration Nr.2
 Strumento utilizzato PAGANI 100 kN

Committente:
 Cantiere:
 Località:

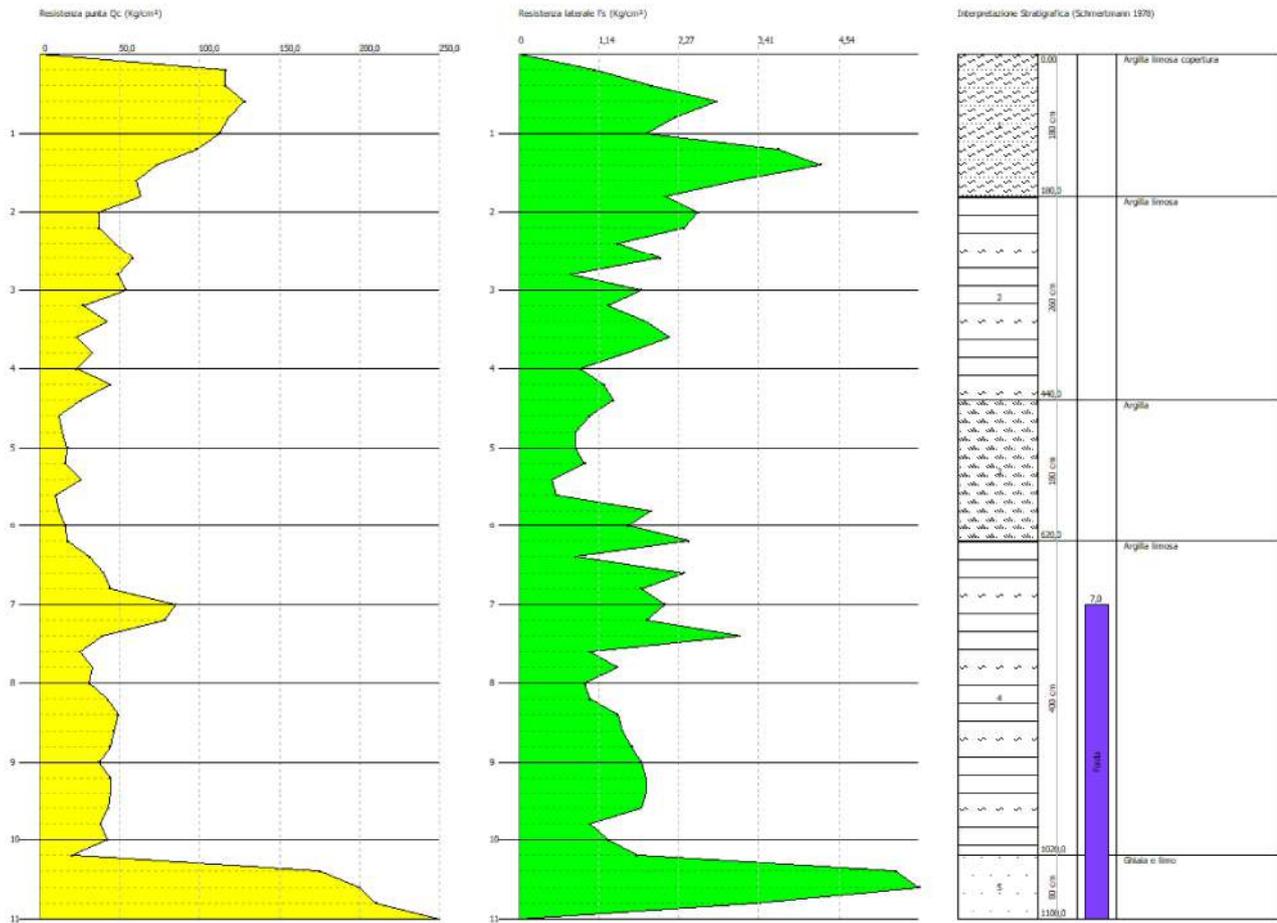
Data: 20/11/2021



Probe CPT - Cone Penetration Nr.3
 Strumento utilizzato PAGANI 100 kN

Committente:
 Cantiere:
 Località:

Data: 20/11/2021



AMBITO ANS_R_PD 14

Edilstrade Real Estate S.r.l.

PROVINCIA DI PIACENZA
REGIONE EMILIA ROMAGNA
COMUNE DI PODENZANO

RELAZIONE GEOLOGICA

PIANO URBANISTICO ATTUATIVO

PIANO URBANISTICO ATTUATIVO DI INIZIATIVA PRIVATA
(P.U.A.)
COMPARTO RESIDENZIALE "RES_14"



Giugno, 2021

Committente:

EDILSTRADE REAL ESTATE S.r.l.

A cura di:

Dott. Geol. N. CAVANNA

Via Degani, 9a (PC)

☎ 0523/305674 - ☎ 0335/5734746

FAX 0523/317301

SOMMARIO

1.0 - INTRODUZIONE	3
2.0. – ANALISI TERRITORIALE	4
2.1. – INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	5
2.2. – INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E GEOLITOLOGICO	7
2.3. - ASPETTI IDROGRAFICI ED IDROGEOLOGICI.....	10
3.0. - INQUADRAMENTO LEGISLATIVO DI SUPPORTO	12
3.1. - PIANIFICAZIONE A LIVELLO STATALE	12
3.2. - PIANIFICAZIONE A LIVELLO REGIONALE	12
3.3. - PIANIFICAZIONE A LIVELLO PROVINCIALE	13
3.4. - PIANIFICAZIONE A LIVELLO COMUNALE	15
4.0 - INDAGINI GEOGNOSTICHE DISPONIBILI	16
5.0 – PROSPEZIONI SISMICHE	17
5.1.1 - Metodologia d'indagine.....	17
5.1.2 - Categoria di suolo.....	17
5.1.3 - Elaborati dati d'indagine.....	18
5.1.4 - Analisi delle risultanze.....	19
6.0. – PROVE PENETROMETRICHE	20
7.0. – STRATIGRAFIE POZZI	21
8.0 – DESCRIZIONE STRATIGRAFICA DEL TERRENO DI FONDAZIONE	22
9.0 – CARATTERIZZAZIONE DELLE UNITA' LITOTECNICHE INDIVIDUATE	23
10.0. - CONSIDERAZIONI GENERALI SULLA SISMICITA' DEL TERRITORIO	24

10.1. - INTRODUZIONE	24
10.2. - STRUMENTI DI PREVENZIONE SISMICA	25
10.3. - NORMATIVA SISMICA NAZIONALE	26
10.4. - DIRETTIVE REGIONALI: L'EMILIA ROMAGNA	29
11.0. - CONSIDERAZIONI LOCALI SULLA SISMICITÀ DEL TERRITORIO	31
11.1 - CENNI SULLA SISMICITÀ STORICA DEL TERRITORIO.....	31
11.2. - ZONE SISMICHE	33
11.3. - ANALISI DI PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE	35
11.4. – COMPATIBILITÀ SISMICA DELL'AREA OGGETTO DI PUA	37
11.4.1 - Categoria di sottosuolo	40
11.4.2 – Liquefazione dei terreni.....	42
11.4.3. - Primo livello di approfondimento.....	46
11.4.4. - Secondo livello di approfondimento.....	49
11.4.5 – Frequenza naturale dei terreni (prospezione HVSR).....	50
12.0 - CONCLUSIONI.....	51
ALLEGATO 1	Planimetria ubicazione indagini geognostiche
ALLEGATO 2	Prospezione sismica HVSR - risultanze
ALLEGATO 3	Certificati prove penetrometriche dinamiche DPM
ALLEGATO 4	Certificati stratigrafici pozzi

Principale bibliografia consultata

- *Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale e cartografia allegata (adottato in data 16.02.2009 con atto di D.C.P. n° 17 ed approvato in data 02.07.2010 con atto di D.C.P. n° 69).*
- *Componente geologica del Piano Strutturale Comunale di Podenzano, approvato con deliberazione di Consiglio Comunale n. 3 del 03.03.2020.*
- *La sismicità del territorio provinciale, U.O. Difesa del Suolo e Protezione Civile RER.*

1.0 - INTRODUZIONE

Su incarico della società EDILSTRADE REAL ESTATE S.r.l., è stato realizzato uno studio specifico per la valutazione di compatibilità geologico-sismica a corredo del PIANO URBANISTICO ATTUATIVO DI INIZIATIVA PRIVATA relativo al comparto residenziale "RES_14", sito in località "Maiano", Comune di Podenzano (PC). Le indagini e gli elaborati realizzati sono stati prodotti in conformità alle vigenti disposizioni legislative, tra cui le principali:

- Circolare Regionale n° 3891 21/03/1974;
- Legge Regionale n° 47 del 07/12/1978;
- Legge Regionale n° 23 del 29/03/1980;
- Decreto Ministeriale n° 6 del 21/01/1981;
- Circolare Ministeriale n° 25310 del 09/12/1982;
- Circolare Regionale n° 1288 del 12/02/1983;
- Decreto Presidente della Repubblica n° 236 del 24/05/1988;
- Decreto Ministeriale L.L.P.P. del 11/03/1988;
- Circolare attuativa n° 30483 del 24/09/1988;
- Decreto Ministeriale del 14 settembre 2005;
- Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008;
- Delibera Assemblea Legislativa RER progr. n° 112 del 02/05/2007;
- D.G.R. n. 2193 del 21/12/2015;
- Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018.

Nell'ambito dell'incarico l'analisi è stata condotta adottando la seguente metodologia:

- **ricerche bibliografiche** preliminari: esame di fotografie aeree, reperimento dati disponibili relativi alle caratteristiche geolitologiche, geomorfologiche, idrologiche presso l'Amministrazione Provinciale ed il Servizio Provinciale Difesa Suolo. Sono stati inoltre utilizzati dati provenienti dalle indagini condotte in occasione di precedenti pianificazioni territoriali;
- **rilievi di campagna concernenti**: indagini sul territorio per il riconoscimento delle principali unità litologiche; individuazione delle zone caratterizzate da fenomeni di dissesto e d'instabilità; esame della natura dei terreni e delle caratteristiche geomeccaniche della coltre detritico-terrosa di copertura; esame delle successioni litostratigrafiche dei terreni; l'analisi dell'idrografia principale, valutando le aree potenzialmente esondabili.

Per il PUA, espressamente indicato dalla Committenza, è stata quindi valutata la compatibilità con l'obiettivo della riduzione del rischio sismico e con le esigenze di protezione civile, sulla base di analisi di pericolosità locale nonché di vulnerabilità ed esposizione urbana (art. 10, comma 1, della L.R. 19 giugno 1984, n. 35). Attraverso ricerche di carattere bibliografico e rilevamenti di campagna, si è quindi giunti alla compilazione del presente elaborato, nel quale l'ipotesi di pianificazione attuativa viene individuata e descritta nei seguenti paragrafi.

2.0. – ANALISI TERRITORIALE

L'analisi conoscitiva prodotta costituisce una caratterizzazione geologica-ambientale della porzione di territorio oggetto del PUA di iniziativa privata (rif. estratto tavola *in fig. 2.0.1 – Comparto residenziale denominato "RES_14"*), sviluppata adottando la seguente metodologia:

- **ricerche bibliografiche** preliminari quali: esame di fotografie aeree, reperimento dati disponibili relativi alle caratteristiche geolitologiche, geomorfologiche e idrologiche del territorio comunale presso gli uffici competenti in materia; sono stati, inoltre, utilizzati dati provenienti dalle relazioni prodotte a corredo di precedenti pianificazioni territoriali (P.R.G. o sue varianti);
- **rilievi di campagna** concernenti: analisi sul territorio per il riconoscimento delle principali unità litologiche; individuazione delle zone caratterizzate da fenomeni di "dissesto e d'instabilità"; indagini geognostiche di tipo dirette (sondaggi penetrometrici) ed indirette (prospezioni simiche).



fig. 2.0.1 – estratto tavola di lottizzazione .

2.1. – Inquadramento geografico

Il territorio comunale di Podenzano si estende per una superficie di circa 44,34 kmq e si sviluppa nella fascia di media Pianura Padana ricompresa fra il margine collinare appenninico ed il F. Po, in Provincia di Piacenza.

L'area oggetto di pianificazione, rappresentata cartograficamente all'interno dell'elemento n° 180054 della Carta Tecnica della Regione Emilia Romagna, si colloca in località Maino, all'estrema periferia meridionale del capoluogo comunale di Podenzano, risultando prospiciente alla Strada Provinciale del Val Nure (SP654R) (*vedasi estratti cartografici in figg. 3.0.I e 3.0.II*). Il lotto è inserito in una zona "parzialmente" modificata dalle attività antropiche e dall'urbanizzazione (*area per insediamenti residenziali*); esso manifesta una morfologia regolare e sub-pianeggiante. Il piano campagna "attuale" giace ad una quota media s.l.m. di circa 131.50 metri.

La zona di specifico interesse si presenta del tutto stabile in assenza di fenomeni erosivi di qualsiasi genere, né presenta emergenze idriche o particolari zone a deflusso difficoltoso delle acque superficiali.

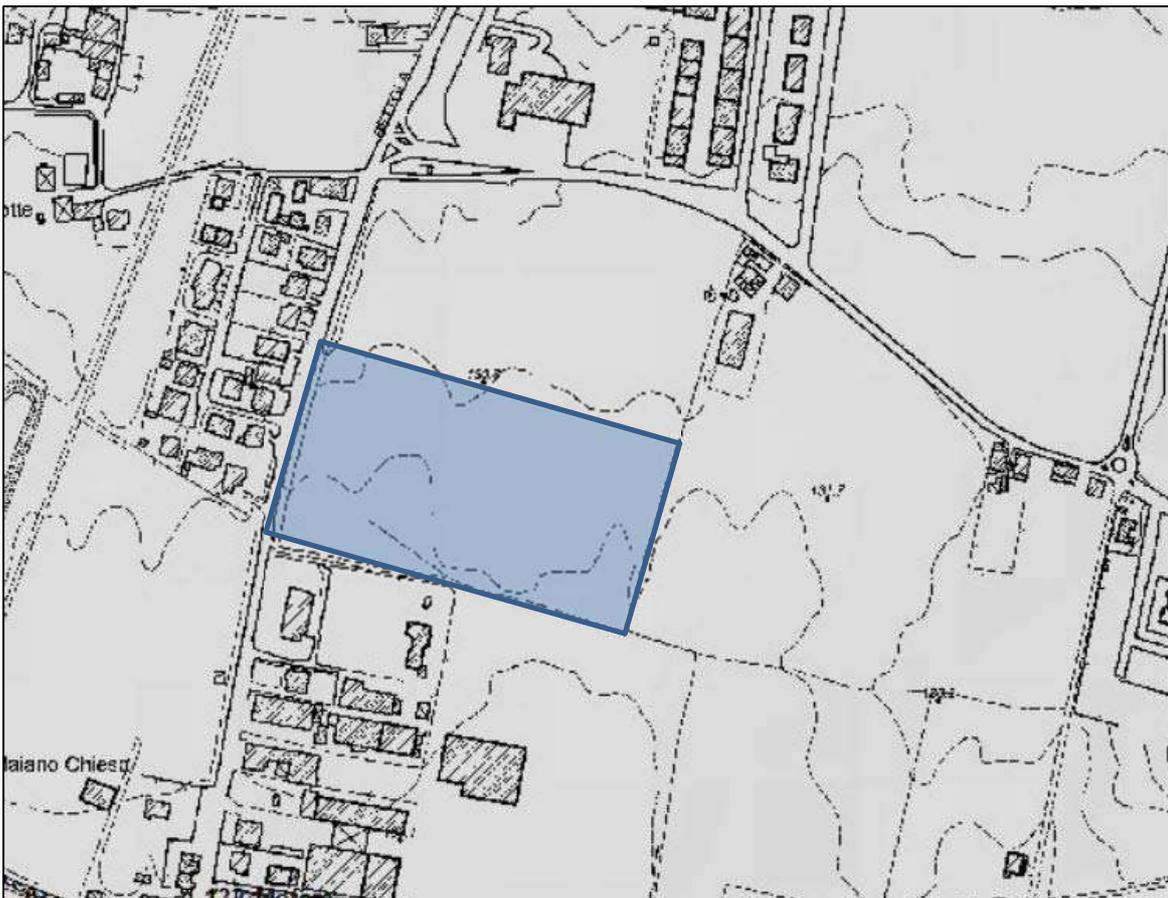


fig. 2.1.I – inquadramento corografico su base CTR

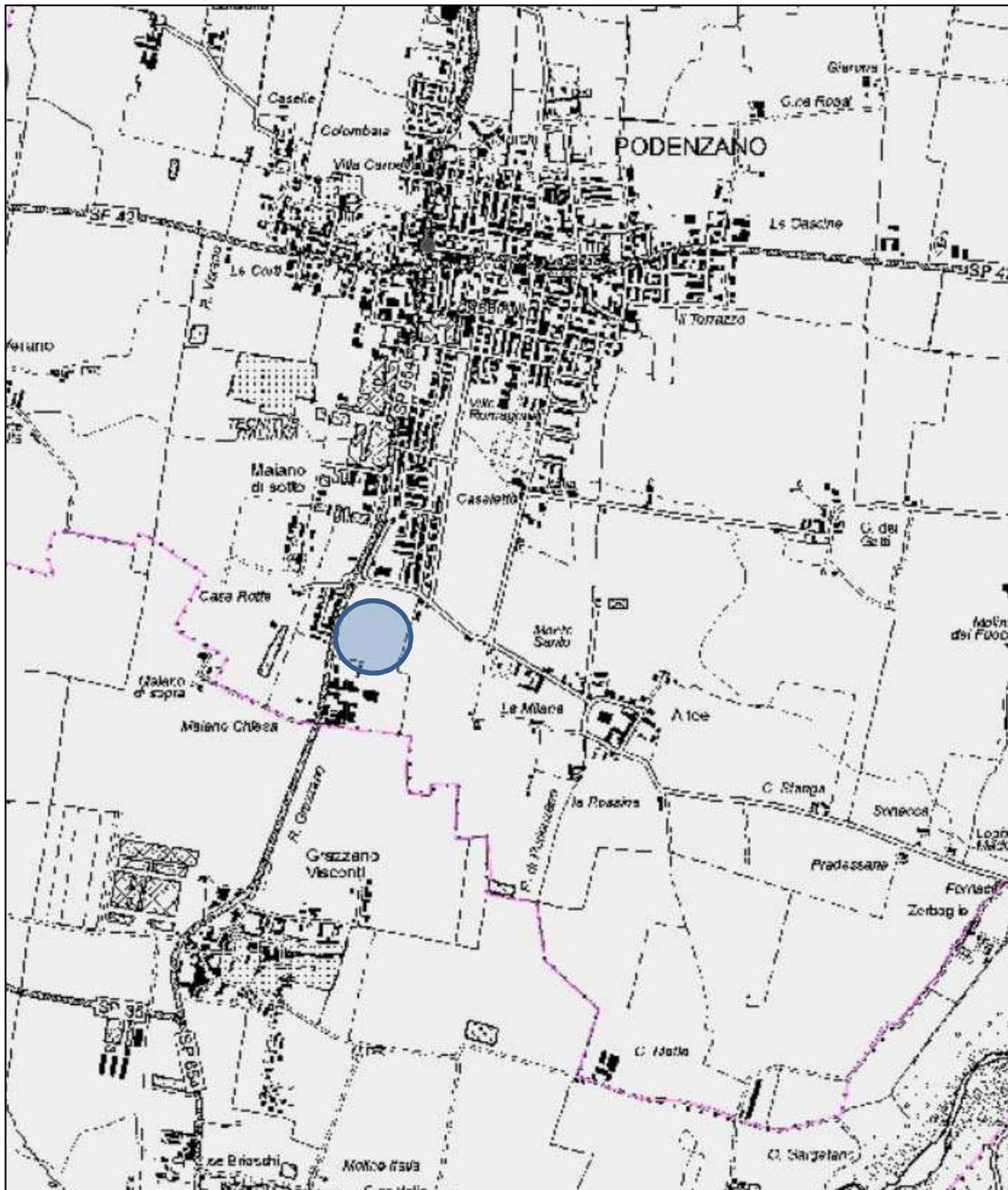


fig. 2.1.II – inquadramento geografico su base CTR in scala 1: 20.000

2.2. – Inquadramento geomorfologico e geolitologico

L'area in esame è ubicata nel territorio comunale di Podenzano ad una altitudine media di circa 131.50 metri s.l.m., in una zona morfologicamente identificata come "alta pianura piacentina".

La porzione di territorio in esame, ad andamento sub-pianeggiante, è caratterizzata nel complesso da una lieve immersione da SSO a NNE, con pendenze generalmente dell'ordine dell'1%, che diventano più accentuate in corrispondenza delle incisioni dei corsi d'acqua minori (rio Carbonale e Rio Carbonile), dove si verifica l'erosione delle superfici di antiche superfici di terrazzo fluviale.

L'alta pianura è caratterizzata da alternanze irregolari di depositi alluvionali ghiaiosi con lenti limoso-argillose localmente prevalenti, organizzate in diversi ordini di terrazzi correlabili con le cicliche variazioni climatiche quaternarie.

Da un punto di vista prettamente geologico-strutturale il territorio comunale di Podenzano ricade in un ambito appartenente all'unità cartografata come "Depositi continentali indifferenziati e subordinati a depositi marini (Olocene - Pleistocene sup.)".

In questo settore di pianura la base del Pliocene giace ad una profondità variabile, compresa tra 1.000 e 1.500 m circa, che decresce spostandosi da nord verso sud.

Tale variazione di profondità è connessa alla presenza di una struttura negativa ("sinclinale del Po") che si sviluppa all'incirca lungo l'allineamento Cremona - Codogno - S. Colombano.

La "sinclinale del Po" può essere assimilabile, dal punto di vista strutturale, ad un bacino di tipo *piggy-back* formatosi a tergo del fronte sepolto dell'"arco strutturale emiliano", allungato in senso appenninico.

Nel complesso il territorio comunale appare formato da depositi di natura alluvionale, costituiti da sedimenti quaternari del settore mediano della conoide del Torrente Nure, sostanzialmente rappresentati da ghiaie, sabbie, limi e argille, la cui deposizione è avvenuta tra la fine del Pleistocene e l'Olocene medio-inferiore.

Solo lungo la fascia perfluviale del Torrente Nure, si ritrovano depositi più recenti, connessi alle alluvioni avvenute anche in epoca storica, suddivisi in almeno due ordini di terrazzi di modellamento fluviale.

La formazione che affiora nell'area di studio è conosciuta con il nome di "Unità di Niviano", costituita da depositi lasciati da fiumi o torrenti, durante il periodo della glaciazione Wurmiana, del Pleistocene superiore (vedi fig. 2.2.II - estratto "Carta geologica" in scala 1: 5.000, redatta dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli RER).

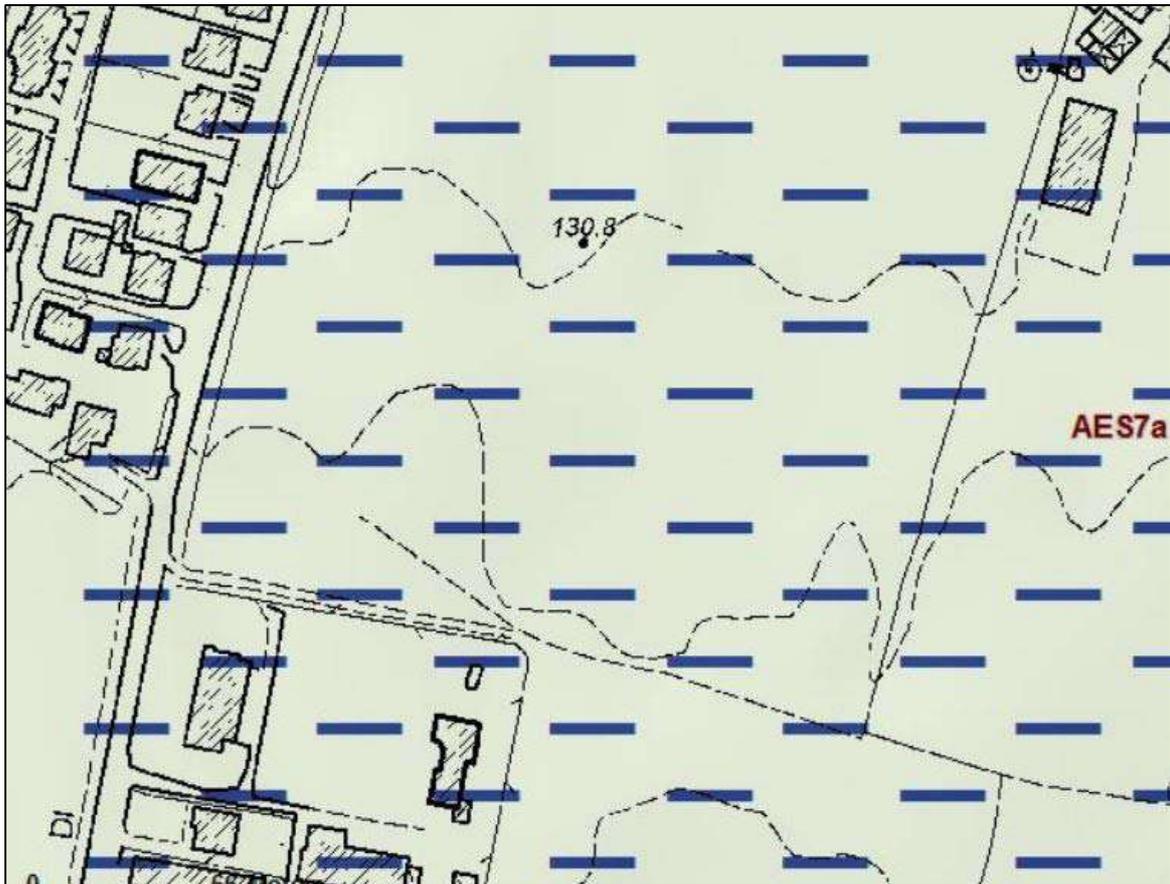
Tale formazione si presenta solitamente terrazzata, rispetto all'alveo dei fiumi, con quote che si elevano anche di una quindicina di metri dall'asta fluviale.

Questi depositi alluvionali sono costituiti da lenti Ghiaioso-Argillose, con suoli bruni o giallo rossastri; La deposizione è piuttosto casuale e si possono rinvenire aree lentiformi piuttosto larghe e di piccolo spessore, allungate prevalentemente verso Nord-Est.

La disomogeneità deposizionale dovuta a tali lenti, la si rinviene anche alle diverse profondità, con orizzonti che sfumano da Ghiaie a Limi, man mano che ci si allontana dagli antichi alvei dei fiumi, che hanno costituito tutto il pacco alluvionale nel periodo glaciale.

I materiali più fini, come le Argille ed i Limi, sono i depositi lasciati durante le piene dei fiumi, quando le correnti di torbida, al termine delle inondazioni, avevano modo di depositarsi su terreni pressoché pianeggianti delle aree circostanti: Le Ghiaie e le Sabbie, invece, si trovano laddove le acque scorrevano abbastanza velocemente da non lasciare possibilità di deposito agli elementi terrigeni più fini.

Le parti sommitali dei depositi che si rinvengono in loco, sono prevalentemente di tipo Sabbioso-Limoso, sia per il variare dei corsi principali degli affluenti di destra del fiume Po, che tendevano a mutare continuamente il loro corso (in conseguenza degli accumuli deposizionali lasciati prevalentemente all'interno dell'alveo) sia a causa delle alterazioni superficiali che hanno comportato una disgregazione degli elementi litici più grossolani, grazie all'azione meteorica e degli acidi umici dei suoli in formazione.



Legenda dei principali elementi cartografati

Ambienti deposiz. e litologie (10K)

Limo - Piana alluvionale

Coperture quaternarie (10K)

□ AES7a - Unità di Niviano

fig. 2.2.I – estratto carta geologica-geomorfologica RER

2.3. - Aspetti idrografici ed idrogeologici

L'attuale configurazione del reticolo idrografico costituisce il risultato non solo della naturale evoluzione dell'originale maglia drenante delle acque superficiali, ma anche e soprattutto degli interventi dell'uomo che, in tempi successivi, ne ha rettificato o comunque modificato l'assetto.

Il territorio del comune di Podenzano è interessato da un reticolato idrografico ben sviluppato, il cui elemento principale è costituito dal Torrente Nure, che rappresenta il limite orientale del territorio comunale.

Il reticolo secondario è costituito da una rete di canali con direzione prevalente S-N, che si sviluppano secondo le direttrici della viabilità storica di epoca romana.

Nella zona di specifico interesse è presente il Rio Grazzano che scorre parallelamente alla rete viari principale, di cui alla Strada Provinciale della Val Nure (*vedasi documentazione fotografica a lato*) ed un canale di scolo presente lungo il perimetro orientale del lotto.

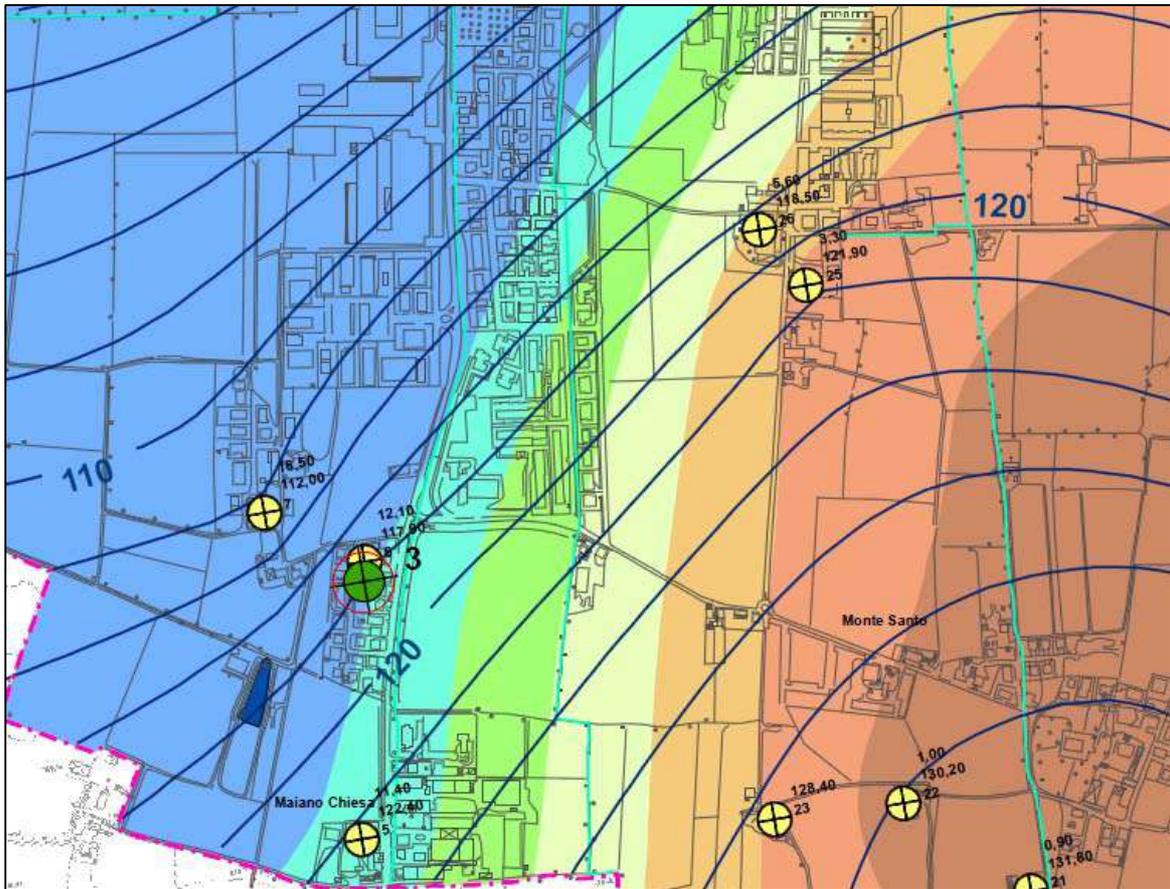


Le unità idrostratigrafiche presenti nel sottosuolo (Gruppi Acquiferi denominati A, B e C a partire dal piano campagna) mostrano un'architettura interna intimamente connessa alla storia tettonica e deposizionale del bacino sedimentario emiliano-romagnolo.

Il solco marino padano, dopo il Pliocene, è caratterizzato dal progressivo colmamento da parte degli scaricatori defluenti dai rilievi appenninici, con la deposizione di sedimenti dapprima marini, successivamente di transizione e poi di ambiente continentale.

La strutturazione idrogeologica del sottosuolo emiliano-romagnolo, caratterizzata dalla presenza di numerosi acquiferi sovrapposti di diverso tipo, sia confinati, sia liberi, è dovuta all'alternanza di livelli più permeabili (possibile sede di acquiferi) e di livelli a minor permeabilità, tipica dei complessi deposizionali.

dell'area in studio la profondità della prima falda freatica, dedotta da indagini di carattere prettamente bibliografico (*vedasi estratto "Carta idrogeologica" del PSC comunale in fig. 4.2.1*), si attesta su valori mediamente pari a 9.00÷11.00 metri, con "significativi" innalzamenti nei periodi di forte piovosità; mentre la direzione del flusso idrico superficiale è prevalentemente Nord Nord-Est (*vedasi Carta delle Piezometrie e del moto di falda in fig. 4.2.1*).



Legenda

Aspetti idrogeologici

Acque sotterranee

● 10,00 Pozzo freatico e relativa misura del livello statico della prima falda (in ordine dall'alto al basso: soggiacenza in m. da p.c., altezza s.l.m., n° d'ordine; misure effettuate nel Marzo 1982)

● 17 Pozzo a servizio dell'acquedotto pubblico

● Pozzo privato

● 12 Pozzo a stratigrafia nota e relativo n° d'ordine

— 50— Isoplethometriche con quota espressa in m.s.l.m. (rilievo: marzo 82)

➔ Direzione di deflusso delle acque sotterranee

— Spuntacque sotterraneo

— Asse di drenaggio

— Asse di drenaggio

Soggiacenza della falda (in m dal p.c.)



Pozzi pubblici

■ Zona di rispetto delle captazioni idriche (R.D. 5/6/1898)

■ Zona di rispetto dei pozzi pubblici (D.Lgs. 152/06)

Acque superficiali

■ Torrente Nure

■ Laghi ad uso irriguo

— Corsi d'acqua del reticolo idrico minore

Cartografia di base

■ Limite amministrativo del territorio Comunale

fig. 2.3.I – estratto “carta idrogeologica” di PSC

3.0. - INQUADRAMENTO LEGISLATIVO DI SUPPORTO

Nel presente capitolo si forniranno i riferimenti al quadro legislativo e normativo che, a vari livelli, da statale a locale, regola la realizzazione di indagini geologiche e geotecniche a supporto della pianificazione urbanistica.

3.1. - Pianificazione a livello statale

La presente relazione, redatta in fase pianificatoria, è basata sulle risultanze ottenute attraverso analisi condotte in osservanza al D.M. 14.01.2008 e successive modifiche e integrazioni che disciplina la normativa tecnica d'indagine sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

Tale Decreto Ministeriale riconosce altresì a livello nazionale il ruolo delle indagini geologiche non solo nel progetto edilizio e nell'esecuzione di indagini sui terreni, ma anche nella pianificazione urbanistica e territoriale.

L'area in studio non risulta soggetta ai vincoli imposti dal D. Lgs n° 490 del 29/10/1999 "*Testo unico delle disposizioni legislative in materia di beni culturali e ambientali*".

3.2. - Pianificazione a livello regionale

A livello regionale la pianificazione territoriale e urbanistica è regolamentata a partire dalla L.R. 7.12.1978, n°47, "*Tutela e uso del territorio*", passando per la L.R. 30.01.1995, n° 6 "*Norme in materia di programmazione e pianificazione territoriale*", e la L.R. 19.08.1996, n° 30 "*Norme in materia di programmi speciali d'area*", fino alla più recente L.R. 24.03.2000, n° 20 "*Disciplina generale sulla tutela e uso del territorio*".

Nell'attuale quadro può ancora essere utilizzata come riferimento la Circolare Regionale prot. 3891 del 21.03.1974, che definisce il tipo di indagine che deve essere effettuato a supporto di interventi urbanistici, quali il PUA oggetto della presente relazione.

Infine per quanto concerne specificatamente gli aspetti geologici, le indicazioni metodologiche di indagine sono fornite dalla Circolare Regionale prot. 1288 del 11.02.1983. In particolare, considerando il contesto geologico ed ambientale in oggetto, gli aspetti da sviluppare sono definiti al punto D2 "Aree di pianura e fascia costiera".

3.3. - Pianificazione a livello provinciale

A livello provinciale il Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale attualmente esecutivo (*PTCP 2007, adottato in data 16.02.2009 con atto di D.C.P. n° 17 ed approvato in data 02.07.2010 con atto di D.C.P. n° 69*) rappresenta il principale strumento di pianificazione previsto dalla vigente legislazione. I contenuti del PTCP sono definiti dall'art. 26 della legge regionale 24 marzo 2000, n° 20 "*Disciplina generale sulla tutela ed uso del territorio*". Tale normativa attribuisce al Piano territoriale di coordinamento provinciale tre compiti principali: 1) definire l'assetto del territorio con riferimento agli interessi sovracomunali e all'articolazione delle linee di azione della programmazione regionale; 2) raccordare e verificare le politiche settoriali della Provincia; 3) indirizzare e coordinare la pianificazione comunale. Più specificatamente il PTCP costituisce sede e momento di raccordo e verifica delle politiche settoriali della Provincia e strumento di indirizzo e coordinamento per la pianificazione urbanistica comunale, in quanto:

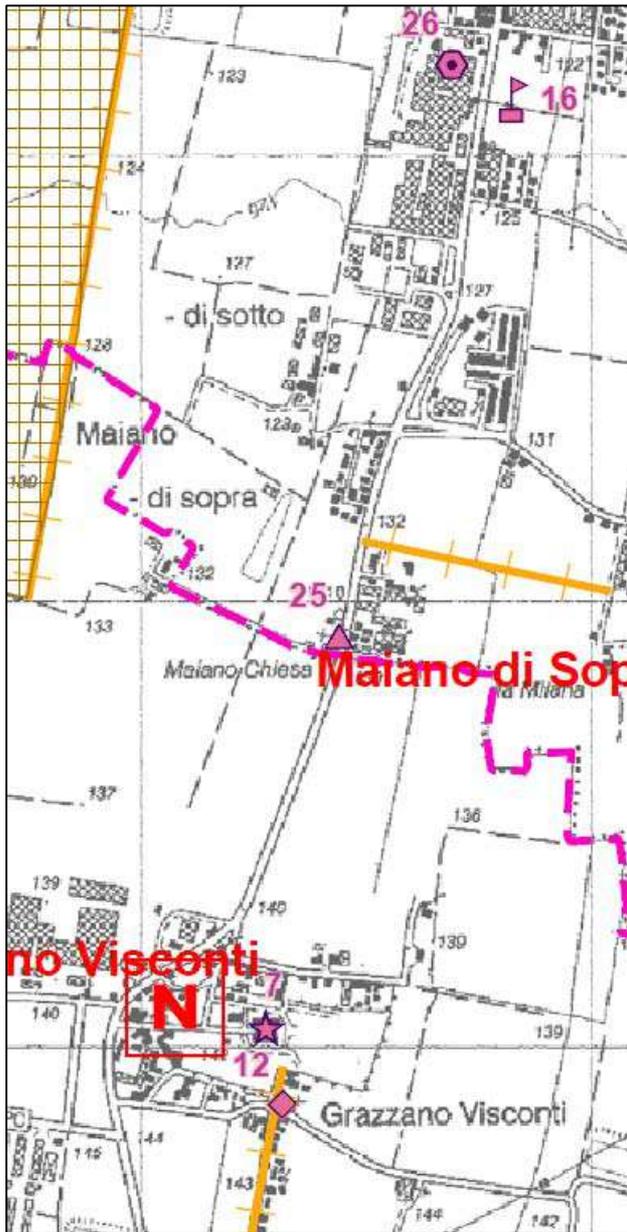
- recepisce gli interventi a livello superiore (nazionale e regionale) per le reti infrastrutturali e per le opere rilevanti per qualità ed estensione;
- raccordandosi con gli obiettivi regionali, individua le ipotesi di sviluppo dell'area provinciale in termini di assetto ed uso del territorio;
- definisce criteri di localizzazione e dimensionamento di strutture e servizi di interesse provinciale e sovracomunale;
- definisce i caratteri di vulnerabilità, criticità e potenzialità e i sistemi delle tutele paesaggistiche ed ambientali delle diverse parti del territorio (naturale ed antropizzato);
- definisce i bilanci delle risorse (territoriali e ambientali), i criteri e le soglie per il loro impiego, individuando le condizioni e i limiti della sostenibilità delle previsioni urbanistiche comunali.

A partire da quanto stabilito sia dalla Legge Regionale 20/2000 sia dall'Atto di indirizzo e coordinamento tecnico (delibera C.R. n. 173/2001), il Documento Preliminare del PTCP 2007 è stato articolato in alcuni elaborati costitutivi: Quadro Conoscitivo (QC); Documento Preliminare (DP); Valutazione di Sostenibilità Ambientale e Territoriale (ValSAT); Quadro sinottico degli elaborati.

Le Basi cartografiche, organizzate per tavola, costituiscono un supporto all'analisi territoriale che vengono fornite dalla Provincia in attuazione della L.R. 20/00 e s.m.i. nonché della D.C.R. 484/03 che prevedono la condivisione della basi conoscitive tra Enti nell'ambito sia della Conferenza di Pianificazione che nella fase di monitoraggio dell'attuazione degli strumenti urbanistici comunali.

Nella pagina seguente viene riportato uno stralcio della tavola A1/2 del PTCP 2007 concernente la cartografia di progetto del "Sistema di Tutela ambientale".

Come risulta dall'estratto cartografico in fig. 3.3.I il terreno oggetto della presente analisi si colloca in una zona priva di cogenti vincoli geologici o che comunque ne precludano la trasformazione del suolo attraverso la pianificazione urbanistica proposta.



Legenda

MORFOLOGIA DEL TERRITORIO

	Cmsale	Sistema dei cmsale e della collina
	Collina	
	Linea storica all'insediamento umano stabile	

CORSI D'ACQUA SUPERFICIALI

	zona A1 - Alveo attivo	Fascia fluviale A - Fascia di deflusso, maia ed alveo di laghi, bacini e corsi d'acqua
	zona A2 - Alveo di piena	
	zona A3 - Alveo di piena con valenza naturalistica	
	zona B1 - Zona di conservazione del sistema fluviale	Fascia fluviale B - Fascia di alimentazione. Zone di tutela dei caratteri ambientali di laghi, bacini e corsi d'acqua
	zona B2 - Zona di recupero del sistema fluviale	
	zona B3 - Zona ad elevato grado di antropizzazione	
	zona C1 - Zona estraignale o protetta da difese idrauliche	Fascia fluviale C - Fascia di inondazione per piena catastrofica. Zona di rispetto dell'ambito fluviale
	zona C2 - Zona non protetta da difese idrauliche	
	Fascia di integrazione dell'ambito fluviale	

AMBITI PAESAGGISTICI E GEOAMBIENTALI RILEVANTI

	Zona di valenza ambientale locale	
	Zona di particolare interesse paesaggistico-ambientale	
	Zona di tutela naturalistica	
	Zona caratteriche	
	Cmsale spartiacque principali	Cmsale spartiacque principali e cmsale minori
	Cmsale minori	

AMBITI DI PARTICOLARE INTERESSE STORICO ED ARCHEOLOGICO

	A1 - complessi archeologici	Zona ed elementi di interesse storico, archeologico e paleontologico
	A2 - aree di accertata e rilevante consistenza archeologica	
	A3 - area di concentrazione di materiali archeologici e di segnalazione di ritrovamenti	
	Ambiti con presenza di elementi diffusi	Zona di tutela della struttura esistente
	Elementi localizzati	

INSEDIAMENTI STORICI

	Tessuto agglomerato principale	Zona urbane storiche e strutture insediative storiche non urbane
	Tessuto agglomerato	
	Tessuto non agglomerato	
	Alterato	Non alterato
	Parzialmente alterato	
	Nucleo principale	
	Nucleo secondario	

AMBITI DI INTERESSE STORICO TESTIMONIALE

	A10 - Architettura religiosa ed assistenziale (chiese, oratori, santuari, monasteri, conventi, ospedali)	Zona ed elementi di interesse storico-architettonico e monumentale
	A11 - Architettura votiva e funeraria (edicole, plevi, cappelle, cimiteri)	
	A12 - Architettura fortificata e militare (castelli, rocche, torri, case-torri)	
	A13 - Architettura civile (palazzi, ville)	
	A14 - Architettura rurale (residenze contadine ed annessi agricoli, botteghe dei vari artigiani antichi)	
	A15 - Architettura paesinindustriale (domus, mulini, ponti, miniere, caseifici, manufatti idraulici ed opifici)	
	A16 - Architettura vegetale (parchi, giardini, orti)	
	A17 - Architettura geologica	
	Zone interessate da bonifiche storiche di pianura	
	Persono consolidato	
	Tracce di percorso	Viabilità storica
	Ponte	
	Viaio	
	Valico-passo	
	Viabilità panoramica	

AMBITI DI VALORIZZAZIONE E GESTIONE DEL TERRITORIO

	Parchi e Riserve Regionali (Stazione - Piacentano)	Area naturali protette
	"Parco Provinciale" di Monte Maria	
	SIC DI I di importanza Comunitaria	Rete Natura 2000
	SIC / ZPS - SIC e Zone di Protezione Speciale	
	Progetti di tutela, recupero e valorizzazione	
	Aree di progetto	

ZONE UMIDE DI PREGIO

	Biotopi umidi	Biotopi e risorgive
	Risorgive	
	Confini amministrativi	

fig. 3.3.I – Estratto TAV. A1-2 di P.T.C.P. “Tutela ambientale, paesistica e storico culturale”

3.4. - Pianificazione a livello comunale

La variante al Piano Strutturale Comunale vigente (*adottata con atto C.C. n. 18 del 05/04/2019, pubblicata sul Burert il 29/05/2019 - Approvata con atto Consiglio Comunale C.C n. 3 del 03/03/2020 pubblicata sul Burert il 29/04/2020*) inserisce l'area oggetto di PUA in una zona priva di cogenti vincoli di carattere prettamente geologici o che comunque ne precludano la trasformazione d'uso del suolo (vedasi estratto tavola dei vincoli da PSC in fig. 3.4.I).

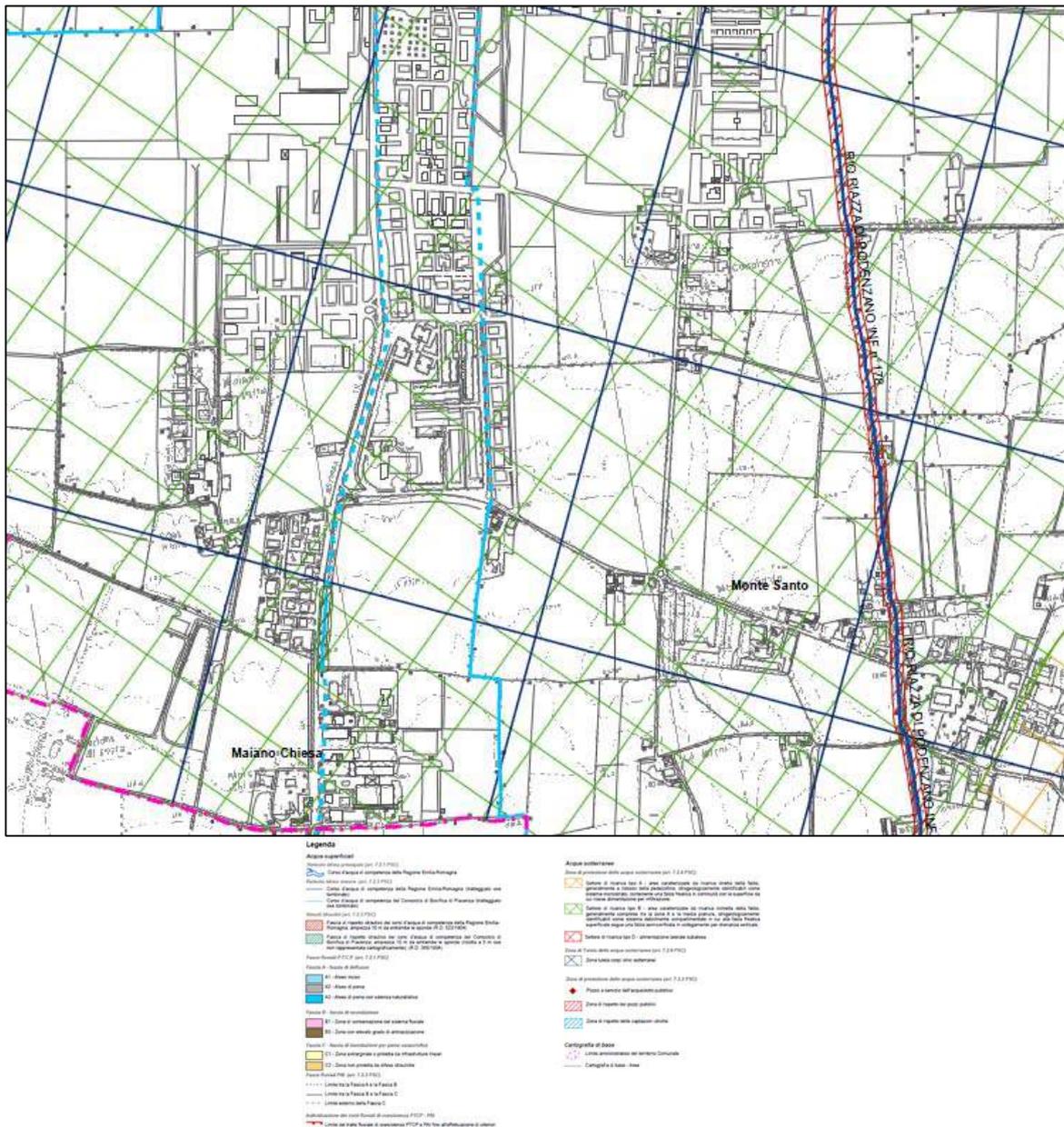


fig. 3.4.I – Estratto TAV. QC-B12 del P.S.C.

4.0 - INDAGINI GEOGNOSTICHE DISPONIBILI

La presente relazione geologica ha per oggetto la definizione della successione litostratigrafia ed una caratterizzazione geo-meccanica preliminare dei terreni siti in corrispondenza della nuova previsione urbanistica.

Nell'ambito del progetto di fattibilità, ai fini della rappresentazione stratigrafica, sono state condotte delle verifiche geognostiche approntate dallo scrivente durante la presente campagna di rilevamento geognostico datata "maggio 2021", integrate con alcune stratigrafie di pozzi provenienti dalla "*Banca dati Geognostici del Servizio Geologico e Sismico RER*".

In definitiva sono state analizzate, nel presente elaborato, le seguenti indagini:

- n° 1 registrazione dei microtremori con tomografo digitale (HVSR) per la determinazione della frequenza di risonanza caratteristica dell'area e per la determinazione della categoria del terreno di fondazione ai sensi del testo unitario "Norme tecniche per le costruzioni" (D.M. 17 Gennaio 2018);
- n. 5 prove penetrometriche dinamiche (DPM),
- n. 2 stratigrafie di pozzi.

Le indagini geofisiche ed i sondaggi geognostici, approntati dallo scrivente, sono posizionati come da planimetria in allegato 1, mentre i pozzi sono ubicati come da fig. 7.0.I.

5.0 – PROSPEZIONI SISMICHE

Il paragrafo illustra e commenta l'indagine geofisica eseguita ai fini della determinazione della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo ed il valore di Vs30 (preliminare). Si precisa che sono state effettuate più registrazioni delle quali si riporta nel presente paragrafo la maggiormente significativa ai fini dell'indagine.

5.1.1 - Metodologia d'indagine

La misura a stazione singola del tremore sismico, attraverso l'analisi dei rapporti spettrali consente la determinazione della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo; inoltre, mediante il processo di inversione le misure del microtremore consentono di stimare in maniera rapida ed a verifica della prospezione sismica MASW, il valore di Vs30. La caratterizzazione dei terreni è stata effettuata tramite la tecnica sismica passiva (tecnica dei rapporti spettrali) o HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio). La prova è stata condotta utilizzando un sismometro a stazione singola (tromografo digitale) in grado di registrare i microtremori lungo le direzioni X coincidente con l'Est topografico e Y coincidente con il Nord e lungo quella verticale (Z), di un ampio intervallo di frequenze (0.1-100 Hz) e per una durata sufficientemente lunga (mediamente 15 minuti). Il moto indotto nel terreno è stato misurato dallo strumento in termini di velocità attraverso tre velocimetri, uno per ogni direzione di misura (X, Y e Z). Le misure registrate sono state poi elaborate e restituite graficamente in forma di spettri H/V (rapporto H/V in funzione della frequenza) e spettri V (componente verticale del moto in funzione della frequenza).

5.1.2 - Categoria di suolo

Per determinare il valore delle onde di taglio VS è stato eseguito un rilievo tromografico che ha permesso di determinare:

- La frequenza di risonanza caratteristica del sito;
- Velocità media delle onde di taglio Vs.

Per la determinazione delle onde di taglio Vs è stata utilizzata l'inversione vincolata dello spettro H/V ottenuto attraverso il rilievo tromografico.

La relazione seguente correla la frequenza di risonanza del terreno (f) alla velocità delle onde S (Vs) con la profondità della base dello strato (H).

$$f(Hz) = \frac{V_s}{4H}$$

5.1.3 - Elaborati dati d'indagine

Nome	PODENZANO\tromografo\PUA.SAF
Passo temporale	5ms
Numero di campioni	93000
Istante finale	600s
Numero di sotto-intervalli	9

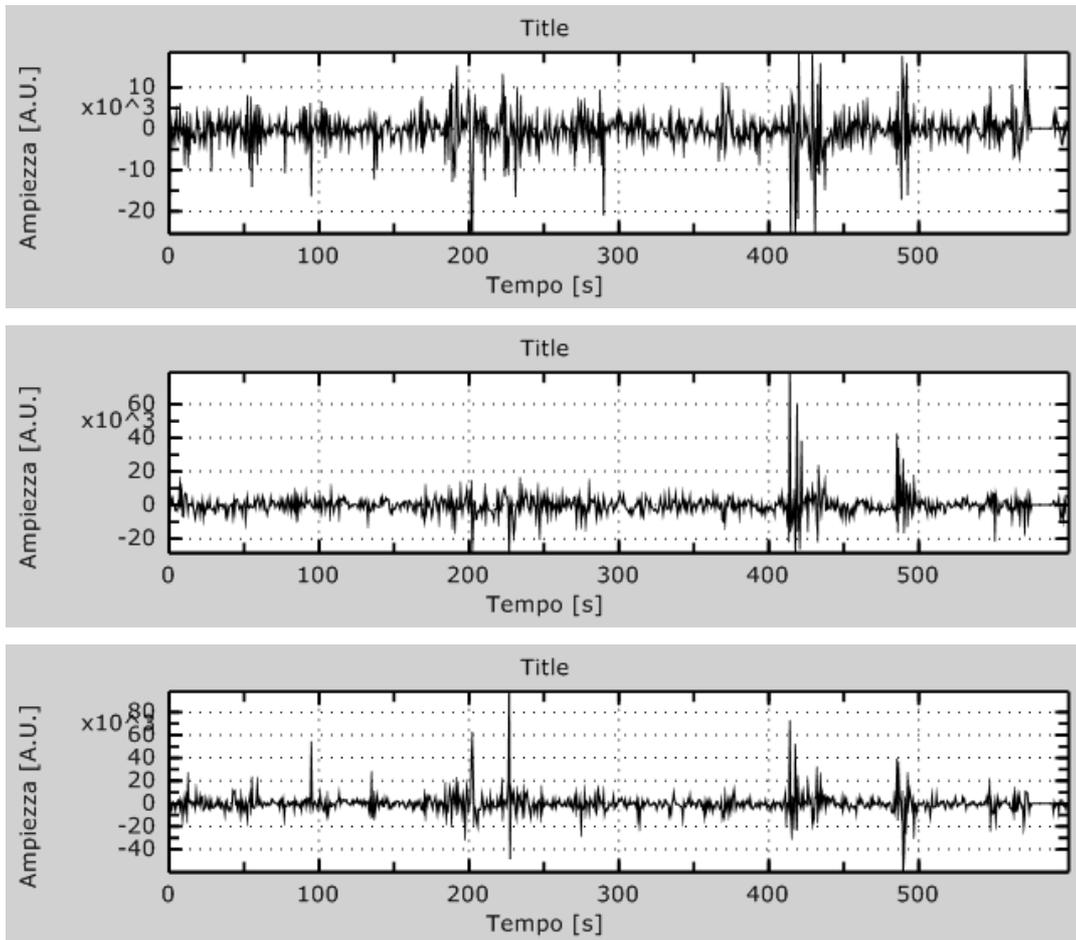


Figura. 5.1.3.I - Dati sperimentali in direzione Z (alto), N-S (centro) e E-W (basso).

Nota indicativamente la profondità di ogni livello stratigrafico, ottenuta attraverso l'elaborazione dei dati ricavati dai sondaggi e dai rilevamenti geologici in sito, è possibile procedere all'inversione dello spettro H/V, modellando la curva numerica in modo da ottenere la sovrapposizione con quella misurata (vedasi fig. 5.1.3.II), per poi ricavare la Vs media per ogni singolo strato.

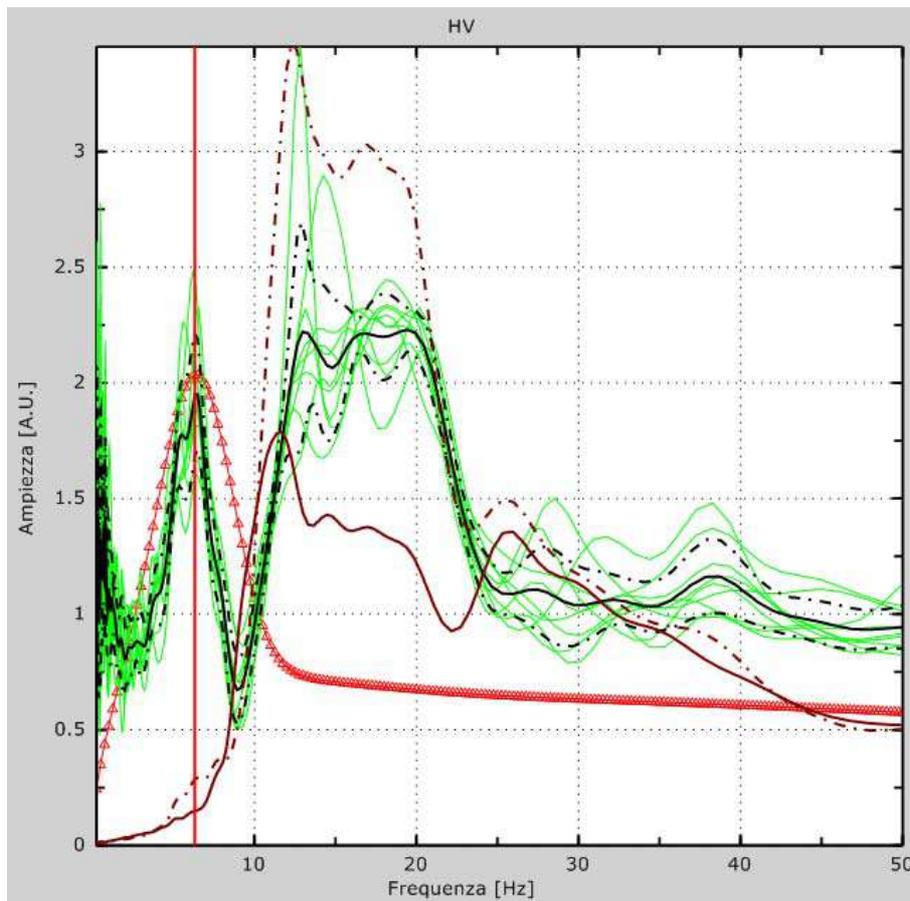


Figura 5.1.3.II - Curva HVSR; Curva H/V numerica (rosso); Curva H/V sperimentale (nero).

Finestra temporale	60 sec
Frequenza massima	50 Hz
Numero di campioni	200
Passo in frequenza	0.25 Hz

5.1.4 - Analisi delle risultanze

I terreni in oggetto, nel punto di prova, saranno soggetti ad amplificazioni dovuti ad una particolare frequenza di risonanza del terreno in caso di sisma.

La frequenza in oggetto che potrebbe provocare particolari problemi “accoppiamenti di risonanza” fra strutture e terreno è stata individuata a **6,31 Hz ± 0,1 Hz**. La velocità equivalente delle onde sismiche di taglio nei primi 30 metri risulta pari a circa **339 m/s** (vedasi “grafico della velocità delle onde di taglio” in allegato 2). Quindi in base all’attuale normativa il sito d’interesse presenta un suolo di fondazione di tipo “C”.

6.0. – PROVE PENETROMETRICHE

Al fine di ottenere informazione utili alla nuova previsione urbanistica ed in ottemperanza alla normativa tecnica vigente, si è proceduto alla verifica delle reali caratteristiche litostratigrafiche e geomeccaniche dei terreni costituenti il sottosuolo dell'area in esame attraverso l'approntamento di n° 5 prove penetrometriche dinamiche “medie” ubicate come da planimetria in allegato 1.

L'attrezzatura usata consiste in un penetrometro D.P.M., le cui caratteristiche standard sono:

• peso massa battente	M (Kg)	30
• altezza di caduta	H (m)	0.20
• punta conica da 10 cmq diametro	Dp (mm)	35.7
• angolo apertura punta	β (°)	60
• passo infissione	δ (m)	0.10
• diametro aste da 1m di lunghezza	Da (mm)	20

Il numero di colpi (Nc) rilevato ogni 10 cm di infissione delle aste è perfettamente equiparabile al numero di colpi rilevabile ogni 30 cm di avanzamento nel corso di una prova con equipaggiamento standard SCPT o SPT.

I sondaggi penetrometrici dinamici consistono nell'infissione nel terreno di un'asta dotata di una apposita punta conica e nella registrazione dei colpi necessari ad ottenere una penetrazione di 10 cm.

Le prove hanno evidenziato una discreta omogeneità litostratigrafica sull'intero lotto, costituita da un suolo vegetato che ricopre depositi limo argillo sabbiosi localmente inglobanti ghiaie e ciottoli fino alla massima profondità indagata di circa 9.00 metri.

Alla data del rilievo (maggio 2021), non si è rilevata la presenza d'acqua nei fori dei sondaggi.

I dati generali della prova penetrometrica (certificati) sono riportati in allegato n° 3 al presente elaborato.

7.0. – STRATIGRAFIE POZZI

Le stratigrafie profonde dei pozzi presi a riferimento per la porzione di territorio in esame (vedasi certificati stratigrafici in allegato 4) provengono dalla “Banca dati Geognostici del Servizio Geologico e Sismico RER”.

La Banca Dati Geognostica è stata realizzata con l'obiettivo prioritario di disporre di informazioni geologiche di sottosuolo ai fini della preparazione delle nuove Carte Geologiche di pianura in scala 1: 50.000, che la Regione Emilia-Romagna sta realizzando su incarico del Servizio Geologico Nazionale (Progetto CARG).

I dati provengono per la maggior parte da archivi di proprietà pubblica e privata, raccolti a supporto di indagini conoscitive di varia natura.

In figura 7.0.1 si riporta l'ubicazione dei pozzi presi a riferimento su base Carta Tecnica Regionale.

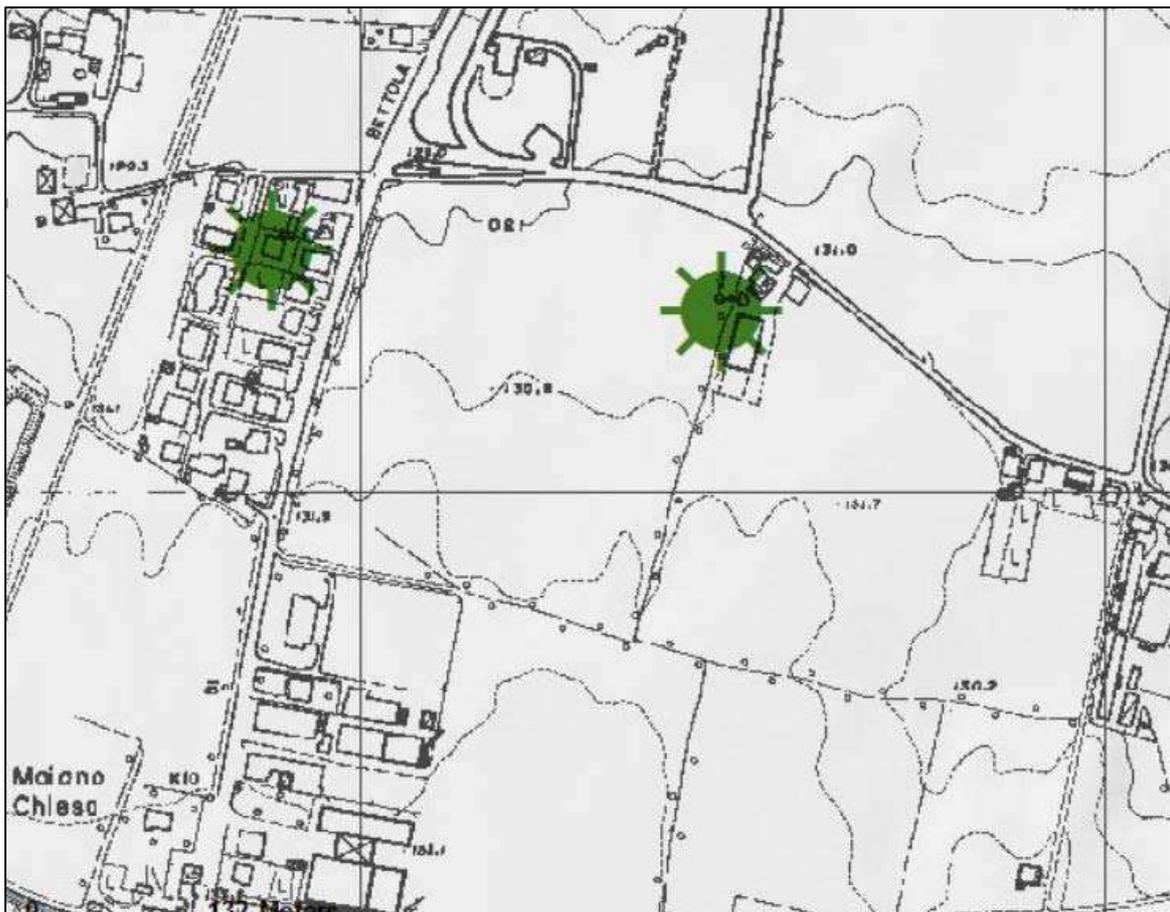


Fig. 7.0.1 - Ubicazione pozzi

8.0 – DESCRIZIONE STRATIGRAFICA DEL TERRENO DI FONDAZIONE

L'insieme delle informazioni acquisite attraverso le indagini geognostiche precedentemente descritte ha permesso di definire un modello stratigrafico del terreno di fondazione, caratterizzato dalla presenza di due livelli principali (in ordine crescente di profondità dal piano campagna: A0 e A1), suddivisi in funzione della granulometria e del diverso grado di addensamento.

Di seguito vengono descritte le principali caratteristiche litologiche e dello stato di addensamento dei livelli individuati (ovviamente tali dati andranno aggiornati in funzione di quanto emergerà dalle successive fasi d'indagine geognostica come prescritto dal Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018):

LIVELLO A0 Suoli alluvionali prevalentemente limosi, immaturi e fortemente antropizzati (spessore complessivo circa 0.60 m).

Classificazione AGI: poco consistente.

LIVELLO A1 Il livello, della potenza presunta maggiore o uguale a circa 9.00 m, è costituito da depositi limo argillo sabbiosi prevalenti, localmente inglobanti ghiaia e ciottoli.

Classificazione AGI: moderatamente consistente.

9.0 – CARATTERIZZAZIONE DELLE UNITA' LITOTECNICHE INDIVIDUATE

Sulla scorta delle informazioni acquisite tramite le indagini in situ si è proceduto ad una prima caratterizzazione geomeccanica dei terreni siti in corrispondenza dell'area oggetto di analisi geognostica.

La definizione dalle indagini in situ dei parametri geotecnici è basata su rapporti empirici che utilizzano i valori N_{scpt} e N_{spt} per le prove penetrometriche dinamiche, e della resistenza alla punta q_c per le statiche.

Ai fini dell'attendibilità dei valori, per il calcolo dei singoli parametri associati a ciascuno dei livelli stratigrafici individuati, i risultati sono stati correlati con quelli derivanti dalle analisi di laboratorio.

Vista la parziale isotropia dei terreni indagati, al fine di ottenere una parametrizzazione geotecnica rappresentativa per tutta l'area indagata si è proceduto ad un'elaborazione statistica dei dati più "significativi" desunti dai sondaggi, ottenendo una serie di valori riassunti nella seguente tabella:

Strato	A ①	A ②
Litologia prevalente	Coltivo	Limi argillo sabbiosi
Spessore strato (m)	≈0.60	≥ 8.50
Peso di vol. naturale (T/mc)		$1.85 < \gamma_{a1} < 1.90$
Grado di cons. AGI		mod. consistente
Coesione non drenata (Kg/cmq)	<i>si trascura</i>	$0.45 < C_u < 0.70$
Angolo di attrito		$23^\circ < \varphi' < 25^\circ$
Modulo di Edometrico (Kg/cmq)		$55 < E_{ed} < 75$
Modulo di Young (Kg/cmq)		$52 < E_y < 72$

9.0.I – tabella parametri geotecnici

Si precisa che, non avendo avuto disposizioni dai tecnici progettisti di eseguire prove geotecniche di laboratorio (su campioni indisturbati di terreno), le suddette correlazioni hanno ovviamente validità orientativa.

Le modalità di realizzazione di qualsiasi intervento edilizio (con particolare riferimento alle scelte delle strutture di fondazione) dovranno necessariamente emergere dall'esecuzione di dettagliate indagini geotecniche e sismiche così come prescritto dal D.M. 17/01/18'.

10.0. - CONSIDERAZIONI GENERALI SULLA SISMICITA' DEL TERRITORIO

10.1. - Introduzione

La possibilità che si verifichi un terremoto di forte intensità in molte aree del nostro paese è una realtà con cui deve convivere la maggior parte della popolazione italiana che risiede nei comuni classificati sismici. La storia sismica del nostro paese ci dimostra, infatti, che la ricorrenza di forti eventi è estremamente elevata e dove quelli catastrofici (con migliaia di morti) si ripresentano numerose volte all'interno di un periodo inferiore al secolo. Solo da pochi anni, in seguito ai gravi eventi sismici succedutisi ed all'impatto dei mass-media che hanno portato in tutte le case i disastrosi effetti, è aumentato il grado di sensibilizzazione del mondo politico e dell'opinione pubblica sulla necessità di attuare una seria politica di prevenzione.

*La via indicata dalla comunità scientifica per difendersi dai terremoti è la **prevenzione**, quindi in sinergia con i quadri politico-culturali si sono individuati quattro strumenti di prevenzione sismica.*

- Per prima cosa bisogna individuare le zone che possono essere interessate da un terremoto e suddividerle o meglio, **classificarle (Zonazione sismica)**, in base alla loro "*pericolosità sismica*", basandosi sulla sismicità storica, sulla geologia strutturale e sulla sismotettonica e su studi sismologici.
- All'interno di ogni zona classificata, studiando le diverse situazioni geologiche, morfologiche e geotecniche del terreno (analisi delle condizioni locali), bisogna poi determinare il modo in cui esso reagisce alle sollecitazioni indotte dalle onde sismiche che lo attraversano (terreni sismicamente stabili e sismicamente instabili) valutando così i possibili fenomeni di instabilità e liquefazione nel primo caso, e i possibili fenomeni di filtraggio e focalizzazione, che influenzano lo scuotimento in superficie. Tali effetti vengono indicati nella terminologia sismica come effetti di sito e costituiscono quella che secondo un'accezione consolidata viene definita "Risposta Sismica Locale" (RSL). La valutazione degli effetti di sito e degli effetti locali è alla base degli studi di **Microzonazione Sismica (MS)**.
- I risultati analitici raggiunti con la MS devono poi essere recepiti ed utilizzati dalla società, determinando così gli ultimi due strumenti preventivi: la **Pianificazione urbanistica** e la **Progettazione antisismica**. Le Amministrazioni locali devono servirsene per valutare quali zone del loro territorio necessitano di particolari limiti, divieti e condizioni di edificazione, mentre il progettista deve utilizzarli per dimensionare costruzioni che resistano senza collassare ai terremoti.

10.2. - Strumenti di prevenzione sismica

Per attuare una politica di prevenzione in un territorio sismico occorre:

- stabilire il livello della scossa sismica da scegliere come riferimento per il sito (scelta del *terremoto di progetto*);
- prevedere gli *scenari sismici* associati (effetti di sito, instabilità per liquefazione, movimenti franosi, rotture del terreno, cedimenti, ecc.);
- stabilire in relazione al rischio accettabile la *destinazione urbanistica* dell'area e/o i provvedimenti da assumere (nel caso di siti costruiti o di utilizzazione di aree molto esposte);
- specificare il livello di danno accettabile per le costruzioni normali e speciali e le *azioni sismiche* da considerare per la progettazione antisismica.

In *relazione alla scala*, le operazioni di prevenzione sismica non solo si differenziano tra loro ma assumono anche diversa denominazione.

In generale, si definiscono **quattro livelli e strumenti di prevenzione**, e cioè:

- a) **Zonazione sismica** (scala nazionale);
- b) **Microzonazione sismica** (scala regionale, provinciale, comunale, locale);
- c) **Pianificazione urbanistica** (scala provinciale e comunale);
- d) **Progettazione antisismica** (scala di singolo manufatto).

La **zonazione sismica** è l'operazione che ha per obiettivo la definizione del livello di esposizione alle azioni sismiche delle varie parti del paese e l'assegnazione ad ogni zona di alcuni parametri ingegneristici utili per la progettazione strutturale (accelerazione nominale e spettri di progetto).

La **microzonazione sismica** ha per obiettivo la definizione del livello di esposizione di un'area di dimensioni molto variabili che possono essere quelle di una regione o di una provincia.

La **pianificazione urbanistica** è l'operazione che traduce in termini di criteri d'uso del territorio, a scala provinciale (con riferimento soprattutto alle infrastrutture) e scala comunale (con riferimento soprattutto alla localizzazione delle aree di espansione e agli interventi sull'esistente) gli esiti degli studi di zonazione e o microzonazione.

La **progettazione antisismica** delle nuove opere ingegneristiche e l'adeguamento sismico del patrimonio esistente sono l'obiettivo cardine della prevenzione sismica.

La progettazione antisismica di una singola opera (anche di tipo speciale) può essere condotta, seppure con l'ausilio delle normative e nel rispetto dei vincoli urbanistici, nonché sotto il controllo degli enti pubblici, anche da un singolo professionista.

10.3. - Normativa sismica nazionale

Le norme sismiche possono essere suddivise in *due* topologie:

- la prima, relativa all'edilizia antisismica, raggruppa sia le “**norme tecniche di costruzione in zona sismica**”, che stabiliscono i criteri con cui gli edifici devono essere costruiti, sia le “**norme dette di classificazione, che delimitano cioè le zone sismiche**”, con i relativi gradi di rischio (prima categoria, seconda ecc.). Ad ogni zona sismica corrispondono determinate e cogenti regole tecniche statali: ogni comune (minima porzione sismica) è classificato sismico in base alla classificazione nazionale, alla zona a cui appartiene. Il progettista che deve dimensionare un edificio che si vuole costruire nel comune deve attenersi rigidamente ai cogenti criteri normativi tecnici propri della zona sismica;
- la seconda tipologia invece, riguarda le “**norme emanate a seguito di un evento sismico**”, e si limita a comprendere solo quelle che dichiarano lo stato di calamità, quelle che definiscono lo stato di danneggiamento dei Comuni, e quelle che autorizzano interventi urgenti a favore delle zone colpite da eventi sismici (ne sono un tipico esempio quelle emanate in seguito allo sciame sismico che ha interessato le regioni Marche ed Umbria a partire dal 26 settembre 1997).

Il **quadro normativo vigente** che riguarda, direttamente o indirettamente, le zone sismiche afferisce a due filoni principali, uno relativo alla protezione civile, e l'altro relativo alla normativa sismica, integrata da ulteriori leggi relative agli strumenti urbanistici. In questo contesto, i punti di convergenza fra protezione civile e pianificazione territoriale sono stati per lo più portati avanti da leggi e regolamenti regionali che si sono dimostrati più vicini alle realtà ed ai problemi specifici del loro territorio.

Il corpus legislativo che regola la **protezione civile** risale, di fatto, all'ultimo decennio. Fra le leggi nazionali di fondamentale importanza citiamo per sintesi *l'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20/03/2003*.

L'assetto normativo sismico *attualmente in vigore* è costituito da un **doppio binomio** normativa tecnica + classificazione:

- quello *nuovo*, rappresentato dall'Ordinanza PCM n. 3274 del 20 marzo 2003 pubblicata sulla GU l'8 maggio;
- quello “*vecchio*”, previgente a questa data, rappresentato dalla Legge n. 64/1974 e dal corpo di leggi e decreti, sia dello Stato che Regionali, che ne sono derivati: in particolare rappresentato, per quanto concerne il settore “tecnico”, dal Decreto Ministeriale del 3 marzo 1975 (e successive modifiche ed integrazioni) e, per quanto riguarda il settore “classificazione”, dalla serie di Decreti del ministro dei lavori pubblici emanati tra il 1979 e il 1984.

Le **norme classificative individuano le zone sismiche** decretando la “zonazione” del territorio nazionale, cioè la suddivisione in aree a differenti gradi di sismicità S e, dunque, differenti livelli di pericolosità e rischio sismico. Le principali norme classificative in ordine cronologico sono:

- *RD n. 193 del 18/04/1909*
- *RD n. 431 del 13/03/1927*
- *RDL n. 2125 del 22/11/1937*
- *Legge n. 1684 del 25/11/1962*
- *Serie di Decreti del Ministero dei Lavori Pubblici 1981/84 (l'ultimo è datato 14/07/84)*
- *Ordinanza PCM n. 3274 del 20/03/03*

La valutazione del rischio è fortemente dipendente dalla valutazione della pericolosità e perciò dal livello di completezza con cui questa viene descritta.

L'individuazione di zone sismiche dovrebbe quindi utilizzare più valori di parametri descrittivi dello scuotimento, ma è prassi diffusa riferirsi ad un unico livello di scuotimento «di riferimento» (**probabilità di superamento del 10% in 50 anni**), salvo adottare poi correttivi che consentano, nell'ambito delle norme tecniche, di variare i livelli delle azioni per specifiche costruzioni in modo da controllare i tipi di rischio di interesse specifico per le stesse.

Rispetto alla pericolosità di 'riferimento', la normativa tecnica si pone l'obiettivo minimo di garantire:

- *un rischio di crollo sufficientemente basso (quindi la salvaguardia della vita umana) per le costruzioni correnti;*
- *la limitazione del danno e il mantenimento della funzionalità delle strutture essenziali agli interventi protezione civile a fronte di azioni sismiche più frequenti.*

Le norme tecniche di costruzione in zona sismica sono fatte non perché non ci siano danni e morti, ma per limitarli il più possibile. Esse devono:

- definire **l'azione sismica**, cioè quantificare la severità di un terremoto ai fini della valutazione di sicurezza delle costruzioni;
- fornire **le regole del “buon costruire”**, stabilendo *i criteri* con cui devono avvenire la progettazione e l'edificazione delle strutture soggette ad azioni sismiche nelle aree classificate sismiche.
- definire l'idoneità e sicurezza degli edifici esistenti soggetti al medesimo tipo di azioni, **programmando gli interventi di adeguamento.**

L'emanazione della normativa sismica tecnica è sempre stata, ed è tuttora, di competenza Statale. Le principali norme tecniche di costruzione in zona sismica, in ordine cronologico, sono:

- *RD n. 193 del 18/04/1909.*
- *DLL n. 1526 del 05/11/1916.*
- *RDL n. 2089 del 23/10/1924.*
- *RD n. 431 del 13/03/1927.*
- *RDL n. 640 del 23/03/1935.*
- *Legge n. 1684 del 25/11/1962.*
- *Legge n. 64 del 02/02/1974.*
- *Decreto Ministeriale LL. PP. del 3 marzo 1975: con i successivi aggiornamenti.*
- *Ordinanza PCM n. 3274 del 20/03/03.*
- *Ordinanza PCM n. 3519 del 28/04/06.*

Infine vanno ricordati anche:

- *DPR n. 380 del 06/06/2001 - Testo unico delle disposizioni legislative e regolamenti in materia edilizia -:* "decretone" ancora in fase di emanazione (data l'ampiezza dell'argomento disciplinato) che raccoglie tutti i provvedimenti in materia edilizia e dunque in materia sismica tecnica.
- *CONSIGLIO SUPERIORE DEI LL.PP.- Servizio Tecnico Centrale - Linee guida per progettazione, esecuzione e collaudo di strutture isolate dal sisma – dicembre 1998-:* non si tratta di una legge ma di linee guida, per cui di argomentazioni non cogenti. Nonostante siano molto valide (*trattano, tra l'altro, anche se in maniera semplificata, il problema dell'amplificazione locale del moto sismico*), non vengono seguite da nessuno (in Emilia Romagna non sono state mai applicate) primo, perché non sono obbligatorie, e secondo, perché richiedono analisi molto particolareggiate e precise (infatti la loro applicazione è vincolata alla supervisione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici).
- *DM 14 settembre 2005* che detta la normativa tecnica per le costruzioni con effetti sull'attività edilizia e pianificatoria, rendendo inoltre operativa la classificazione sismica dell'intero territorio nazionale stabilita dall'O.P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003.
- *D.M. 14. 01. 2008* pubblicato sul supplemento ordinario n. 30 alla G.U. n. 51, del 29 febbraio 2008.
- *D.M. 17 gennaio 2018 (pubblicato sulla G.U. n. 42 del 20 febbraio 2018).*

10.4. - Direttive Regionali: l'Emilia Romagna

Un punto della legislazione attuale che ci interessa sottolineare prioritariamente riguarda la *ripartizione delle competenze fra Stato e Regioni in materia di prevenzione del rischio sismico e di protezione sismica*.

In Italia, negli ultimi venticinque anni, importanti cambiamenti sono avvenuti infatti sul piano del rapporto fra Stato, Regioni ed enti locali: sotto tale profilo la situazione attuale è la seguente:

- il compito di fissare i criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la redazione delle norme tecniche di progettazione per le costruzioni nelle medesime zone è attribuito *allo Stato* (art. 81, Decreto Legge n. 616 del 24 agosto 1977; art. 93, comma 1, lettera g, Decreto Legge n. 112 del 31 marzo 1998) e, per essere più precisi, dal 9 novembre 2001, al *Dipartimento della Protezione Civile* (Legge n. 401);
- il giudizio di compatibilità dei piani urbanistici con le caratteristiche geologiche, geomorfologiche e geotecniche del territorio nelle zone sismiche ("*materia urbanistica*" e, quindi, "*materia di Microzonazione*") è, invece, assieme al controllo a campione sulle costruzioni (art. 20, Decreto Legge n. 741 del 10 dicembre 1981), di *competenza regionale* (art. 20, DL n. 741); così come è *prerogativa regionale e degli enti locali*, seppure condizionati al trasferimento delle risorse economiche, il compito di individuare le zone sismiche nell'ambito del proprio territorio e di provvedere alla formazione e l'aggiornamento degli elenchi nelle medesime zone (art. 94, comma 2, lettera u, Decreto Legge n. 112 del 31 marzo 1998).

La scelta dei livelli di protezione sismica è dunque assegnata alle Amministrazioni Regionali e locali.

Sono loro che riassumendo *le preferenze politiche della collettività decidono di "adottare"* le carte di MS trasformandole nelle carte delle microzone.

Il problema della protezione sismica, dunque, non è solo un problema scientifico e tecnico ma anche un problema politico, sociale e culturale.

Vengono riportate infine le più significative norme regionali dell'Emilia Romagna *in materia sismica*.

Tralasciando gli innumerevoli provvedimenti emanati in seguito a terremoti che hanno interessato il territorio regionale, con lo scopo di dichiarare lo stato di calamità, definire lo stato di danneggiamento dei Comuni, autorizzare interventi urgenti a favore delle zone colpite da terremoti, l'elenco riporta essenzialmente leggi che sono conseguenza del federalismo sancito dai Decreti legislativi n. 741/1981 e n. 112/1998.

LR 19 giugno 1984 n. 35 *Norme per lo snellimento di procedure per le costruzioni in zone sismiche e per la riduzione del rischio sismico. Attuazione dell'art. 20 della Legge 10 dicembre 1981 n. 741. B.U.R. (Bollettino ufficiale regionale) 21 giugno 1984, n. 81*

DCR 1036/1986: introduzione dello "Studio di Fattibilità" quale atto preliminare ai *Piani di recupero urbanistico-edilizio* previsti dalla legge n. 457/1978

LR n. 6/1989: predisposizione di "Piani di recupero urbanistico-edilizio" di immobili, complessi edilizi, isolati o parti di tessuto urbano" nel territorio regionale, in base alla legge n. 457/1978 e al contributo regionale n. 1036/1986.

LR 14 aprile 1995 n. 40: *Modifiche ed integrazioni alla LR n. 35. recante norme per lo snellimento delle procedure per le costruzioni in zone sismiche. B.U.R. 19 aprile 1984, n. 76.*

LR 19 aprile 1995 n. 44. Riorganizzazione dei controlli ambientali e istituzione dell'Agenda Regionale per la Prevenzione e l'Ambiente (ARPA) della Regione Emilia-Romagna.

LR 19 aprile 1995 n. 45. Disciplina delle attività e degli interventi della Regione Emilia-Romagna in materia di protezione civile.

Circolare 16 aprile 1996, prot. 11084. Adeguamento degli strumenti urbanistici e dei vigenti regolamenti edilizi dei comuni classificati sismici alle norme tecniche (aggiornamento del 16 gennaio 1996), in base all'art. 17 della LR 35/84, modificata nel 1995 dalla n. 40.

LR 21 aprile 1999 n. 3: *"Riforma del sistema regionale e locale"*, attuazione del DL n. 112/1998: in particolare, all'art. 145 (Individuazione delle zone sismiche).

LR 16 febbraio 2000 n. 20. *"Disciplina generale sulla tutela e uso del territorio"*: legge urbanistica molto attenta allo sviluppo dei piani regolatori.

LR n. 16/2002: sostituiva della LR n. 6/1989 ed integrativa del DCR n. 1036/1986: riprende l'indicazione delle priorità per l'aumento della sicurezza rispetto alle azioni sismiche nei finanziamenti sia per Piani di recupero urbanistico-edilizio "di immobili, complessi edilizi, isolati o parti di tessuto urbano" sia per i "programmi unitari di manutenzione del patrimonio edilizio e dei relativi spazi pubblici, per parti del tessuto urbano".

LR 25 novembre 2002 n. 31. *"Disciplina generale sull'edilizia"*, norma che recepisce il DPR n. 380 del 06/06/2001 - *Testo unico delle disposizioni legislative e regolamenti in materia edilizia.*

LR n.10/2003. *"Modifiche alle leggi regionali 24 marzo 2000, n. 20, 8 agosto 2001, n. 24, 25 novembre 2002, n. 31 e 19 dicembre 2002, n. 37 in materia di governo del territorio e politiche abitative"*.

Delibera Assemblée Legislativa Progr. 112, Proposta della Giunta Regionale in data 10 gennaio 2007 "Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio" e s.m.i..

D.G.R. n. 2193 del 21/12/2015.

11.0. - CONSIDERAZIONI LOCALI SULLA SISMICITÀ DEL TERRITORIO

11.1 - Cenni sulla sismicità storica del territorio

La zonazione sismogenetica ZS4 è stata tracciata dal GNDT., applicando la metodologia di Cornell, con lo scopo prevalente di servire a valutare la probabilità di occorrenza di terremoti medio-forti sul territorio nazionale.

La figura 11.1.I mostra il comportamento cinematico atteso delle strutture sismogenetiche nelle varie zone del territorio nazionale. Ogni zona sorgente, rappresentata da un poligono, viene assunta come omogenea; all'interno di essa i terremoti possono verificarsi in ogni punto con la medesima probabilità.

Analizzando la mappatura si desume che l'ambito comunale di Gossolengo è ascritto in parte alla zona b (zone di trasferimento Alpi-Appennino e Mar Ligure) con un valore probabilistico atteso pari a 26.

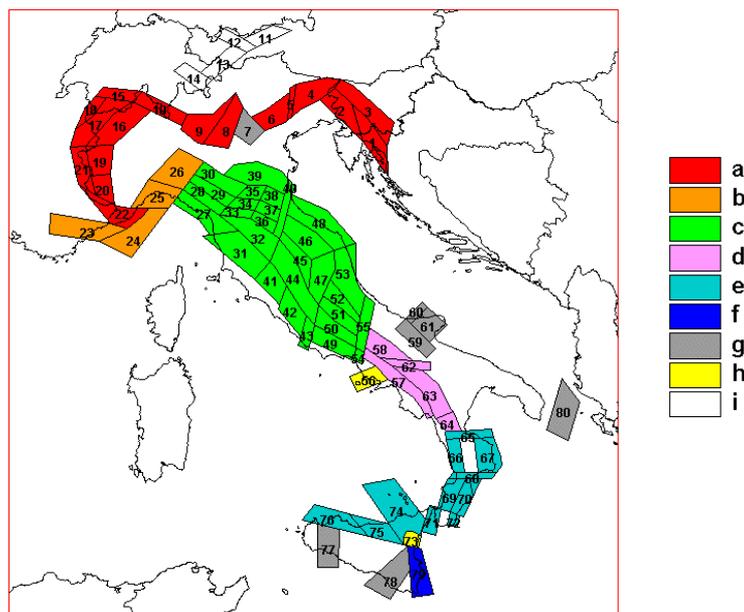


fig. 11.1.I - reperibile al sito <http://emidius.mi.ingv.it/GNDT/P511/NoteWorkshop.html>

Dall'interrogazione del "Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani" CPT04, del quale si riporta un estratto (*Gruppo di lavoro CPT01, 1999, 2004 – ING, GNDT, SGA, SSN, Bologna, 1999*), per un intorno significativo del capoluogo comunale di Podenzano, sono stati identificati una serie di eventi sismici tra i quali i più intensi presentano una magnitudo equivalente "significativa" compresa tra 5,5 e 6,0.

Interrogazione effettuata sui seguenti parametri:

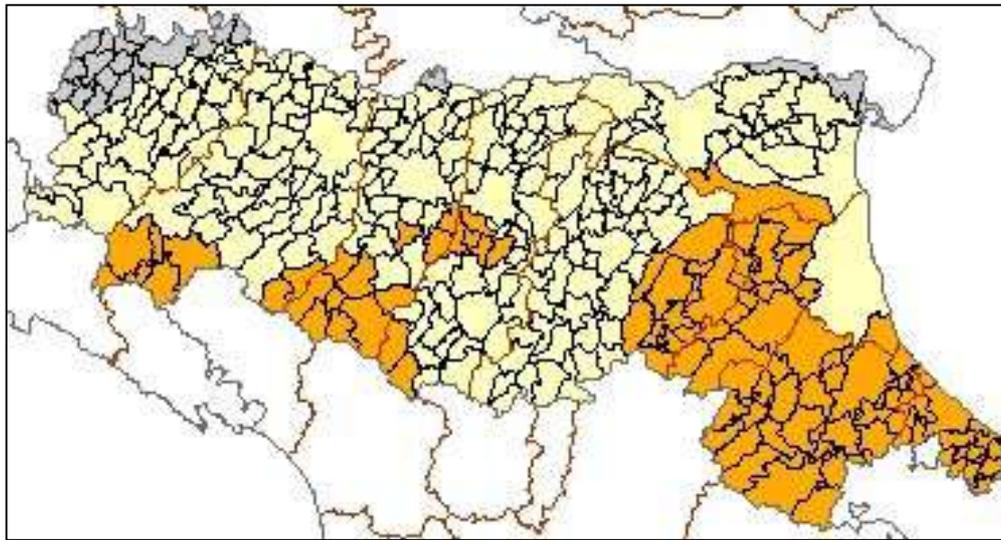
Area circolare con centro C (45.052, 9.693) e raggio 50 km
con valore Io tra 1 e 11

N Tr	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	AE	Rt	Np	Imx	Io	TI	Lat	Lon	TL	Maw	Daw	TW	Mss	Das	TS	Msp	Dep	ZS9	TZ	Ncft	Nnt	Ncpt
59	DI	1276	7	28	19	30	Italia settentr.	CFTI	10	55	60	M	45.08	9.55	A	5.11	0.12	4.71	0.18	4.91	0.17	911	G	119	516	59		
74	DI	1303	3	22	23		PIACENZA	DOM	1	55	55		45.052	9.693	A	4.63	0.13	4.00	0.20	4.25	0.19	911	G		57	74		
113	DI	1383	7	24	20		PARMA	DOM	7	55	55		45.058	9.915	A	4.63	0.13	4.00	0.20	4.25	0.19	911	A		57	113		
144	DI	1438	6	11	20		Parmaense	CFTI	12	80	80		44.85	10.23	A	5.62	0.17	5.47	0.26	5.61	0.26	913	G	181	559	144		
221	DI	1522	10	5	8		CREMONA	DOM	7	55	55		45.136	10.024	A	4.63	0.13	4.00	0.20	4.25	0.19				201	221		
511	DI	1738	11	5	30		PARMA	DOM	10	70	70		44.906	10.083	A	5.40	0.20	5.15	0.30	5.31	0.28	913	G		62	511		
620	DI	1781	9	10			CARAVRAGGIO	DOM	1	65	65		45.497	9.644	A	5.03	0.33	4.60	0.49	4.80	0.48	907	G		288	620		
647	DI	1786	4	7			PIACENZA	DOM	8	70	65		45.298	9.535	A	5.31	0.16	5.01	0.24	5.18	0.22	911	A		522	647		
694	DI	1802	5	12	9	30	Valle dell'oglio	CFTI	66	85	80		45.42	9.85	A	5.67	0.09	5.54	0.13	5.54	0.13	907	G	355	239	694		
780	DI	1829	9	6	19	30	CREMONA	DOM	2	65	65		45.136	10.024	A	5.03	0.33	4.60	0.49	4.80	0.48				2034	780		
1103	DI	1885	2	26	20	48	SCANDIANO	DOM	78	60	60		45.208	10.163	A	5.22	0.10	4.88	0.15	5.06	0.14				62	1103		
1523	CP	1910	1	23	1	50	PONTE DELL'OLIO	POSSS	55				44.9	9.633		4.63	0.13	4.00	0.20	4.25	0.19	911	G		525	1523		
1664	CP	1918	1	13	12		LODI	POSSS	45				45.333	9.5		4.86	0.14	4.34	0.21	4.56	0.19	911	A		2056	1664		
1960	CP	1940	5	1	9	36	5 NOCETO	POSSS	50				44.8	10.183		4.89	0.14	4.39	0.21	4.61	0.19	913	G		634	1960		
2054	DI	1951	5	15	22	54	LODIGIANO	DOM	126	60	65		45.254	9.85	A	5.24	0.07	4.91	0.11	5.09	0.10	911	A		2113	2054		
2339	CP	1974	4	15	21	49	12 PIONE	POSSS	55				44.65	9.683		4.64	0.12	4.01	0.18	4.26	0.17	915	G		554	2339		

Numero di record estratti: 16

11.2. - Zone sismiche

Come già enunciato nei precedenti paragrafi la nuova normativa tecnica disposta dall'Ordinanza n° 3274/03 introduce una differente classificazione dell'intero territorio nazionale, passando dalla suddivisione in n° 3 zone (D.M. 16-01-1996) alla divisione in n° 4 zone (vedasi fig. 11.2.I).



ZONE



Fig. 11.2.I

A ciascuna zona sismica risulta assegnato un intervallo di valori dell'accelerazione di picco orizzontale al suolo (a_g).

Nelle tabella 1 successiva sono riportate le accelerazioni per ogni zona omogenea di riferimento.

TABELLA 1		
	ACCELERAZIONE ORIZZONTALE CON PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO PARI AL 10% IN 50 ANNI AG/G	ACCELERAZIONE ORIZZONTALE DI ANCORAGGIO DELLO SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO (NORME TECNICHE) AG/G
1	>0.25	0.35
2	0.15-0.25	0.25
3	0.05-0.15	0.15
4	<0.05	0.05

Livelli energetici delle Azioni sismiche previste dall'OPCM 3274/03 per le varie Zone

Nella prima colonna della Tabella 1 è riportato il valore di picco orizzontale del suolo (a_g/g) espresso in percentuale di "g" (accelerazione di gravità) mentre nella seconda colonna sono riportati i valori dell'accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico nelle norme tecniche sulle costruzioni.

I valori di cui alla Tabella 1 sono tutti riferiti alle accelerazioni che sono attese a seguito di un evento sismico laddove il sottosuolo interessato è costituito da Formazioni litoidi o Rigide definite quali suoli di fondazione di Categoria A ($V_s \geq 800$ m/s) (vedi paragrafo seguente).

È da sottolineare quindi che in base al nuovo elenco tutto il territorio nazionale è in pratica considerato potenzialmente sismico, con livelli di rischio così come definiti nella tabella 2.

TABELLA 2	
ZONE OMOGENEE	LIVELLO DI RISCHIO SISMICO
1	Elevata sismicità
2	Media sismicità
3	Bassa sismicità
4	Minima sismicità

Il territorio comunale di Podenzano è stato ascritto a **zona sismica 3**: vi corrispondono aree di bassa sismicità con un valore di accelerazione orizzontale di ancoraggio massima al suolo a_g pari a 0,101 g.

11.3. - Analisi di pericolosità sismica locale

Al termine del proprio mandato il Gruppo di Lavoro (SSN-GNDT)¹ ha consegnato al DPC² le carte di rischio sismico del territorio nazionale. Queste rappresentano rispettivamente, per ciascun comune e su base annua, l'ammontare atteso dei danni relativi al solo patrimonio abitativo e il numero medio delle persone coinvolte nei crolli di abitazioni.

Gli elaborati di rischio sono stati ottenuti a partire da una rappresentazione probabilistica (metodo di Cornell) dei tassi anni di occorrenza in intensità MCS³, calcolati con relazioni di attenuazione differenziate regionalmente e mediando su due diversi criteri di stima dei tassi di sismicità in ciascuna zona sorgente.

Le cartografie realizzate hanno permesso una dettagliata analisi di rischio sismico per tutta la nazione riferita al patrimonio abitativo.

Le figure 11.3.I. e 11.3.II rappresentano, a scala regionale, rispettivamente la “mappa del danno percentuale atteso”, e la “mappa delle massime intensità macrosismiche osservate nei comuni” (valutata a partire dalla banca dati macrosismici del GNDT e dai dati del Catalogo dei Forti Terremoti dell'Istituto Nazionale di Geofisica – ING e reperibili al sito:

http://www.serviziosismico.it/PROG/G_RISCHI/PERDANTOT/perdantot_f.html).

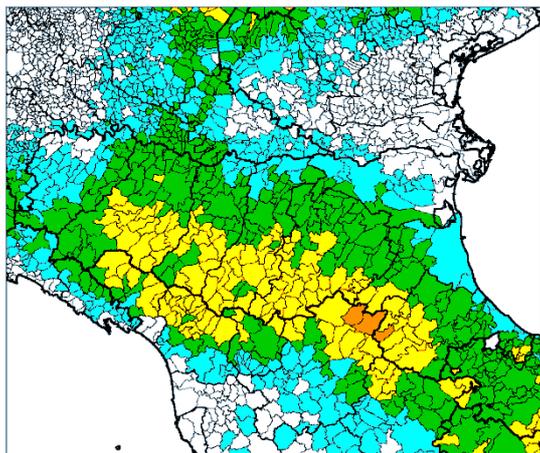
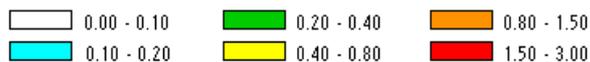


fig 11.3.I -Mappa del danno atteso (in %) a scala regionale

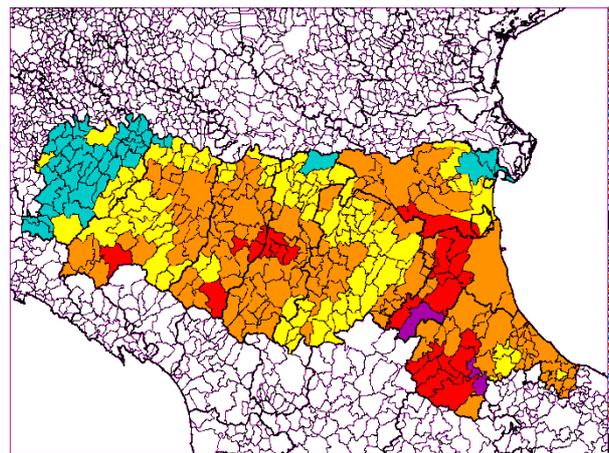


fig. 11.3.II – Mappa intensità macrosismiche osservate

1 SSN-GNDT: Servizio Sismico Nazionale - Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, appartenente al CNR
 2 DPC: Dipartimento di Protezione Civile
 3 MCS: scala Mercalli-Cancani-Sieberg

Dalle mappe mostrate si evince che per quanto concerne il territorio comunale di Podenzano il danno percentuale atteso e le massime intensità macrosismiche osservate presentano entrambi tra i valori più bassi delle scale in legenda, rispettivamente compresi tra 0.00% e 0.10% e ≤ 6 (intensità massima osservata).

Per quanto concerne la mappa di pericolosità sismica elaborata dal GdL INGV (AA.VV., 2004) (Figura 11.3.III) il comune di Podenzano, è caratterizzato da una classe di a.max, con valori mediamente compresi tra 0.100 g e 0.125 g.

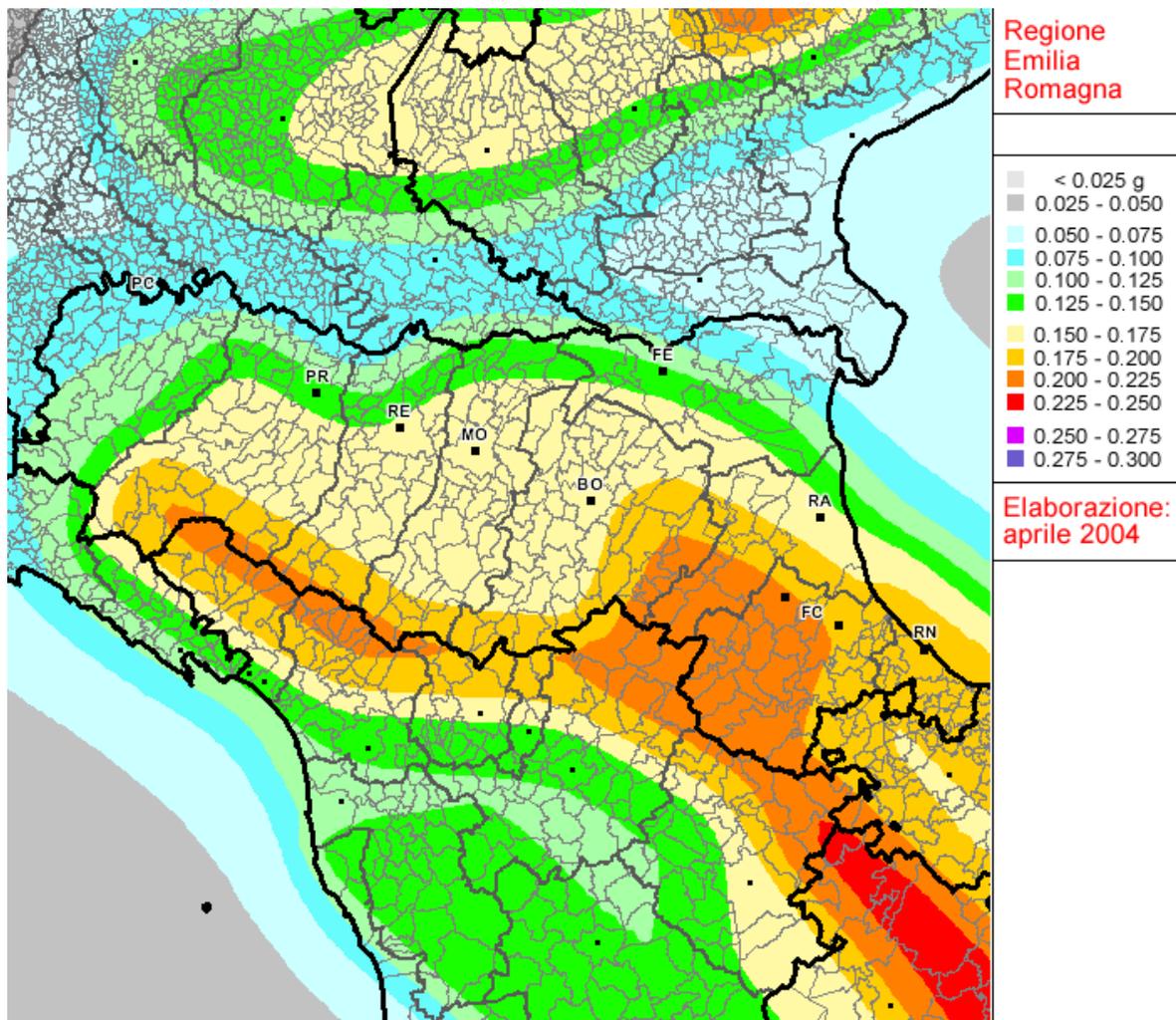


Fig. 11.3.III - Mappa delle pericolosità sismica

11.4. – Compatibilità sismica dell'area oggetto di PUA

Riferimenti normativi: L.R. 20/2000, OPCM n. 3274 del 20/03/2003, DM 14 settembre 2005, DGR n. 1677 del 24/10/2005, Delibera dell'Assemblea Legislativa della RER n. 112 del 02 maggio 2007, D.G.R. n. 2193 del 21/12/2015.

Nell'ambito della sicurezza del territorio e difesa del suolo, strettamente connesso al tema del dissesto idrogeologico, si colloca la valutazione del rischio sismico che richiede un'analisi dettagliata anche in relazione all'attuale quadro normativo. Ai sensi dell'art. A-2 comma 4 della L.R. 20/2000 "Nei territori regionali individuati come zone sismiche, ai sensi dell'art. 145 della L.R. n. 3 del 1999, gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica concorrono alla riduzione ed alla prevenzione del rischio sismico, sulla base delle analisi di pericolosità, vulnerabilità ed esposizione".

Inoltre, l'art. 37 della L.R. 31/2002 "Disciplina generale dell'edilizia" e s.m.i. indica che nelle zone sismiche il parere di compatibilità degli strumenti di pianificazione riguarda le "condizioni di pericolosità locale degli aspetti fisici del territorio"; il punto 9.3 della circolare n. 6515 del 21/3/2003, sull'applicazione di alcune disposizioni della L.R. 31/2002 chiarisce che le "condizioni di pericolosità locale degli aspetti fisici del territorio" sono tutti gli aspetti fisici del territorio che influiscono sulla pericolosità locale, quali le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, geotecniche e idrogeologiche che possono determinare instabilità dei versanti, effetti di amplificazione del moto sismico, addensamento e liquefazione.

A seguito dell'entrata in vigore del D.M. 14/9/2005 (pubblicato sul suppl. ord. N. 159 alla G. U. n. 222 del 23 settembre 2005) "Norme Tecniche per le Costruzioni" che recepisce la nuova classificazione sismica nazionale (OPCM 3274/2003) tutti i comuni sono classificati sismici, con diverso grado di pericolosità sismica, e sono richiesti specifici studi per la valutazione della risposta sismica locale ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto (punto 3.2.1.); in assenza di tali studi si utilizzeranno i criteri e i parametri proposti nelle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC).

Le NTC definiscono anche i criteri geologici e geotecnici per l'elaborazione di piani urbanistici e progettazione in ampie superfici (punto 7.3.10.).

Il D.M. 14/9/2005 è stato recepito dalla Regione Emilia-Romagna con la deliberazione di Giunta Regionale n. 1677 del 24/10/2005 che, al punto 6., forniva indicazioni sui contenuti e le modalità di approvazione degli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica, in particolare sulle analisi di pericolosità a supporto dei piani (punto 6.1) e sui pareri preventivi sui piani (punto 6.2).

In questi punti la DGK 1677/2005 ribadiva che gli strumenti urbanistici dovevano essere compatibili con la pericolosità sismica locale, come previsto già dalla circolare 1288 de11/02/1983 "Indicazioni metodologiche sulle indagini geologiche da produrre a corredo dei piani urbanistici comunali".

In questa circolare al punto 0.3 - ZONE SISMICHE si specifica che "... nei Comuni classificati sismici l'indagine geologica dovrà interessare anche tutto il territorio urbanizzato, oltre naturalmente le nuove aree insediabili, nonché le fasce di territorio riguardanti le più importanti reti infrastrutturali (...) ricomprese o che attraversano il territorio comunale. In questo caso la relazione geologica deve dare un contributo specifico alla valutazione della vulnerabilità sismica del territorio soprattutto per quanto attiene alla valutazione della dinamica degli "effetti indotti" dalle scosse sismiche sul terreno interessato dal patrimonio edilizio ed infrastrutturale esistente, nonché sulle aree di probabile sviluppo insediativo (sono effetti indotti dalla propagazione delle onde sismiche nel terreno: la generazione di frane, crolli e cedimenti, la ripresa del movimento in paleofrane S.I. stabili a memoria d'uomo, la eventuale liquefazione per presenza d'acqua in suoli sciolti, l'accentuazione dei fenomeni erosivi e probabili alluvionamenti, l'amplificazione locale delle scosse sismiche e conseguenti fenomeni di esaltazione degli effetti del terremoto in superficie legati all'assetto litologico, morfologico, tettonico e idrologico dei terreni superficiali). Sulla base di tale valutazione sarà quindi possibile definire zone territoriali omogenee dove costruire con minor rischio, dove potrà essere opportuno adottare coefficienti di fondazione maggiorati nel rispetto della normativa vigente e dove non costruire affatto..".

La Delibera dell'Assemblea Legislativa della RER n. 112 del 2 maggio 2007 adotta l'Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, c. 1, della L. R. 20/2000 per "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica".

In esso si specifica che gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica concorrono alla riduzione del rischio sismico, così come specificato nell'art. A-2, comma 4, dell'Allegato alla LR 20/2000, attraverso analisi di pericolosità, vulnerabilità ed esposizione urbanistica ed "orientano le proprie scelte localizzative, i possibili processi di trasformazione urbana e la realizzazione delle opere di interesse pubblico verso scenari di prevenzione e mitigazione del rischio sismico".

A tal fine, il quadro conoscitivo degli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica, deve perseguire lo scopo di migliorare la conoscenza delle componenti che determinano il rischio sismico nonché fornire criteri di scelta finalizzati alla prevenzione e alla riduzione dello stesso, secondo un approccio graduale e programmatico alle varie scale e ai vari livelli di pianificazione.

Pertanto, nel definire il quadro conoscitivo, gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica devono avere riguardo alle parti di territorio interessate dai rischi per le opere e le attività umane determinate anche dalla pericolosità sismica.

Queste conoscenze della pericolosità sismica potenziale del territorio consentono alla pianificazione di evitare l'insorgenza di nuovi rischi attraverso la localizzazione di interventi in aree esposte a minor pericolo.

Nella sopraccitata delibera regionale è previsto che gli studi di risposta sismica locale e microzonazione sismica vengano condotti a diversi livelli di approfondimento a seconda delle finalità, delle applicazioni, nonché degli scenari di pericolosità locale.

Nella prima fase di studio (Primo Livello di Approfondimento), si definiscono gli scenari di pericolosità sismica locale, cioè le parti di territorio comunale suscettibili di pericolosità sismica locale, (amplificazione del segnale sismico, cedimenti, instabilità versanti, fenomeni di liquefazione, rotture del terreno ecc): occorre ricordare che nei comuni classificati in zona 5 può risultare sufficiente tale grado di approfondimento, salvo individuazioni di scenari di pericolosità significativi.

Nella seconda fase di studio (Secondo Livello di Approfondimento), sarà eseguito uno studio di Microzonazione Sismica (MZS), limitatamente alle aree urbanizzate o suscettibili di urbanizzazione, le fasce di territorio riguardanti le reti infrastrutturale, ricadenti nelle aree potenzialmente soggette ad effetti locali individuate nella prima fase di studio.

Il terzo livello di approfondimento è finalizzato a quantificare gli effetti locali con maggior dettaglio, utilizzando le indicazioni contenute negli allegati della Delibera di Assemblea Legislativa della RER n. 112 del 02-05-2007 e s.m.i. e nel data base regionale.

11.4.1 - Categoria di sottosuolo

Le NTC prevedono la definizione dell'azione sismica sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie mediante studi specifici di risposta sismica locale.

In assenza di tali analisi si può fare riferimento ad un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione delle categorie di sottosuolo di riferimento riportate nella tabella in fig. 10.4.I (NTC ed EuroCodice 8).

La classificazione può essere basata sulla stima dei valori della velocità media delle onde sismiche di taglio V_{s30} (velocità media di propagazione entro i 30 metri di profondità), se disponibile, altrimenti sulla base del numero di colpi NSPT ottenuti in una prova penetrometrica dinamica (per terreni prevalentemente granulari), oppure sulla coesione non drenata media C_u (per terreni prevalentemente coesivi).

Le Onde trasversali o di taglio (S) sono body-wave tali da provocare nel materiale attraversato oscillazioni perpendicolari alla loro direzione di propagazione.

Le Onde longitudinali o di compressione (P) determinano invece compressioni e rarefazioni del mezzo in cui viaggiano ed ai loro passaggio le particelle del materiale attraversato compiono un moto oscillatorio nella direzione di propagazione dell'onda.

Sono, fra le onde generate da un terremoto, le più veloci, e dunque le prime avvertite ad una stazione sismica (onda prime P).

La velocità delle Onde S è necessariamente inferiore alla velocità delle Onde P; esse raggiungono velocità che si aggirano solitamente intorno ai 60-70% della velocità delle prime.

La velocità di propagazione delle onde sismiche nei terreni e nelle rocce dipende da molti fattori, quali la granulometria o la natura mineralogica, la porosità o il grado di cementazione e di fratturazione (RQD), la presenza della falda o il semplice contenuto in acqua o in gas, la topografia, ecc..

La V_{s30} viene determinata con la seguente formula:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1..N} \frac{h_i}{V_i}}$$

dove:
 h_i = spessore (m.) della i -esima formazione o strato compreso nei primi 30 m di profondità;
 V_i = velocità delle onde di taglio nella stessa formazione o strato;
 n = numero di formazioni o strati compresi nei primi 30 m di profondità.

Categoria di suolo	Descrizione
A.	<i>Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m.</i>
B.	<i>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 e da valori di V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica NSPT > 50, o coesione non drenata $c_u > 250$ kPa).</i>
C.	<i>Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di V_{s30} compresi tra 180 e 360 m/s ($15 < NSPT < 50$, $70 < c_u < 250$ kPa).</i>
D.	<i>Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti, caratterizzati da valori di $V_{s30} < 180$ m/s ($NSPT < 15$, $c_u < 70$ kPa).</i>
E.	<i>Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali, con valori di V_{s30} 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 $V_{s30} > 800$ m/s.</i>

Fig. 10.4.I - Categorie di sottosuolo

In conclusione, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi, come indicato *al capo 7.11.3 delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17.01.2018.*

La velocità di propagazione delle onde di taglio nei primi trenta metri del sottosuolo, alla luce dei dati ricavati dalle indagini in sito, delle quali si riportano le risultanze nel paragrafo 5.1 "Prospezioni sismiche con metodologia HVSR", risulta: **$V_{s30} \cong 339$ m/s.** Il suolo di fondazione dell'area oggetto di PUA è pertanto ascrivibile alla **categoria di sottosuolo tipo C.** Quindi il coefficiente di amplificazione stratigrafica **S_s** risulta pari a **1.50.** Si precisa che l'andamento delle Vs ottenuto tramite la registrazione dei microtremori sismici ha valore puramente indicativo, quindi durante la fase esecutiva i dati emersi dovranno essere verificati attraverso la realizzazione di ulteriori prospezioni sismiche.

11.4.2 – Liquefazione dei terreni

Le norme per la verifica alla liquefazione dei terreni sono esplicitate nell'Euro Codice 8 "UNI-ENV 1998-5- 1998" al p.to 4.1.3 "terreni potenzialmente liquefacibili".

Per liquefazione si intende il fenomeno in base al quale un terreno incoerente (sabbia) di particolari caratteristiche, durante una sollecitazione sismica tende a comportarsi come un fluido, vale a dire perde la resistenza al taglio e può colare anche su pendenze molto modeste.

Il fenomeno dipende dal tipo di sedimenti, dal loro grado di compattazione, dalle pressioni iniziali agenti e soprattutto dal livello della falda acquifera (condizioni di saturazione).

I terreni maggiormente colpiti dalla liquefazione sono le pianure alluvionali, le spiagge, i terrazzi e i depositi di estuario (Youd & Hoose, 1977-tesi).

In Italia, malgrado l'elevata pericolosità sismica, il fenomeno è molto limitato; ciò può essere dovuto al fatto che le aree più sismiche sono prevalentemente montuose, mentre i terreni potenzialmente liquefacibili sono situati nella Pianura Padana o lungo le coste.

Come vedremo in seguito, in riferimento ai parametri litostratigrafici-idrogeologici che caratterizzano l'area oggetto d'intervento, alla categoria sismica del territorio comunale e considerando le massime intensità microsismiche (magnitudo storica inferiore o pari a 6) osservate per un intorno significativo all'area d'intervento (rif. GNDT-ING-SSN – Servizio Sismico Nazionale), **non sussistono le condizioni perché si verifichino fenomeni di liquefazione** [rif. *Metodo di Seed e Idriss modificato da Tokimatsu & Yoshimi (1983) e semplificato da GNDT-CNR*].

Il metodo di Seed e Idriss è il più noto e utilizzato dei metodi semplificati e richiede solo la conoscenza di pochi parametri geotecnici: la granulometria, il numero dei colpi nella prova SPT, la densità relativa, il peso di volume. Per determinare il valore del coefficiente riduttivo r_d viene utilizzata la formula empirica proposta da Iwasaki et al. (1978):

$$r_d = 1 - 0.015z$$

mentre per il fattore correttivo MSF si veda la Tabella 1 dove viene riportato il valore di questo fattore ottenuto da vari ricercatori, tra cui Seed H. B. e Idriss I. M (1982).

Tabella 1 - Magnitudo Scaling Factor

Magnitudo	Seed H. B. & Idriss I. M. (1982)
5.5	1.43
6.0	1.32
6.5	1.19
7.0	1.08
7.5	1.00
8.0	0.94
8.5	0.89

La resistenza alla liquefazione CRR, viene calcolata in funzione della magnitudo, del numero di colpi, della pressione verticale effettiva, della densità relativa.

Si ottiene un grafico (Fig. 1) ottenuto selezionando i casi di terreni in cui si è avuta liquefazione e non liquefazione durante i terremoti.

Si calcola inizialmente il numero dei colpi corretto alla quota desiderata per tenere conto della pressione litostatica mediante la seguente espressione:

$$(N_{1.60}) = C_N \cdot N_m$$

dove:

N_m è il numero medio dei colpi nella prova penetrometrica standard SPT;

C_N è un coefficiente correttivo che si calcola mediante la seguente espressione:

$$C_N = \left(\frac{Pa}{\sigma'_{v0}} \right)^{0.5}$$

dove:

σ'_{v0} è la pressione verticale effettiva;

Pa la pressione atmosferica espressa nelle stesse unità di σ'_{v0} ;

n un'esponente che dipende dalla densità relativa del terreno (Fig. 2).

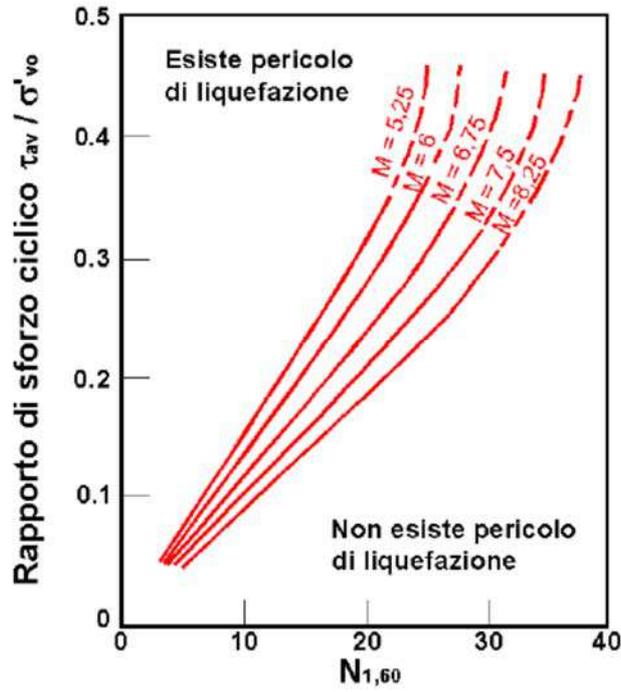


Figura 1 – Correlazione fra CSR e $N_{1,60}$.

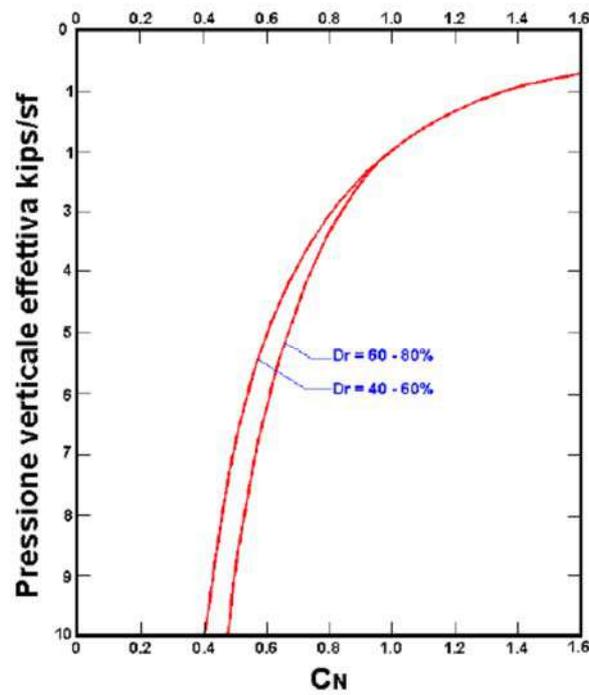


Figura 2 – Coefficiente correttivo C_N

E' stato dimostrato che per un terremoto di magnitudo pari a 7,5 CRR è:

$$CRR \approx \frac{N_{1.60}}{90}$$

Si applica quindi la:

$$F_s = \frac{CRR}{CSR}$$

se $F_s > 1,3$ il deposito non è liquefacibile.

Nel caso specifico, in relazione alle condizioni idrogeologiche del territorio (profondità falda) e degli elementi geognostici in nostro possesso (parametri geotecnici e litologici del sedime fondazionale), la F_s è risultata sempre maggiore di 1,48.

11.4.3. - Primo livello di approfondimento

Per quanto concerne la porzione di territorio oggetto di PUA, con riferimento alle indicazioni metodologiche fornite dalla Regione Emilia Romagna (*vedasi Allegato A1 della Delibera di Assemblea Legislativa RER n. 112 del 02 maggio 2007 e s.m.i.*), sono elencate nella seguente tabella le principali caratteristiche fisiche del territorio che concorrono a determinare eventuali effetti locali, quali ad esempio: amplificazione del segnale sismico, cedimenti, instabilità dei terreni, fenomeni di liquefazione, rotture del terreno, ecc. ecc..

Tabella "A"

<p>Depositi che possono determinare amplificazione (spessore ≥ 5 m):</p> <ul style="list-style-type: none"> - detriti di versante (frane, detriti di falda, detriti eluvio-colluviali, detriti di versante s.l., - depositi morenici, depositi da geliflusso); - detriti di conoide alluvionale; - depositi alluvionali terrazzati e di fondovalle; - accumuli detritici in zona pedemontana (falde di detrito e coni di deiezione); - depositi fluvio-lacustri; - riporti antropici poco addensati; - substrato affiorante alterato o intensamente fratturato (per uno spessore ≥ 5 m); - litotipi del substrato con Vs < 800 m/sec⁴.
<p>Elementi morfologici che possono determinare amplificazione:</p> <ul style="list-style-type: none"> - creste, cocuzzoli, dorsali allungate, versanti con acclività > 15° e altezza ≥ 30 m;
<p>Depositi suscettibili di amplificazione, liquefazione e cedimenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> - depositi granulari fini (sabbie) con livello superiore della falda acquifera nei primi 15 m dal piano campagna, (fattori predisponenti al fenomeno di liquefazione); - depositi (spessore ≥ 5 m) di terreni granulari sciolti o poco addensati o di terreni coesivi poco consistenti, caratterizzati da valori Nspt < 15 o cu < 70 kPa.
<p>Aree soggette ad instabilità di versante:</p> <ul style="list-style-type: none"> - aree instabili: aree direttamente interessate da fenomeni franosi attivi; - aree potenzialmente instabili" aree in cui sono possibili riattivazioni (frane quiescenti) o attivazioni di movimenti franosi (tutti gli accumuli detritici incoerenti, indipendentemente dalla genesi, con acclività > 15°; pendii costituiti da terreni prevalentemente argillosi e/o intensamente fratturati⁵ con acclività >15°; versanti con giacitura degli strati a franapoggio con inclinazione minore o uguale a quella del pendio; aree prossime a zone instabili che possono essere coinvolte dalla riattivazione del movimento franoso; scarpate sub-verticali; accumuli detritici incoerenti prossimi all' orlo di scarpate).
<p>Elementi che possono determinare effetti differenziali, sia amplificazione che cedimenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> - contatto laterale tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse; cavità sepolte.

⁴ Possono rientrare in questa categoria le argille e le argille marnose oligo-mioceniche della Successione Epiligure, le argille e le argille marnose tardo messiniane e plio-pleistoceniche, le sabbie poco cementate plio-pleistoceniche.

⁵ Rientrano in questa categoria i terreni con spaziatura della fratturazione < 20 cm.

Per quanto concerne il comparto oggetto della presente analisi, sito nel territorio comunale di Piacenza, si propone di individuare e valutare gli eventuali scenari di pericolosità sismica locale mediante il “Primo Livello di Approfondimento”

Con riferimento alle indicazioni metodologiche fornite dalla Regione Emilia Romagna (vedasi Allegato A1 della Delibera di Assemblea Legislativa RER n. 112 del 02-05-2007 e s.m.i.), sono elencate nella tabella A, riportata in seguito, le caratteristiche fisiche del territorio che concorrono a determinare eventuali effetti in sito (amplificazione del segnale sismico, cedimenti, instabilità dei terreni, fenomeni di liquefazione, rotture del terreno, ecc).

In relazione alle condizioni litostratigrafiche e geomeccaniche emerse dai rilievi (rif. punti I e III in tabella A) i terreni presenti nel sottosuolo possono considerarsi “sismicamente stabili”, in quanto costituiti da depositi intravallivi terrazzati e depositi ghiaiosi conglomeratici, appartenenti alla “Successione neogenico-quadernaria del margine appenninico padano”, mediamente addensati e di elevato spessore, con caratteristiche meccaniche nell’insieme da sufficienti a discrete, che interagendo con le onde sismiche prodotte da un dato terremoto ne possono amplificare e modificare lo scuotimento senza pervenire a rottura, deformazioni permanenti significative (liquefazione) e con cedimenti “relativamente limitati”. Liquefazione (rif. *Metodo di Seed e Idris modificato da Tokimatsu & Yoshimi (1983) e semplificato da GNDT-CNR*): in relazione alle condizioni idrogeologiche del territorio (profondità falda) ed agli elementi geognostici in nostro possesso (parametri geotecnici e litologici del sedime fondazionale), la F_s (*fattore di sicurezza*) è risultata sempre maggiore di 1,48 (se $F_s > 1,3$ il deposito non è liquefacibile). In riferimento agli effetti di sito indicati nei punti IV), V): non siamo in presenza di zone instabili, né tanto meno contatti tra litotipi con caratteristiche geomeccaniche “molto differenti”.

Per quanto concerne il punto II (*elementi morfologici che possono determinare amplificazione*), essendo in presenza di una configurazione topografica “non complessa” possiamo adottare la seguente classificazione (rif. Tab. 3.2.IV delle *Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17.01.2018*):

Tabella 3.2.IV – *Categorie topografiche*

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

Le sopra esposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell’azione sismica se di altezza maggiore di 30 metri. Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico ST riportati nella Tab. 3.2.VI delle sopraccitate norme tecniche, in funzione delle categorie topografiche e dell’ubicazione dell’opera o dell’intervento.

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

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

La variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o rilievo, dalla sommità o cresta fino alla base dove S_T assume valore unitario.

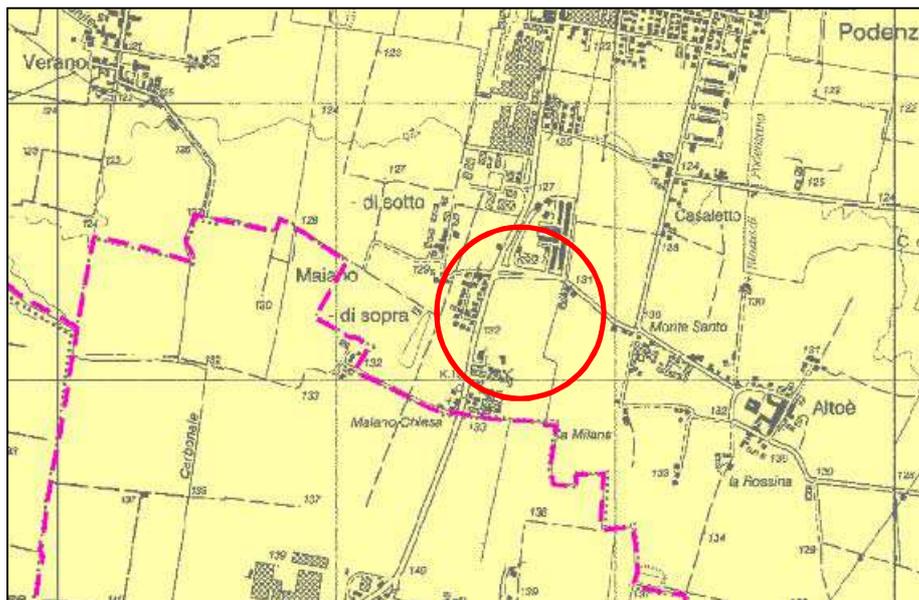
La porzione di territorio sul quale verrà sviluppato l'intervento in progetto, si presenta pressoché sub-pianeggiante, con una acclività prossima al 1%.

In base a quanto specificato nella normativa di riferimento per angoli medi di pendio inferiori ai 15° gli effetti topografici potranno essere tralasciati.

Quindi, la morfologia caratteristica del sito è ascrivibile alla categoria topografica T1, nella quale il coefficiente S_T è pari a 1,00.

In conclusione, non si rilevano condizioni di “pericolosità geologica locale” tali da condizionare lo sviluppo della pianificazione proposta.

Tuttavia, essendo in presenza di depositi alluvionali in grado di produrre seppur modeste amplificazioni dell'evento sismico, conformemente alle indicazioni metodologiche fornite dalla Regione Emilia Romagna (*Delibera di Assemblea Legislativa RER n. 112 del 02-05-2007 e s.m.i.*) ed alle prescrizioni del P.T.C.P. vigente (rif. Tav.A4-2 - “Carta delle aree suscettibili effetti sismici locali” in fig. 11.4.3.I), verrà sviluppato, nel paragrafo seguente, anche il “Secondo livello di approfondimento”.



Legenda

D Depositi sismici, depositi alluvionali glaciali, limosi e indifferenziati, substrato roccioso con $V_{30} < 800$ m/s e assestati

Fig. 11.4.3.I

11.4.4. - Secondo livello di approfondimento

Sulla base degli scenari individuati dalle analisi svolte nel corso della prima fase e non essendo la zona interessata da instabilità, il modello stratigrafico può essere assimilato ad un schema fisico monodimensionale. Pertanto si è proceduto attraverso **un'analisi semplificata** (*secondo livello o fase di approfondimento*), cioè l'analisi della pericolosità locale è stata basata, oltre che sull'acquisizione di dati geologici e geomorfologici più dettagliati di quelli rilevati nel primo livello, su prove geofisiche e prove geotecniche in sito di tipo standard e l'amplificazione del moto sismico è stato stimato attraverso abachi e formule indicate nell'**Allegato 2 del DGR n. 2193**. Preso atto del contesto "geologico" della territorio oggetto di analisi si ritiene che le indagini approntate e/o prese in esame siano tali da consentire un'adeguata caratterizzazione litostratigrafica e geofisica spaziale dei terreni e delle formazioni presenti nell'area di studio. Per quanto concerne il secondo livello o fase di approfondimento, l'amplificazione sismica locale viene valutata mediante **fattori di amplificazione** (FA). I FA rappresentano il rapporto fra lo scuotimento sismico, valutato per la condizione geo-litologica specifica e il corrispondente scuotimento relativo alla categoria di sottosuolo A. I FA sono relativi a due parametri rappresentativi dello scuotimento sismico. Il primo è l'accelerazione di picco orizzontale (**PGA**), il secondo è l'intensità spettrale (**SI**). La caratterizzazione geofisica del territorio è stata effettuata mediante l'interpretazione delle risultanze delle prove HVSR "Horizontal to Vertical Spectral Ratio" (*vedasi risultanze allegato 2 al presente elaborato*). Dal momento che l'area oggetto di intervento si colloca in un ambito di pianura caratterizzato da profilo stratigrafico costituito da alternanze di sabbie e peliti, con spessori anche decametrici, talora con intercalazioni di orizzonti di ghiaie (di spessore anche decine di metri), con substrato profondo (≥ 100 m da p.c. - PIANURA 2), si adottano, per determinare i fattori di amplificazione, le tabelle di cui all'Allegato A2.1.2 del D.G.R. n. 2193.

Per una velocità rilevata delle onde di taglio prossima ai 350 m/s (V_{s30}), entro i primi 30 metri di profondità nei depositi fluvioglaciali che costituiscono il sottosuolo dell'area in studio (*rif. successione neogenico-quadernaria del margine appenninico padano*), i fattori di amplificazione valgono rispettivamente:

F.A. **PGA = 1.5**

F.A. **SI1** (INTENSITA' SPETTRALE $0.1s < T_0 < 0.5s$) = **1.70**

F.A. **SI2** (INTENSITA' SPETTRALE $0.5s < T_0 < 1.0s$) = **2.10**

F.A. **SI3** (INTENSITA' SPETTRALE $0.5s < T_0 < 1.5s$) = **2.20**

In conclusione si considera che, a parere dello scrivente la porzione di territorio in esame non necessita di ulteriori approfondimenti di carattere sismico, in quanto si ritiene il pericolo assente o comunque trascurabile.

11.4.5 – Frequenza naturale dei terreni (prospezione HVSR)

Dal 1 gennaio 2016 la “determinazione della frequenza naturale dei terreni” rientra tra i contenuti analitici minimi relativi agli effetti di doppia risonanza fra terreno e struttura.

Il paragrafo illustra e commenta l’indagine geofisica, approntata nell’ambito del comparto residenziale denominato “RES_14” (vedasi planimetria in allegato 1 al presente elaborato), ai fini della determinazione della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo mediante la registrazione dei microtremori a stazione singola con **tromografo** digitale (HVSR).

Si precisa che sono state effettuate più registrazioni, delle quali si riporta nel presente paragrafo la maggiormente significativa ai fini dell’indagine.



da sx a dx sensore del tromografo Echo 3 e configurazione completa sul campo

La caratterizzazione dei terreni è stata effettuata tramite la tecnica sismica passiva (tecnica dei rapporti spettrali) o HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio). La prova è stata condotta utilizzando un sismometro a stazione singola (tromografo digitale) in grado di registrare i microtremori lungo le direzioni X coincidente con l’Est topografico e Y coincidente con il Nord e lungo quella verticale (Z), di un ampio intervallo di frequenze (0.1-100 Hz) e per una durata sufficientemente lunga (mediamente 5-20 minuti). Il moto indotto nel terreno è stato misurato dallo strumento in termini di velocità attraverso tre velocimetri, uno per ogni direzione di misura (X, Y e Z). Le misure registrate sono state poi elaborate e restituite graficamente in forma di spettri H/V (rapporto H/V in funzione della frequenza) e spettri V (componente verticale del moto in funzione della frequenza).

I terreni in oggetto, nel punto di prova, saranno soggetti ad amplificazioni dovuti ad una particolare frequenza di risonanza del terreno in caso di sisma.

La frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo è stata individuata a circa **6.31 Hz ± 0,1 Hz**.

12.0 - CONCLUSIONI

Per l'area oggetto del presente Piano Attuativo, espressamente indicata dalla committenza, sono stati analizzati nel dettaglio una serie di parametri atti a fornire valutazioni sull'idoneità all'uso previsto (geolitologici, geomorfologici, idrogeologici, geotecnici e litostratigrafici).

E' stata, inoltre, valutata la compatibilità dell'area di trasformazione con l'obiettivo della riduzione del rischio sismico e con le esigenze di protezione civile, sulla base di analisi di pericolosità locale nonché di vulnerabilità ed esposizione urbana (art. 10, comma 1, della L.R. 19 giugno 1984, n. 35). In riferimento alle indicazioni metodologiche fornite dalla Regione Emilia Romagna (vedasi Allegato A1 della Delibera di Assemblea Legislativa RER n. 112 del 02-05-2007 e s.m.i.), sono elencate nella tabella A (rif. pag. 11.4.3) le caratteristiche fisiche del territorio che concorrono a determinare eventuali effetti in sito (amplificazione del segnale sismico, cedimenti, instabilità dei terreni, fenomeni di liquefazione, rotture del terreno, ecc). In ragione della bassa sismicità dell'ambito comunale e di quelle che sono le condizioni morfologiche e litostratigrafiche dalla porzione di territorio in esame:

- area prive di fenomeni di instabilità;
- condizioni topografiche tali da non indurre fattori di amplificazione dell'azione sismica (rif. Tab. 3.2.V delle norme tecniche di cui al D.M. 17.01.2018);
- terreni di fondazione non soggetti a deformazioni permanenti e/o significative (liquefazione);
- terreni di fondazione "sismicamente stabili", con caratteristiche meccaniche nell'insieme "discrete", che interagendo con le onde sismiche prodotte da un dato terremoto (intensità massime previste pari a circa 6 MCS), ne possono amplificare e modificare lo scuotimento senza pervenire a rottura e con cedimenti limitati;

non si rilevano condizioni di "**pericolosità geologica locale**" tali da vincolare la pianificazione proposta.

Dalle verifiche effettuate si evince che l'intervento proposto, relativo al *comparto residenziale denominato "RES_14"*, si colloca in un ambito territoriale non gravato da particolari vincoli di carattere prettamente geologico-ambientale, all'interno del quale i processi di trasformazione devono soltanto rispettare gli indirizzi e le direttive del P.T.C.P. e del P.S.C. vigente. **In conclusione si ritiene che la pianificazione proposta sia da considerarsi compatibile con le condizioni di pericolosità locale degli aspetti fisici del territorio e quindi l'area idonea alla trasformazione, fatta salva l'osservanza della seguente prescrizione:** "le modalità di realizzazione di qualsiasi intervento edilizio (con particolare riferimento alle scelte delle strutture di fondazione) dovranno necessariamente emergere dall'esecuzione di dettagliate indagini geotecniche e sismiche così come prescritto dal D.M. 17/01/18".

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Panoramica dell'area oggetto di PUA

Piacenza: Giugno 2021

IL GEOLOGO
Dott. Nicola Cavanna

Provincia di Piacenza

Comune di Podenzano

ALLEGATO 1

PLANIMETRIA UBICAZIONI SONDAGGI GEOGNOSTICI **su base rilievo fornito dalla committenza**

LEGENDA



Prove sismiche (HVSr)



Prove penetrometriche dinamiche (DPM)

Committenza:

EDILSTRADE REAL ESTATE S.r.l.



Provincia di Piacenza

Comune di Podenzano

ALLEGATO 2

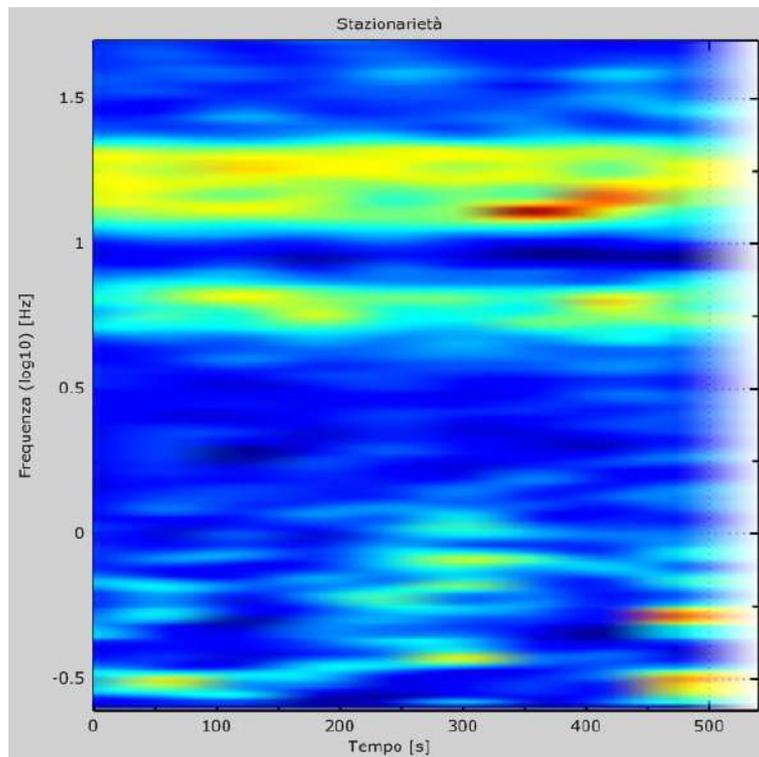
PROSPEZIONE SISMICA "HVSR" (RISULTANZE)



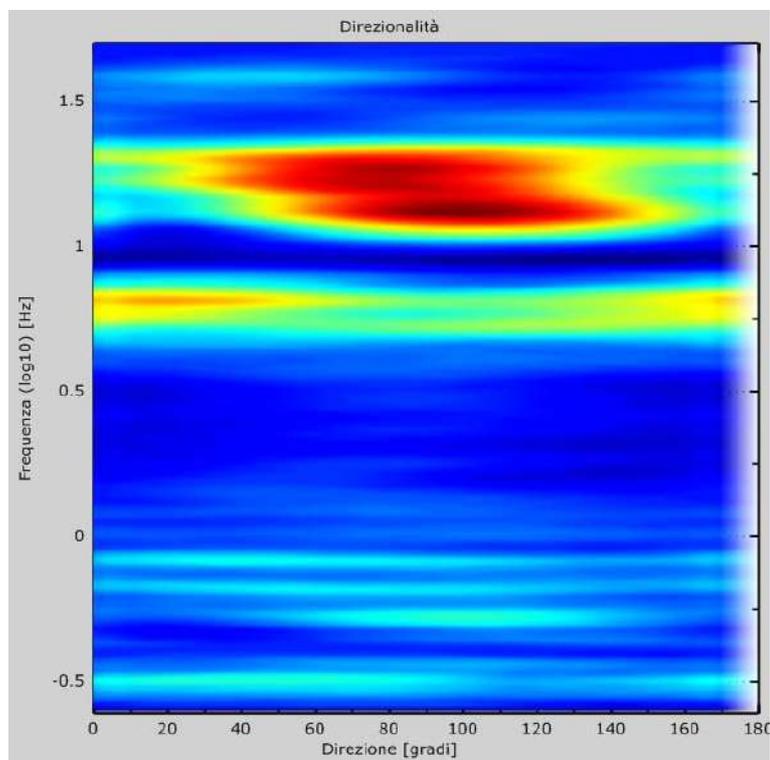
2 pagine

Committenza:

EDILSTRADE REAL ESTATE S.r.l.



Stazionarietà



Direzionalità

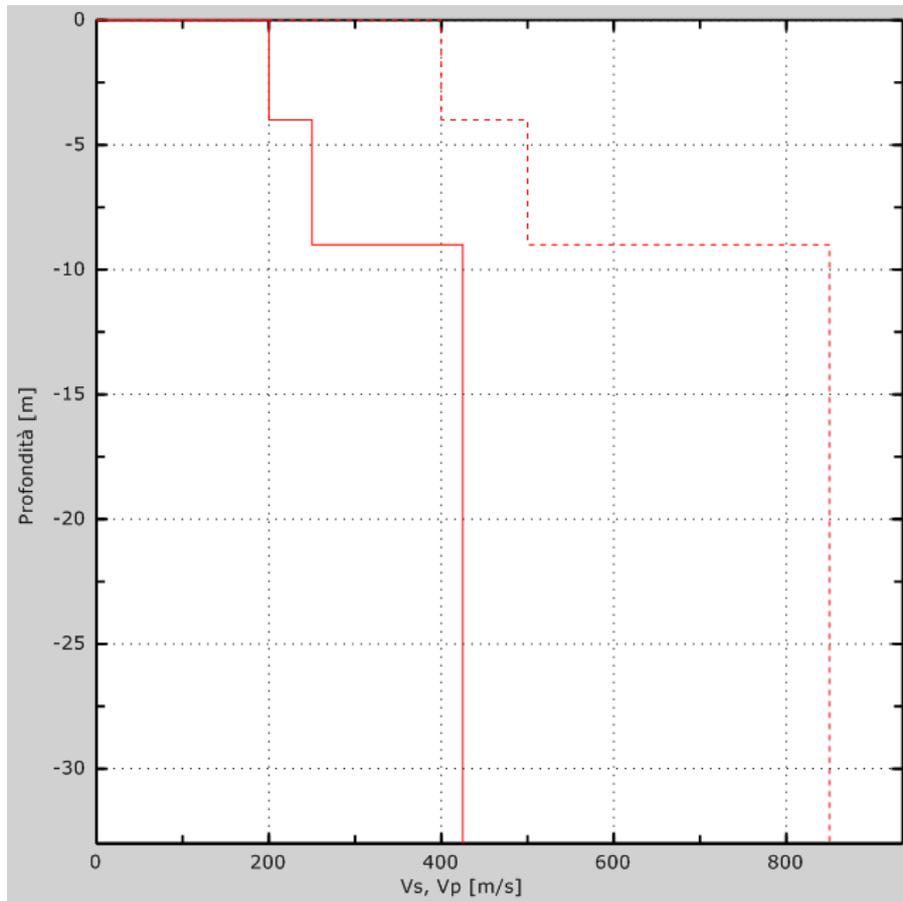


Grafico della velocità delle onde di taglio nell'area indagata

Vs30 [m/s]	339
Tipo di suolo	C
Normativa applicata	Decreto Ministeriale del 17-01-2018

Provincia di Piacenza

Comune di Podenzano

ALLEGATO 3

CERTIFICATI PENETROMETRICI (DPM)



15 pagine

Committenza:

EDILSTRADE REAL ESTATE S.r.l.

PROVA ... Nr.1

Strumento utilizzato...
 Prova eseguita in data
 Profondità prova
 Falda non rilevata

DMP 3020 PAGANI
 18/05/2021
 9,00 mt

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,10	6	0,857	19,42	22,67	0,97	1,13
0,20	7	0,855	22,60	26,44	1,13	1,32
0,30	6	0,853	19,33	22,67	0,97	1,13
0,40	7	0,851	22,50	26,44	1,12	1,32
0,50	7	0,849	22,45	26,44	1,12	1,32
0,60	8	0,847	25,60	30,22	1,28	1,51
0,70	10	0,845	31,93	37,78	1,60	1,89
0,80	13	0,793	38,96	49,11	1,95	2,46
0,90	15	0,792	42,70	53,95	2,14	2,70
1,00	18	0,790	51,12	64,74	2,56	3,24
1,10	20	0,788	56,68	71,93	2,83	3,60
1,20	20	0,786	56,55	71,93	2,83	3,60
1,30	20	0,785	56,43	71,93	2,82	3,60
1,40	20	0,783	56,31	71,93	2,82	3,60
1,50	15	0,781	42,14	53,95	2,11	2,70
1,60	18	0,780	50,46	64,74	2,52	3,24
1,70	27	0,728	70,68	97,10	3,53	4,86
1,80	15	0,776	41,88	53,95	2,09	2,70
1,90	13	0,775	34,56	44,61	1,73	2,23
2,00	7	0,823	19,78	24,02	0,99	1,20
2,10	6	0,822	16,92	20,59	0,85	1,03
2,20	7	0,820	19,70	24,02	0,99	1,20
2,30	6	0,819	16,86	20,59	0,84	1,03
2,40	9	0,817	25,24	30,89	1,26	1,54
2,50	5	0,816	14,00	17,16	0,70	0,86
2,60	6	0,814	16,77	20,59	0,84	1,03
2,70	7	0,813	19,53	24,02	0,98	1,20
2,80	6	0,811	16,71	20,59	0,84	1,03
2,90	11	0,810	29,24	36,10	1,46	1,80
3,00	7	0,809	18,58	22,97	0,93	1,15
3,10	7	0,807	18,55	22,97	0,93	1,15
3,20	9	0,806	23,81	29,54	1,19	1,48
3,30	12	0,805	31,69	39,38	1,58	1,97
3,40	5	0,803	13,18	16,41	0,66	0,82
3,50	9	0,802	23,69	29,54	1,18	1,48
3,60	10	0,801	26,28	32,82	1,31	1,64
3,70	7	0,800	18,37	22,97	0,92	1,15
3,80	15	0,748	36,84	49,23	1,84	2,46
3,90	25	0,697	54,80	78,60	2,74	3,93
4,00	11	0,796	27,53	34,59	1,38	1,73
4,10	9	0,795	22,49	28,30	1,12	1,41
4,20	6	0,794	14,97	18,86	0,75	0,94
4,30	5	0,793	12,46	15,72	0,62	0,79
4,40	3	0,791	7,47	9,43	0,37	0,47
4,50	4	0,790	9,94	12,58	0,50	0,63
4,60	3	0,789	7,44	9,43	0,37	0,47
4,70	5	0,788	12,39	15,72	0,62	0,79
4,80	6	0,787	14,85	18,86	0,74	0,94
4,90	5	0,786	11,86	15,09	0,59	0,75
5,00	4	0,785	9,48	12,07	0,47	0,60
5,10	3	0,784	7,10	9,05	0,35	0,45
5,20	3	0,783	7,09	9,05	0,35	0,45
5,30	4	0,782	9,44	12,07	0,47	0,60
5,40	6	0,781	14,14	18,11	0,71	0,91
5,50	8	0,780	18,83	24,14	0,94	1,21

5,60	14	0,729	30,80	42,25	1,54	2,11
5,70	9	0,778	21,13	27,16	1,06	1,36
5,80	11	0,777	25,80	33,19	1,29	1,66
5,90	11	0,776	24,77	31,91	1,24	1,60
6,00	11	0,775	24,75	31,91	1,24	1,60
6,10	12	0,775	26,96	34,81	1,35	1,74
6,20	8	0,774	17,96	23,21	0,90	1,16
6,30	6	0,773	13,45	17,41	0,67	0,87
6,40	10	0,772	22,40	29,01	1,12	1,45
6,50	10	0,771	22,37	29,01	1,12	1,45
6,60	13	0,720	27,17	37,71	1,36	1,89
6,70	7	0,770	15,63	20,31	0,78	1,02
6,80	7	0,769	15,61	20,31	0,78	1,02
6,90	9	0,768	19,30	25,14	0,97	1,26
7,00	10	0,767	21,43	27,93	1,07	1,40
7,10	8	0,766	17,12	22,34	0,86	1,12
7,20	8	0,766	17,11	22,34	0,86	1,12
7,30	9	0,765	19,23	25,14	0,96	1,26
7,40	7	0,764	14,94	19,55	0,75	0,98
7,50	8	0,763	17,06	22,34	0,85	1,12
7,60	6	0,763	12,78	16,76	0,64	0,84
7,70	10	0,762	21,28	27,93	1,06	1,40
7,80	14	0,711	27,81	39,10	1,39	1,96
7,90	11	0,761	22,53	29,62	1,13	1,48
8,00	5	0,760	10,23	13,46	0,51	0,67
8,10	6	0,759	12,27	16,16	0,61	0,81
8,20	6	0,759	12,26	16,16	0,61	0,81
8,30	5	0,758	10,20	13,46	0,51	0,67
8,40	18	0,707	34,28	48,47	1,71	2,42
8,50	6	0,757	12,22	16,16	0,61	0,81
8,60	6	0,756	12,21	16,16	0,61	0,81
8,70	10	0,755	20,34	26,93	1,02	1,35
8,80	7	0,755	14,23	18,85	0,71	0,94
8,90	8	0,754	15,68	20,79	0,78	1,04
9,00	10	0,753	19,59	25,99	0,98	1,30

PROVA ... Nr.2

Strumento utilizzato...
 Prova eseguita in data
 Profondità prova
 Falda non rilevata

DMP 3020 PAGANI
 18/05/2021
 8,00 mt

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,10	3	0,857	9,71	11,33	0,49	0,57
0,20	2	0,855	6,46	7,56	0,32	0,38
0,30	3	0,853	9,66	11,33	0,48	0,57
0,40	3	0,851	9,64	11,33	0,48	0,57
0,50	4	0,849	12,83	15,11	0,64	0,76
0,60	5	0,847	16,00	18,89	0,80	0,94
0,70	4	0,845	12,77	15,11	0,64	0,76
0,80	5	0,843	15,93	18,89	0,80	0,94
0,90	5	0,842	15,13	17,98	0,76	0,90
1,00	4	0,840	12,08	14,39	0,60	0,72
1,10	5	0,838	15,07	17,98	0,75	0,90
1,20	5	0,836	15,04	17,98	0,75	0,90
1,30	4	0,835	12,01	14,39	0,60	0,72
1,40	5	0,833	14,98	17,98	0,75	0,90
1,50	4	0,831	11,96	14,39	0,60	0,72
1,60	4	0,830	11,93	14,39	0,60	0,72
1,70	4	0,828	11,91	14,39	0,60	0,72
1,80	4	0,826	11,89	14,39	0,59	0,72
1,90	6	0,825	16,98	20,59	0,85	1,03
2,00	5	0,823	14,13	17,16	0,71	0,86
2,10	5	0,822	14,10	17,16	0,70	0,86
2,20	3	0,820	8,44	10,30	0,42	0,51
2,30	4	0,819	11,24	13,73	0,56	0,69
2,40	3	0,817	8,41	10,30	0,42	0,51
2,50	6	0,816	16,80	20,59	0,84	1,03
2,60	6	0,814	16,77	20,59	0,84	1,03
2,70	5	0,813	13,95	17,16	0,70	0,86
2,80	4	0,811	11,14	13,73	0,56	0,69
2,90	6	0,810	15,95	19,69	0,80	0,98
3,00	7	0,809	18,58	22,97	0,93	1,15
3,10	4	0,807	10,60	13,13	0,53	0,66
3,20	4	0,806	10,58	13,13	0,53	0,66
3,30	3	0,805	7,92	9,85	0,40	0,49
3,40	5	0,803	13,18	16,41	0,66	0,82
3,50	3	0,802	7,90	9,85	0,39	0,49
3,60	4	0,801	10,51	13,13	0,53	0,66
3,70	4	0,800	10,50	13,13	0,52	0,66
3,80	7	0,798	18,34	22,97	0,92	1,15
3,90	5	0,797	12,53	15,72	0,63	0,79
4,00	6	0,796	15,02	18,86	0,75	0,94
4,10	4	0,795	10,00	12,58	0,50	0,63
4,20	3	0,794	7,49	9,43	0,37	0,47
4,30	10	0,793	24,92	31,44	1,25	1,57
4,40	8	0,791	19,91	25,15	1,00	1,26
4,50	5	0,790	12,42	15,72	0,62	0,79
4,60	3	0,789	7,44	9,43	0,37	0,47
4,70	3	0,788	7,43	9,43	0,37	0,47
4,80	4	0,787	9,90	12,58	0,49	0,63

4,90	4	0,786	9,49	12,07	0,47	0,60
5,00	5	0,785	11,84	15,09	0,59	0,75
5,10	4	0,784	9,46	12,07	0,47	0,60
5,20	3	0,783	7,09	9,05	0,35	0,45
5,30	3	0,782	7,08	9,05	0,35	0,45
5,40	3	0,781	7,07	9,05	0,35	0,45
5,50	4	0,780	9,42	12,07	0,47	0,60
5,60	5	0,779	11,76	15,09	0,59	0,75
5,70	6	0,778	14,09	18,11	0,70	0,91
5,80	8	0,777	18,76	24,14	0,94	1,21
5,90	9	0,776	20,27	26,11	1,01	1,31
6,00	10	0,775	22,50	29,01	1,12	1,45
6,10	10	0,775	22,47	29,01	1,12	1,45
6,20	11	0,774	24,69	31,91	1,23	1,60
6,30	11	0,773	24,66	31,91	1,23	1,60
6,40	7	0,772	15,68	20,31	0,78	1,02
6,50	8	0,771	17,90	23,21	0,89	1,16
6,60	9	0,770	20,11	26,11	1,01	1,31
6,70	10	0,770	22,32	29,01	1,12	1,45
6,80	9	0,769	20,07	26,11	1,00	1,31
6,90	7	0,768	15,01	19,55	0,75	0,98
7,00	9	0,767	19,28	25,14	0,96	1,26
7,10	8	0,766	17,12	22,34	0,86	1,12
7,20	7	0,766	14,97	19,55	0,75	0,98
7,30	8	0,765	17,09	22,34	0,85	1,12
7,40	9	0,764	19,21	25,14	0,96	1,26
7,50	7	0,763	14,92	19,55	0,75	0,98
7,60	8	0,763	17,04	22,34	0,85	1,12
7,70	7	0,762	14,90	19,55	0,74	0,98
7,80	6	0,761	12,76	16,76	0,64	0,84
7,90	9	0,761	18,43	24,23	0,92	1,21
8,00	10	0,760	20,46	26,93	1,02	1,35

PROVA ... Nr.3

Strumento utilizzato...
 Prova eseguita in data
 Profondità prova
 Falda non rilevata

DMP 3020 PAGANI
 18/05/2021
 8,00 mt

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,10	4	0,857	12,94	15,11	0,65	0,76
0,20	5	0,855	16,14	18,89	0,81	0,94
0,30	4	0,853	12,88	15,11	0,64	0,76
0,40	4	0,851	12,86	15,11	0,64	0,76
0,50	6	0,849	19,24	22,67	0,96	1,13
0,60	6	0,847	19,20	22,67	0,96	1,13
0,70	7	0,845	22,35	26,44	1,12	1,32
0,80	7	0,843	22,30	26,44	1,12	1,32
0,90	7	0,842	21,19	25,17	1,06	1,26
1,00	7	0,840	21,14	25,17	1,06	1,26
1,10	6	0,838	18,08	21,58	0,90	1,08
1,20	6	0,836	18,05	21,58	0,90	1,08
1,30	6	0,835	18,01	21,58	0,90	1,08
1,40	5	0,833	14,98	17,98	0,75	0,90
1,50	9	0,831	26,90	32,37	1,35	1,62
1,60	10	0,830	29,83	35,96	1,49	1,80
1,70	6	0,828	17,87	21,58	0,89	1,08
1,80	5	0,826	14,86	17,98	0,74	0,90
1,90	6	0,825	16,98	20,59	0,85	1,03
2,00	5	0,823	14,13	17,16	0,71	0,86
2,10	3	0,822	8,46	10,30	0,42	0,51
2,20	5	0,820	14,07	17,16	0,70	0,86
2,30	7	0,819	19,67	24,02	0,98	1,20
2,40	9	0,817	25,24	30,89	1,26	1,54
2,50	5	0,816	14,00	17,16	0,70	0,86
2,60	4	0,814	11,18	13,73	0,56	0,69
2,70	9	0,813	25,11	30,89	1,26	1,54
2,80	7	0,811	19,49	24,02	0,97	1,20
2,90	4	0,810	10,63	13,13	0,53	0,66
3,00	4	0,809	10,62	13,13	0,53	0,66
3,10	4	0,807	10,60	13,13	0,53	0,66
3,20	6	0,806	15,87	19,69	0,79	0,98
3,30	4	0,805	10,56	13,13	0,53	0,66
3,40	10	0,803	26,37	32,82	1,32	1,64
3,50	4	0,802	10,53	13,13	0,53	0,66
3,60	6	0,801	15,77	19,69	0,79	0,98
3,70	4	0,800	10,50	13,13	0,52	0,66
3,80	2	0,798	5,24	6,56	0,26	0,33
3,90	8	0,797	20,05	25,15	1,00	1,26
4,00	2	0,796	5,01	6,29	0,25	0,31
4,10	2	0,795	5,00	6,29	0,25	0,31
4,20	3	0,794	7,49	9,43	0,37	0,47
4,30	2	0,793	4,98	6,29	0,25	0,31
4,40	3	0,791	7,47	9,43	0,37	0,47
4,50	2	0,790	4,97	6,29	0,25	0,31
4,60	4	0,789	9,93	12,58	0,50	0,63
4,70	4	0,788	9,91	12,58	0,50	0,63
4,80	3	0,787	7,42	9,43	0,37	0,47

4,90	3	0,786	7,12	9,05	0,36	0,45
5,00	2	0,785	4,74	6,04	0,24	0,30
5,10	2	0,784	4,73	6,04	0,24	0,30
5,20	3	0,783	7,09	9,05	0,35	0,45
5,30	2	0,782	4,72	6,04	0,24	0,30
5,40	2	0,781	4,71	6,04	0,24	0,30
5,50	3	0,780	7,06	9,05	0,35	0,45
5,60	4	0,779	9,40	12,07	0,47	0,60
5,70	4	0,778	9,39	12,07	0,47	0,60
5,80	3	0,777	7,04	9,05	0,35	0,45
5,90	3	0,776	6,76	8,70	0,34	0,44
6,00	2	0,775	4,50	5,80	0,22	0,29
6,10	3	0,775	6,74	8,70	0,34	0,44
6,20	2	0,774	4,49	5,80	0,22	0,29
6,30	3	0,773	6,73	8,70	0,34	0,44
6,40	3	0,772	6,72	8,70	0,34	0,44
6,50	4	0,771	8,95	11,60	0,45	0,58
6,60	4	0,770	8,94	11,60	0,45	0,58
6,70	5	0,770	11,16	14,50	0,56	0,73
6,80	8	0,769	17,84	23,21	0,89	1,16
6,90	6	0,768	12,87	16,76	0,64	0,84
7,00	9	0,767	19,28	25,14	0,96	1,26
7,10	12	0,766	25,69	33,51	1,28	1,68
7,20	10	0,766	21,38	27,93	1,07	1,40
7,30	9	0,765	19,23	25,14	0,96	1,26
7,40	9	0,764	19,21	25,14	0,96	1,26
7,50	9	0,763	19,19	25,14	0,96	1,26
7,60	25	0,663	46,27	69,82	2,31	3,49
7,70	20	0,712	39,77	55,86	1,99	2,79
7,80	8	0,761	17,01	22,34	0,85	1,12
7,90	7	0,761	14,34	18,85	0,72	0,94
8,00	8	0,760	16,37	21,54	0,82	1,08

PROVA ... Nr.4

Strumento utilizzato...
 Prova eseguita in data
 Profondità prova
 Falda non rilevata

DMP 3020 PAGANI
 18/05/2021
 5,60 mt

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,10	3	0,857	9,71	11,33	0,49	0,57
0,20	4	0,855	12,91	15,11	0,65	0,76
0,30	4	0,853	12,88	15,11	0,64	0,76
0,40	8	0,851	25,71	30,22	1,29	1,51
0,50	8	0,849	25,65	30,22	1,28	1,51
0,60	8	0,847	25,60	30,22	1,28	1,51
0,70	10	0,845	31,93	37,78	1,60	1,89
0,80	9	0,843	28,67	34,00	1,43	1,70
0,90	9	0,842	27,24	32,37	1,36	1,62
1,00	8	0,840	24,16	28,77	1,21	1,44
1,10	8	0,838	24,11	28,77	1,21	1,44
1,20	7	0,836	21,05	25,17	1,05	1,26
1,30	6	0,835	18,01	21,58	0,90	1,08
1,40	4	0,833	11,98	14,39	0,60	0,72
1,50	11	0,831	32,88	39,56	1,64	1,98
1,60	12	0,830	35,80	43,16	1,79	2,16
1,70	8	0,828	23,82	28,77	1,19	1,44
1,80	7	0,826	20,80	25,17	1,04	1,26
1,90	5	0,825	14,15	17,16	0,71	0,86
2,00	6	0,823	16,95	20,59	0,85	1,03
2,10	5	0,822	14,10	17,16	0,70	0,86
2,20	6	0,820	16,89	20,59	0,84	1,03
2,30	4	0,819	11,24	13,73	0,56	0,69
2,40	5	0,817	14,02	17,16	0,70	0,86
2,50	5	0,816	14,00	17,16	0,70	0,86
2,60	10	0,814	27,94	34,32	1,40	1,72
2,70	5	0,813	13,95	17,16	0,70	0,86
2,80	9	0,811	25,06	30,89	1,25	1,54
2,90	7	0,810	18,61	22,97	0,93	1,15
3,00	5	0,809	13,27	16,41	0,66	0,82
3,10	3	0,807	7,95	9,85	0,40	0,49
3,20	3	0,806	7,94	9,85	0,40	0,49
3,30	6	0,805	15,84	19,69	0,79	0,98
3,40	2	0,803	5,27	6,56	0,26	0,33
3,50	4	0,802	10,53	13,13	0,53	0,66
3,60	4	0,801	10,51	13,13	0,53	0,66
3,70	3	0,800	7,87	9,85	0,39	0,49
3,80	4	0,798	10,48	13,13	0,52	0,66
3,90	3	0,797	7,52	9,43	0,38	0,47
4,00	3	0,796	7,51	9,43	0,38	0,47
4,10	2	0,795	5,00	6,29	0,25	0,31
4,20	2	0,794	4,99	6,29	0,25	0,31
4,30	2	0,793	4,98	6,29	0,25	0,31
4,40	3	0,791	7,47	9,43	0,37	0,47
4,50	2	0,790	4,97	6,29	0,25	0,31
4,60	2	0,789	4,96	6,29	0,25	0,31
4,70	3	0,788	7,43	9,43	0,37	0,47
4,80	2	0,787	4,95	6,29	0,25	0,31

4,90	5	0,786	11,86	15,09	0,59	0,75
5,00	2	0,785	4,74	6,04	0,24	0,30
5,10	4	0,784	9,46	12,07	0,47	0,60
5,20	18	0,733	39,81	54,32	1,99	2,72
5,30	28	0,682	57,63	84,49	2,88	4,22
5,40	32	0,631	60,94	96,56	3,05	4,83
5,50	40	0,580	70,02	120,70	3,50	6,04
5,60	40	0,579	69,90	120,70	3,50	6,04

PROVA ... Nr.5

Strumento utilizzato...
 Prova eseguita in data
 Profondità prova
 Falda non rilevata

DMP 3020 PAGANI
 18/05/2021
 8,00 mt

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,10	0	0,857	0,00	0,00	0,00	0,00
0,20	3	0,855	9,69	11,33	0,48	0,57
0,30	4	0,853	12,88	15,11	0,64	0,76
0,40	5	0,851	16,07	18,89	0,80	0,94
0,50	4	0,849	12,83	15,11	0,64	0,76
0,60	5	0,847	16,00	18,89	0,80	0,94
0,70	5	0,845	15,96	18,89	0,80	0,94
0,80	6	0,843	19,11	22,67	0,96	1,13
0,90	7	0,842	21,19	25,17	1,06	1,26
1,00	8	0,840	24,16	28,77	1,21	1,44
1,10	7	0,838	21,10	25,17	1,05	1,26
1,20	6	0,836	18,05	21,58	0,90	1,08
1,30	5	0,835	15,01	17,98	0,75	0,90
1,40	6	0,833	17,97	21,58	0,90	1,08
1,50	6	0,831	17,94	21,58	0,90	1,08
1,60	8	0,830	23,87	28,77	1,19	1,44
1,70	7	0,828	20,84	25,17	1,04	1,26
1,80	9	0,826	26,75	32,37	1,34	1,62
1,90	6	0,825	16,98	20,59	0,85	1,03
2,00	5	0,823	14,13	17,16	0,71	0,86
2,10	4	0,822	11,28	13,73	0,56	0,69
2,20	3	0,820	8,44	10,30	0,42	0,51
2,30	5	0,819	14,05	17,16	0,70	0,86
2,40	6	0,817	16,83	20,59	0,84	1,03
2,50	8	0,816	22,39	27,45	1,12	1,37
2,60	6	0,814	16,77	20,59	0,84	1,03
2,70	5	0,813	13,95	17,16	0,70	0,86
2,80	10	0,811	27,85	34,32	1,39	1,72
2,90	8	0,810	21,27	26,25	1,06	1,31
3,00	5	0,809	13,27	16,41	0,66	0,82
3,10	4	0,807	10,60	13,13	0,53	0,66
3,20	4	0,806	10,58	13,13	0,53	0,66
3,30	5	0,805	13,20	16,41	0,66	0,82
3,40	5	0,803	13,18	16,41	0,66	0,82
3,50	6	0,802	15,79	19,69	0,79	0,98
3,60	9	0,801	23,65	29,54	1,18	1,48
3,70	7	0,800	18,37	22,97	0,92	1,15
3,80	5	0,798	13,10	16,41	0,66	0,82
3,90	3	0,797	7,52	9,43	0,38	0,47
4,00	2	0,796	5,01	6,29	0,25	0,31
4,10	2	0,795	5,00	6,29	0,25	0,31
4,20	2	0,794	4,99	6,29	0,25	0,31
4,30	3	0,793	7,48	9,43	0,37	0,47
4,40	3	0,791	7,47	9,43	0,37	0,47
4,50	2	0,790	4,97	6,29	0,25	0,31
4,60	2	0,789	4,96	6,29	0,25	0,31
4,70	3	0,788	7,43	9,43	0,37	0,47
4,80	4	0,787	9,90	12,58	0,49	0,63

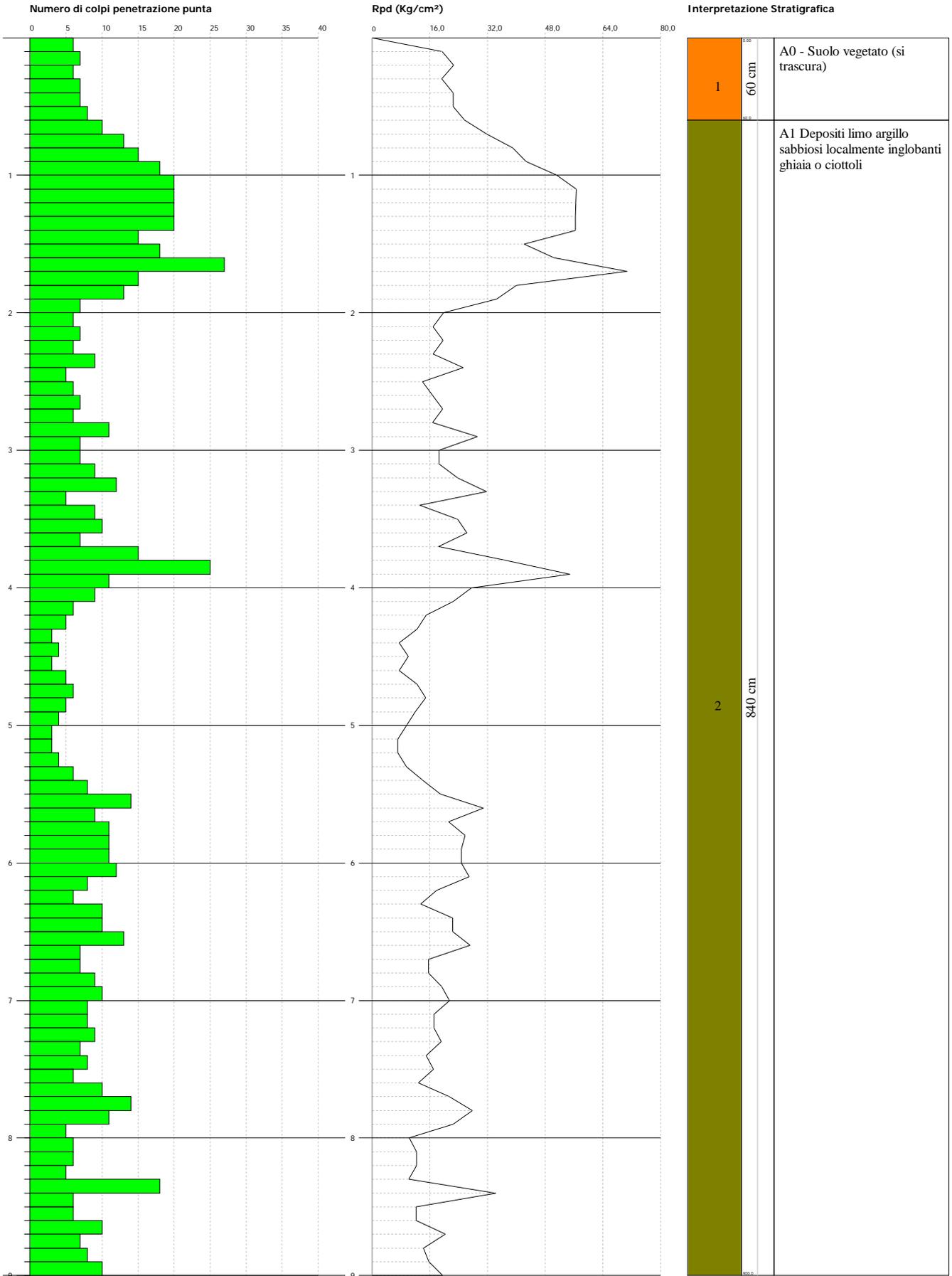
4,90	4	0,786	9,49	12,07	0,47	0,60
5,00	3	0,785	7,11	9,05	0,36	0,45
5,10	2	0,784	4,73	6,04	0,24	0,30
5,20	3	0,783	7,09	9,05	0,35	0,45
5,30	2	0,782	4,72	6,04	0,24	0,30
5,40	2	0,781	4,71	6,04	0,24	0,30
5,50	3	0,780	7,06	9,05	0,35	0,45
5,60	2	0,779	4,70	6,04	0,24	0,30
5,70	3	0,778	7,04	9,05	0,35	0,45
5,80	5	0,777	11,73	15,09	0,59	0,75
5,90	4	0,776	9,01	11,60	0,45	0,58
6,00	3	0,775	6,75	8,70	0,34	0,44
6,10	3	0,775	6,74	8,70	0,34	0,44
6,20	2	0,774	4,49	5,80	0,22	0,29
6,30	2	0,773	4,48	5,80	0,22	0,29
6,40	3	0,772	6,72	8,70	0,34	0,44
6,50	4	0,771	8,95	11,60	0,45	0,58
6,60	4	0,770	8,94	11,60	0,45	0,58
6,70	5	0,770	11,16	14,50	0,56	0,73
6,80	6	0,769	13,38	17,41	0,67	0,87
6,90	7	0,768	15,01	19,55	0,75	0,98
7,00	6	0,767	12,86	16,76	0,64	0,84
7,10	8	0,766	17,12	22,34	0,86	1,12
7,20	10	0,766	21,38	27,93	1,07	1,40
7,30	11	0,765	23,50	30,72	1,17	1,54
7,40	10	0,764	21,34	27,93	1,07	1,40
7,50	9	0,763	19,19	25,14	0,96	1,26
7,60	8	0,763	17,04	22,34	0,85	1,12
7,70	12	0,762	25,54	33,51	1,28	1,68
7,80	14	0,711	27,81	39,10	1,39	1,96
7,90	9	0,761	18,43	24,23	0,92	1,21
8,00	8	0,760	16,37	21,54	0,82	1,08

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1
Strumento utilizzato... DMP 3020 PAGANI

Committente: EDILSTRADE REAL ESTATE S.r.l.
 Cantiere: PUA - Ambito RES_14
 Località: Maiano - Comune di Podenznao (PC)

Data: 18/05/2021

Scala 1:39

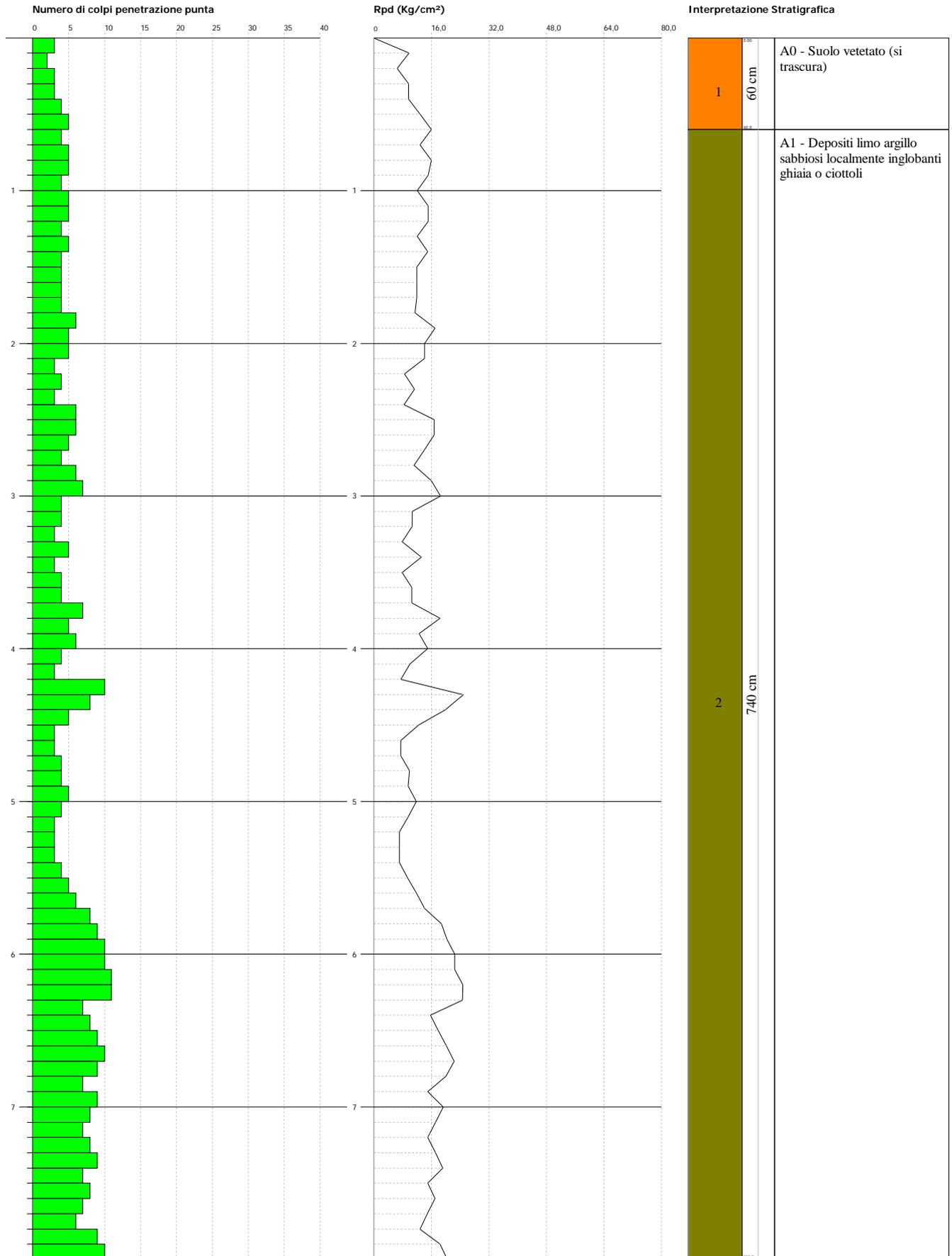


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2
Strumento utilizzato... DMP 3020 PAGANI

Committente: EDILSTRADE REAL ESTATE S.r.l.
 Cantiere: PUA - Ambito RES_14
 Località: Malano - Comune di Podenznao (PC)

Data: 18/05/2021

Scala 1:35

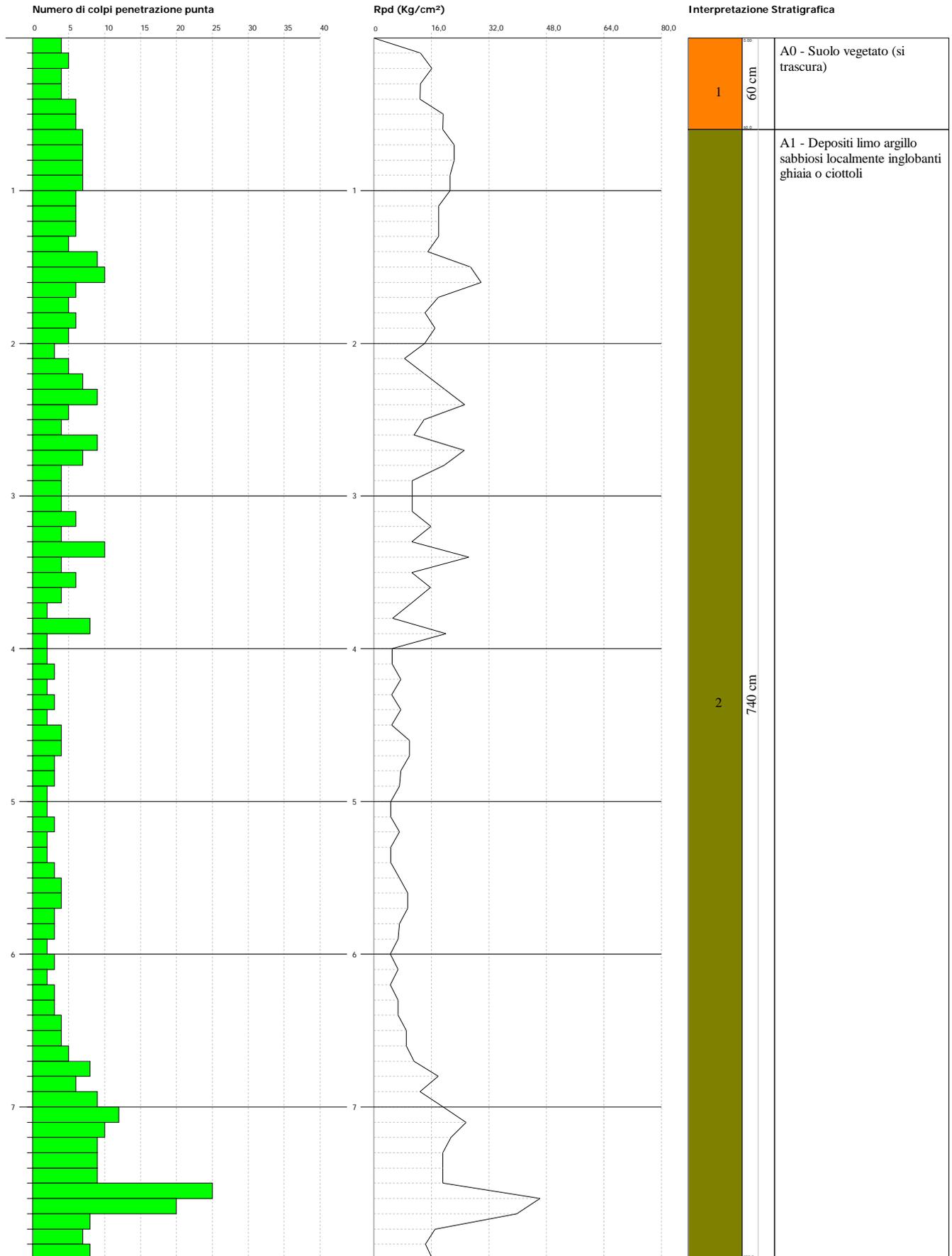


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.3
Strumento utilizzato... DMP 3020 PAGANI

Committente: EDILSTRADE REAL ESTATE S.r.l.
 Cantiere: PUA - Ambito RES_14
 Località: Malano - Comune di Podenznao (PC)

Data: 18/05/2021

Scala 1:35

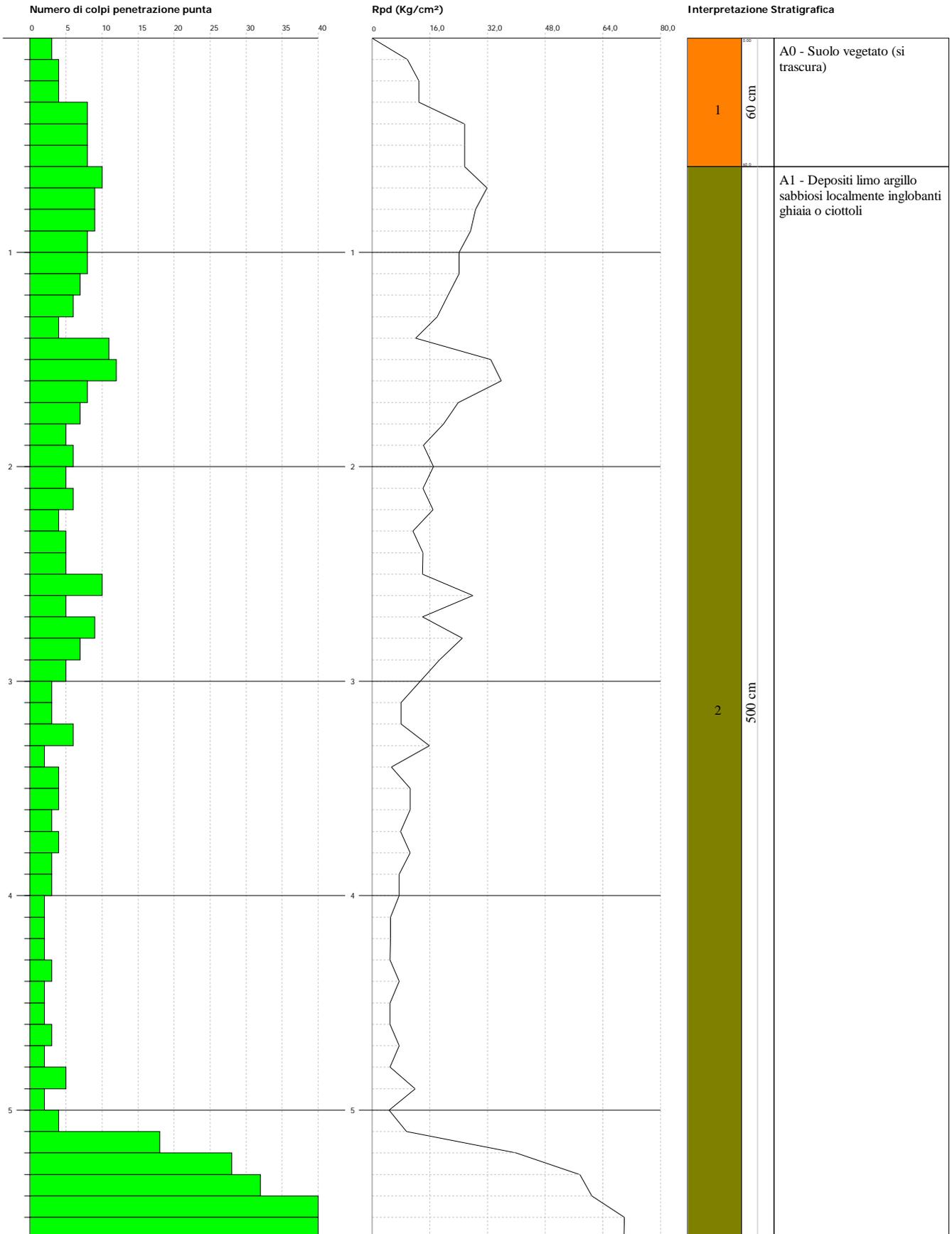


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.4
Strumento utilizzato... DMP 3020 PAGANI

Committente: EDILSTRADE REAL ESTATE S.r.l.
Cantiere: PUA - Ambito RES_14
Località: Malano - Comune di Podenznao (PC)

Data: 18/05/2021

Scala 1:25

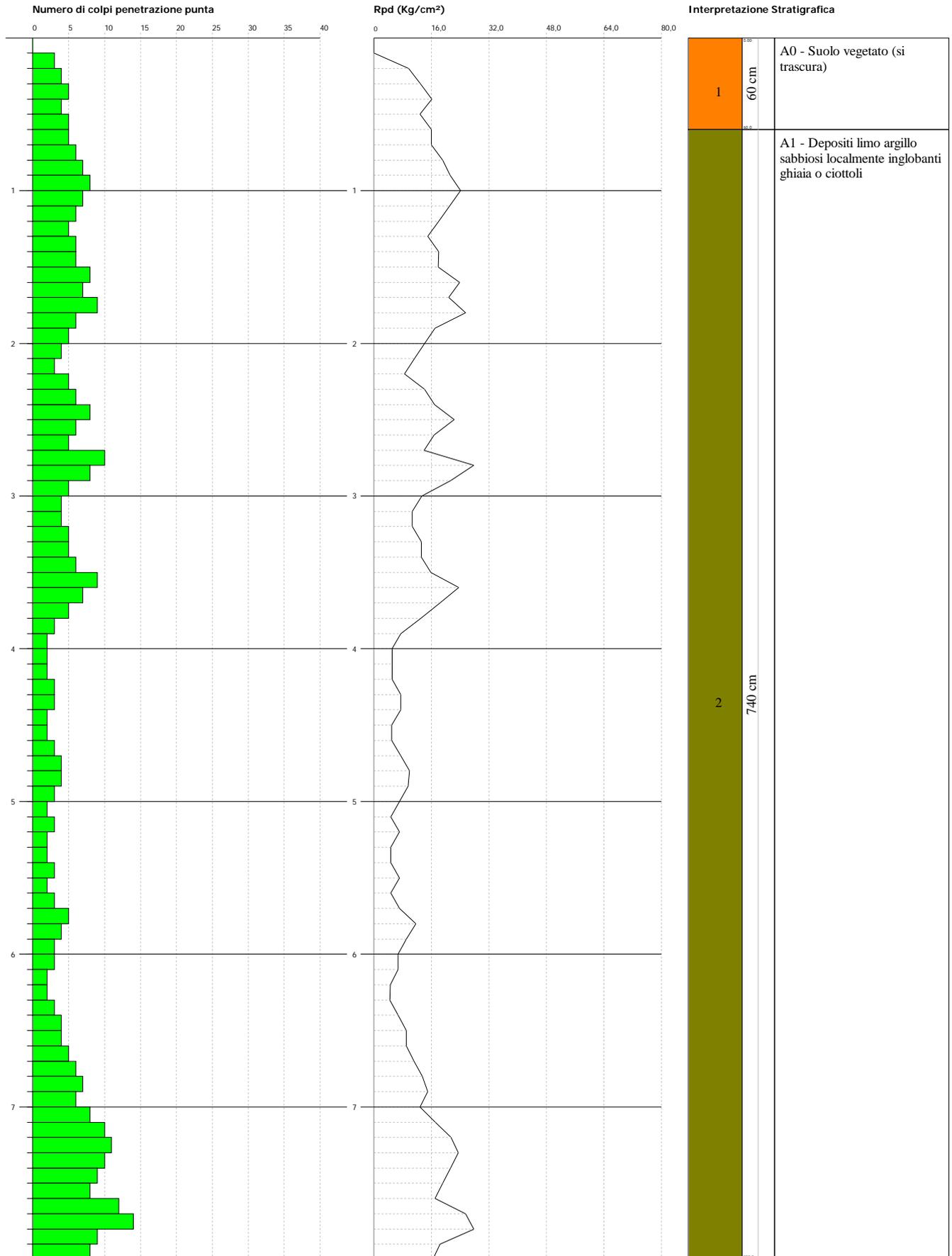


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.5
Strumento utilizzato... DMP 3020 PAGANI

Committente: EDILSTRADE REAL ESTATE S.r.l.
 Cantiere: PUA - Ambito RES_14
 Località: Malano - Comune di Podenznao (PC)

Data: 18/05/2021

Scala 1:35



Provincia di Piacenza

Comune di Podenzano

ALLEGATO 4

CERTIFICATI STRATIGRAFICI POZZI



2 pagine

Committenza:

EDILSTRADE REAL ESTATE S.r.l.

STRATIGRAFIA REALE DEL TERRENO	
Indicare la natura dei terreni e le <u>FALDE ACQUIFERE ATTRAVERSATE</u> , specificando se il tubo é fenestrato in corrispondenza	
- da mt. <u>0,00</u> a mt. <u>26,1</u>	<u>terreno vegetale</u>
- da mt. <u>2,61</u> a mt. <u>36,31</u>	<u>alternanza di ghiaia con sabbia fine e argilla gialla</u>
- da mt. <u>36,31</u> a mt. <u>51,61</u>	<u>alternanza ghiaietto con poca sabbia - conglomerato spugnoso e ghiaia con poca sabbia</u>
- da mt. <u>51,61</u> a mt. <u>57,11</u>	<u>alt. di argilla frastagliata e argilla con sabbia</u>
- da mt. <u>57,11</u> a mt. <u>61</u>	<u>ghiaia con poca sabbia</u> F
- da mt. <u>61,11</u> a mt. <u>73,61</u>	<u>alt. di argilla gialla e sabbia frastagliata</u>
- da mt. <u>73,61</u> a mt. <u>73,67</u>	<u>argilla con argente, torba</u>
- da mt. <u>73,61</u> a mt. <u>82,61</u>	<u>conglomerato</u> F
- da mt. <u>82,61</u> a mt. <u>83,61</u>	<u>argilla scura</u>
- da mt. <u>83,61</u> a mt. <u>85,11</u>	<u>ghiaia</u>
rispetto la propria responsabilità, che è stata verificata:	
da mt. <u>85,11</u> a mt. <u>90,11</u>	<u>sabbia scura frastagliata</u>
da mt. <u>90,11</u> a mt. <u>92,11</u>	<u>ghiaietto con poca sabbia</u> F
da mt. <u>92,11</u> a mt. <u>95,11</u>	

LOCALITA' MAIANO DI GRAZZANO VISCONTI

Pozzo N. 622

Ed 408

Ditta titolare del pozzo: Saccomani Pier Luigi

Data perforazione: 1982

Ditta perforatrice: F.lli Corcagnani

Diametro dei tubi: mm 220

Profondità: m 30

Portata: l/s 2

Livello statico: m 14

STRATIGRAFIA

