



Sede Legale: Via di Mezzo, 90 – 41058 VIGNOLA (MO) – ITALY
Telefono +39 059 761644 - **Telefax** +39 059 779111
Web www.geo-xpert.com ---- **Email** info@geo-xpert.com
PARTITA I.V.A.: 02740680364 – **COD. FISCALE:** 02740680364 - **C.C.I.A.A.:** MO 326926

PROPRIETA'



STUDIO DI PROGETTAZIONE

FUNDO STUDIO SRL
Via Giardini Sud, 52
41056 PAVULLO NEL FRIGNANO (MO)

TIPOLOGIA DELL'INTERVENTO

PROGETTO DI COMPLETAMENTO DEL COMPARTO PRODUTTIVO GOLD ART CERAMICA AI SENSI DELL'ART. 35 L.R. 24/2017 IN VARIANTE AL PSC / POC / RUE DEL COMUNE DI PAVULLO N/F (ASP. 1_S2, 2.8 E SUB-AMBITI A9.a E A9.b)

OGGETTO DELL'ELABORATO

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

PALAZZINA UFFICI – SALA MOSTRA

LOCALIZZAZIONE

STATO	ITALIA
REGIONE	EMILIA ROMAGNA
PROVINCIA	MODENA
COMUNE	PAVULLO NEL FRIGNANO
INDIRIZZO	LOC. MADONNA DEI BALDACCINI

CODIFICA GENERALE ELABORATO

CODICE INTERNO	VERSIONE	DATA	AREA DI PROGETTAZIONE	TIPO DI DOCUMENTO	NUMERAZIONE ELABORATO
4128	1	20/04/2020	A	REL	1

La ditta esecutrice delle indagini in sito

GEO-XPERT ITALIA SRL
Via di Mezzo, 90 - 41058 VIGNOLA (MO) - ITALY
P.IVA E C.F. 02740680364 - C.C.I.A.A. MO-326926

Il Progettista Strutturale

Aspetti Tecnico Professionali



Il Direttore dei Lavori Strutturali

INDICE

1	PREMESSA	4
2	RIFERIMENTI NORMATIVI	4
3	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	6
4	CARATTERISTICHE DEGLI INTERVENTI DI PROGETTO	8
5	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOLITOLOGICO	9
6	ASPETTI SISMICI DEL TERRITORIO DI PAVULLO NEL FRIGNANO	14
6.1	PERICOLOSITA' SISMICA	14
6.2	ZONAZIONE SIMOGENETICA	14
7	NORMATIVE DI RIFERIMENTO RELATIVE AGLI ASPETTI SISMICI	15
7.1	ORDINANZA P.C.M. 3274/2003	15
7.2	ORDINANZA P.C.M. 3519/2006	16
7.3	DELIBERA DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA N. 112/2007	17
7.4	NTC 2018 - AGGIORNAMENTO DELLE NORME TECNICHE SULLE COSTRUZIONI	18
7.4.1	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO DA NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI (RIF. 3.2.2 NTC 2018)	18
7.5	DELIBERA DI GIUNTA DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA N. 630/2019	19
8	SISMICITA'	20
8.1	SISMICITA' STORICA	20
9	MICROZONAZIONE SISMICA DI PAVULLO NEL FRIGNANO	21
10	VINCOLI E ZONIZZAZIONI DI TUTELA SULLA BASE DEL P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA	27
11	INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE IN SITO	37
11.1	INDAGINI GEOGNOSTICHE DI TIPO PENETROMETRICO AD INFISSIONE STATICA (SCP)	38
11.2	INDAGINI GEOGNOSTICHE DI TIPO PENETROMETRICO AD INFISSIONE DINAMICA (DPM)	45
11.3	INDAGINI GEOFISICHE DI TIPO SISMICO ATTIVO A RIFRAZIONE – METODO M.A.S.W.	50
11.4	INDAGINI GEOFISICHE DI TIPO SISMICO PASSIVO (HVSR)	52
11.5	CONFRONTO DELLE INDAGINI SISMICHE/ATTIVE ESEGUITE SULL'AREA	55
12	AZIONE SISMICA – APPROCCIO SEMPLIFICATO NTC2018	55
12.1	VITA NOMINALE DELL'OPERA	55
12.2	PARAMETRI SISMICI APPROCCIO SEMPLIFICATO – NTC 2018	57
13	CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA MEDIANTE STUDIO DI RISPOSTA SISMICA LOCALE	59
13.1	DATI DI INPUT SISMICO	61
13.2	SPETTRO NORMALIZZATO DI RISPOSTA ELASTICO	66
13.3	METODO DI NORMALIZZAZIONE CON VALUTAZIONI GRAFICHE - CONFRONTO TRA GLI SPETTRI DI NORMATIVA ALLO STATO DI SALVAGUARDIA VITA SLV - SUOLO DI TIPO A, SLV SUOLO TIPO C, SPETTRO MEDIO E SPETTRO NORMALIZZATO	67
13.4	METODO DI NORMALIZZAZIONE CON LE LINEE GUIDA DI PROTEZIONE CIVILE - CONFRONTO TRA GLI SPETTRI DI NORMATIVA ALLO STATO DI SALVAGUARDIA VITA SLV - SUOLO DI TIPO A, SLV SUOLO TIPO C, SPETTRO MEDIO E SPETTRO NORMALIZZATO	70
13.5	ANDAMENTO NEL SOTTOSUOLO DEI PROFILI DI ACCELERAZIONE MASSIMA	73
14	CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA	74
15	PRESCRIZIONI TECNICHE RELATIVE ALLA ESECUZIONE DEGLI INTERVENTI	75
16	CONCLUSIONI	77

INDICE DEGLI ALLEGATI

FIGURA 1: ESTRATTO DI CARTA TOPOGRAFICA R.E.R. N. 236-NO "LAMA MOCOGNO" - SCALA 1:25.000	7
FIGURA 2: ESTRATTO DI CARTA TECNICA REGIONALE N. 236021 "SELVA" - SCALA 1:5.000	7
FIGURA 3: ESTRATTO DI IMMAGINE SATELLITARE DELL'AREA - SCALA 1:5.000	8
FIGURA 4: PLANIMETRIA E SEZIONI DEL FABBRICATO DI PROGETTO	9
FIGURA 5: SCHEMA TETTONICO DELLA PIANURA PADANA ESTRATTO DALLE NOTE ILLUSTRATIVE DELLA CARTA SISMO TETTONICA DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA	10
FIGURA 6: ESTRATTO DI CARTA GEOLOGICA EDITA DALLA REGIONE EMILIA ROMAGNA REGIONALE NR. 236020 CON INCLUSIONE DELLE COPERTURE QUATERNARIE	12
FIGURA 7: ESTRATTO DI CARTA GEOLOGICA EDITA DALLA REGIONE EMILIA ROMAGNA REGIONALE NR. 236020 CON ESCLUSIONE DELLE COPERTURE QUATERNARIE	13
FIGURA 8: ESTRATTO DI CARTA SISMO-TETTONICA (R.E.R. 2017)	14
FIGURA 9: ZONIZZAZIONE SISMOGENETICA ZS9	15
FIGURA 10: MAPPA DELLA RICLASSIFICAZIONE SISMICA DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA - ORDINANZA DEL PCM N. 3247/2003 - - AGGIORNAMENTO LUGLIO 2018	16
FIGURA 11: CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA ESPRESSA IN ACCELERAZIONE ORIZZONTALE DI PICCO PGA CON TEMPO DI RITORNO 475 ANNI	16
FIGURA 12: MAPPA DELLE MASSIME INTENSITA' MACROSISMICHE OSSERVATE NEI COMUNI ITALIANI - PARTICOLARE DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA	17
FIGURA 13: SPETTRO DI RISPOSTA NORMALIZZATO (TR=475 ANNI, SMORZAMENTO 5%) E VALORI DI DEFINIZIONE PREVISTI DALLA REGIONE EMILIA ROMAGNA - DAL 112/2007	18
FIGURA 14: SPETTRO DI RISPOSTA NORMALIZZATO (TR=475 ANNI, SMORZAMENTO 5%) E VALORI DI DEFINIZIONE PREVISTI DALLA REGIONE EMILIA ROMAGNA - DGR 630/2019	20
FIGURA 15: DIAGRAMMA RAPPRESENTANTE LA STORIA SISMICA DEL COMUNE DI PAVULLO NEL FRIGNANO	20
FIGURA 16: ESTRATTO DI CARTA GEOLOGICO TECNICA	22
FIGURA 17: CARTOGRAFIA DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE DELLA PGA	23
FIGURA 18: CARTA DELLE MOPS (MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA)	24
FIGURA 19: CARTOGRAFIA DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE DELLA PGA DELL'INTENSITA' DI HOUSNER (0.1-0.5 S) (F _y)	25
FIGURA 20: CARTOGRAFIA DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE DELLA PGA DELL'INTENSITA' DI HOUSNER (0.5-1.0 S) (F _z)	26
FIGURA 21: ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 1.1 - TUTELA DELLE RISORSE PAESISTICHE E STORICO-CULTURALI - SCALA 1:5.000	28
FIGURA 22: ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 1.2 - TUTELA DELLE RISORSE NATURALI, FORESTALI E DELLA BIODIVERSITA' DEL TERRITORIO - SCALA 1:5.000	29
FIGURA 23 ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 2.1 - RISCHIO DA FRANA - CARTA DEL DISSESTO - SCALA 1:5.000	30
FIGURA 24: ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 2.2 - RISCHIO SISMICO: CARTA DELLE AREE SUSCETTIBILI DI EFFETTI LOCALI - SCALA 1:5.000	31
FIGURA 25: ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 3.3 - RISCHIO INQUINAMENTO ACQUE: ZONE VULNERABILI DA NITRATI DI ORIGINE AGRICOLA E ASSIMILATE - SCALA 1:5.000	32
FIGURA 26: ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 3.4 - RISCHIO INQUINAMENTO SUOLO: ZONE NON IDONEE ALLA LOCALIZZAZIONE DI IMPIANTI DI SMALTIMENTO E RECUPERO DI RIFIUTI SOLIDI URBANI, SPECIALI E SPECIALI PERICOLOSI - SCALA 1:5.000	33
FIGURA 27: ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 3.5 - RISCHIO INDUSTRIALE: COMPATIBILITA' AMBIENTALE DELLE ZONE INTERESSATE DA STABILIMENTI A RISCHIO DI INCIDENTE RILEVANTE - SCALA 1:5.000	34
FIGURA 28: ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 6 - CARTA FORESTALE ATTIVITA' ESTRATTIVE - SCALA 1:5.000	35
FIGURA 29: ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 7 - CARTA DELLE UNITA' DI PAESAGGIO - SCALA 1:5.000	36
FIGURA 30: UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE	37
FIGURA 31: SCHEMA DEL SISTEMA DI ACQUISIZIONE	50
FIGURA 32: TABELLA 2.4.I - VALORI MINIMI DELLA VITA NOMINALE V _n DI PROGETTO PER I DIVERSI TIPI DI COSTRUZIONE (DA N.T.C. 2018)	56
FIGURA 33: TABELLA CLASSI D'USO DELLE COSTRUZIONI (DA N.T.C. 2018)	56
FIGURA 34: TABELLA COEFFICIENTI D'USO (DA N.T.C. 2018)	56
FIGURA 35: PUNTI DELLA GRIGLIA UTILIZZATI PER IL CALCOLO DEI VALORI DEI PARAMETRI	57
FIGURA 36: GRAFICO DI DISAGGREGAZIONE E TABELLE DI CORRELAZIONE MAGNITUDO/DISTANZA	59
FIGURA 37: PROFILO DI VELOCITA' UTILIZZATO PER LO STUDIO DI RISPOSTA SISMICA LOCALE	60
FIGURA 38: ACCELEROGRAMMI UTILIZZATI PER LO STUDIO DI RISPOSTA SISMICA LOCALE	62
FIGURA 39: MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO PER LA PROGETTAZIONE STRUTTURALE	76

1 PREMESSA

Su incarico dello studio tecnico incaricato per la progettazione e in accordo con la Committenza, si è provveduto alla redazione della seguente relazione geologica e sismica a corredo del **PROGETTO DI COMPLETAMENTO DEL COMPARTO PRODUTTIVO GOLD ART CERAMICA AI SENSI DELL'ART. 35 L.R. 24/2017 IN VARIANTE AL PSC / POC / RUE DEL COMUNE DI PAVULLO N/F (ASP. 1_S2, 2.8 E SUB-AMBITI A9.a E A9.b)** e più nel dettaglio relativa alla realizzazione di un nuovo fabbricato da adibirsi a **PALAZZINA UFFICI E SALA MOSTRA**.

Le indagini geognostiche e geofisiche sono state effettuate dalla ditta **GEO-XPERT ITALIA SRL** con sede in Vignola (MO) – Via di Mezzo, 90, mentre l'interpretazione dei risultati ottenuti e le considerazioni tecniche professionali sono stati effettuati dal **Dott. Giorgio Masotti**, geologo libero professionista, regolarmente iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione Emilia-Romagna al nr. 588 – Sez. A. Scopo del presente studio è verificare se le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e sismiche dell'area sono idonee all'esecuzione delle opere di progetto.

A tale scopo sono stati effettuati in sito i seguenti approfondimenti:

- verifica del materiale presente in bibliografia;
- rilievo geologico-geomorfologico di campagna;
- n° 3 indagini geognostiche di tipo penetrometrico ad infissione statica con punta meccanica (CPT);
- n° 2 indagini geognostiche di tipo penetrometrico ad infissione dinamica (PD);
- n° 1 indagine geofisica di tipo sismico passivo (HVSr)
- n° 1 indagine geofisica di tipo sismico a rifrazione con tecnica M.A.S.W.

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

La presente relazione è stata redatta con riferimento ai seguenti strumenti normativi:

Normativa Nazionale

- R.D. 30 dicembre 1923 n. 3267
Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e terreni montani
- R.D. 16 maggio 1926 n. 1126
Regolamento per l'applicazione de R.D. 30 dicembre 1923, n. 3267
- Legge 25.11.1962
Provvedimenti per l'edilizia, con particolari prescrizioni per le zone sismiche (pubblicato nella Gazzetta Ufficiale del 22.12.1962, n. 326 – Supplemento Ordinario n. 1);
- Legge 02.02.1974, n. 64
Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche (G.U. 21.03.1974, n. 76);
- Decreto-legge 27.06.1985, n. 312
Disposizioni urgenti per la tutela delle zone di particolare interesse ambientale (G.U. 29.06.1985, n. 152);
- Legge 08.08.1985, n. 431
Conversione in legge con modificazioni del D.L. 27.06.1985, n. 312, concernente disposizioni urgenti per la tutela delle zone di particolare interesse ambientale (G.U. 08.08.1985, n. 431);
- Decreto Ministeriale 11.03.1988
Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione (G.U. 01.06.1988, n. 127);
- Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici del 24.09.1988, n. 30483

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Istruzioni per l'applicazione (G.U. 01.06.1988, n. 127);

- Decreto Ministero LL.PP. del 14.02.1992

Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche (G.U. 18.03.1992, n. 65);

- D.M. 09.01.1996

Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche (G.U. 05.02.1996, n. 29);

- Circolare Ministero LL. PP. del 09.01.1996, n. 218

Istruzioni applicative per la redazione della relazione geologica e della relazione geotecnica (G.U. 29.01.1996, n. 50)

- D.M. 16.01.1996

Norme Tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi;

- Decreto Ministero LL.PP. 16.01.1996

Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche (G.U. 05.02.1996, n. 29 – S.O. n. 19);

- Circolare Ministero LL.PP. 15.10.1996, n. 252 AA.GG./S.T.C.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 09.01.1996;

- Circolare Ministero LL. PP. del 10.04.1997, n. 65/AA.GG – prot. n. 0

Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche" di cui al D.M. 16.01.96 (G.U. 28.04.1997, n. 97);

- Eurocodice 7 del 30.04.1997

Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali;

- Eurocodice 8 del 28.02.1998

Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici;

- Decreto del Presidente della Repubblica del 06.06.2001, n. 380

Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia (Testo A) (G.U. 20.10.2001 n. 245 – S.O. n. 239);

- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri del 20.03.2003, n. 3274

Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica (G.U. 08.05.2003, n. 105 – S.O. n. 72);

- Ordinanza P.C.M. del 02.10.2003, n. 3316

Modifiche ed integrazioni all'Ordinanza P.C.M. del 20.03.2003 n. 3274 (G.U. 10.10.2003, n. 236);

- Decreto P.C.M. 21.10.2003, n. 3316

Disposizioni attuative dell'art. 2, commi 2, 3 e 4, dell'Ordinanza P.C.M. del 20.03.2003 n. 3274 (G.U. 29.10.2003, n. 252);

- Ordinanza del P.C.M. del 03.05.2005, n. 3431

Ulteriori modifiche ed integrazioni all'Ordinanza P.C.M. del 20.03.2003 n. 3274 (G.U. 10.05.2005, n. 107);

- Decreto Ministeriale del 14.09.2005

Norme tecniche per le costruzioni (G.U. 23.09.2005, n. 222 – S.O. n. 159);

- Ordinanza del P.C.M. del 28.04.2006, n. 3519

Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone;

- D. Lgs. n. 152 del 03/04/2006

"Norme in materia ambientale"

- Decreto Ministeriale del 14.01.2008
Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni (G.U. 04.02.2008, n. 29 – S.O. n. 30);
- Decreto Ministeriale nr. 161/2012
Regolamento recante la disciplina dell'utilizzazione delle terre e rocce da scavo
- Legge 98/2013
Disposizioni urgenti per il rilancio dell'economia
- Decreto del Presidente della Repubblica n. 120 del 13 giugno 2017
Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164.
- Decreto Ministeriale del 17.01.2018
Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni (G.U. 20.02.2018 – S.O. n. 42);
- Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018 (GU Serie Generale n.35 del 11-02-2019 - Suppl. Ordinario n. 5)

Normativa Regionale

- Legge Regionale Emilia-Romagna del 24.03.2000, n. 20
Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio;
- Delibera della Giunta Regionale Emilia-Romagna del 24.10.2005 n. 1677
Prime indicazioni applicative in merito al D.M. 14.09.2005 recante "Norme tecniche per le costruzioni";
- Delibera Assemblea legislativa Regione Emilia-Romagna del 02.05.2007 progr. n. 112 – oggetto n. 3121
Approvazione dell'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";
- Delibera della Giunta Regionale Emilia-Romagna n. 2193 del 21 dicembre 2015 e DAL n. 112 del 2 maggio 2007
Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, c. 1, della LR 20/2000 per "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica"
- Delibera Assemblea legislativa Regione Emilia-Romagna del 29.04.2019 progr. n. 630
Atto di coordinamento tecnico sugli studi di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale e urbanistica (artt. 22 e 49, L.R. n. 24/2017)

Normativa Provinciale

- Deliberazione di Consiglio Provinciale della Provincia di Modena n. 46 del 18/03/09
Approvazione del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale della Provincia di Modena in vigore dal 08.04.2009

3 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

La zona oggetto di intervento si colloca nel territorio comunale di **Pavullo nel Frignano (MO)**, in **Loc. Madonna dei Baldaccini**.

Geograficamente l'area in esame è compresa all'interno della seguente documentazione cartografica:

Cartografia Regionale:

- Carta Topografica n. 236-NO denominata "LAMA MOCOGLIO" – scala 1:25.000
- Sezione n. 236020 denominata "MONTEBONELLO" – scala 1:10.000
- Elementi n. 236021 denominato "SELVA" – scala 1:5.000

Figura 1: ESTRATTO DI CARTA TOPOGRAFICA R.E.R. N. 236-NO "LAMA MOCOGNO" - SCALA 1:25.000

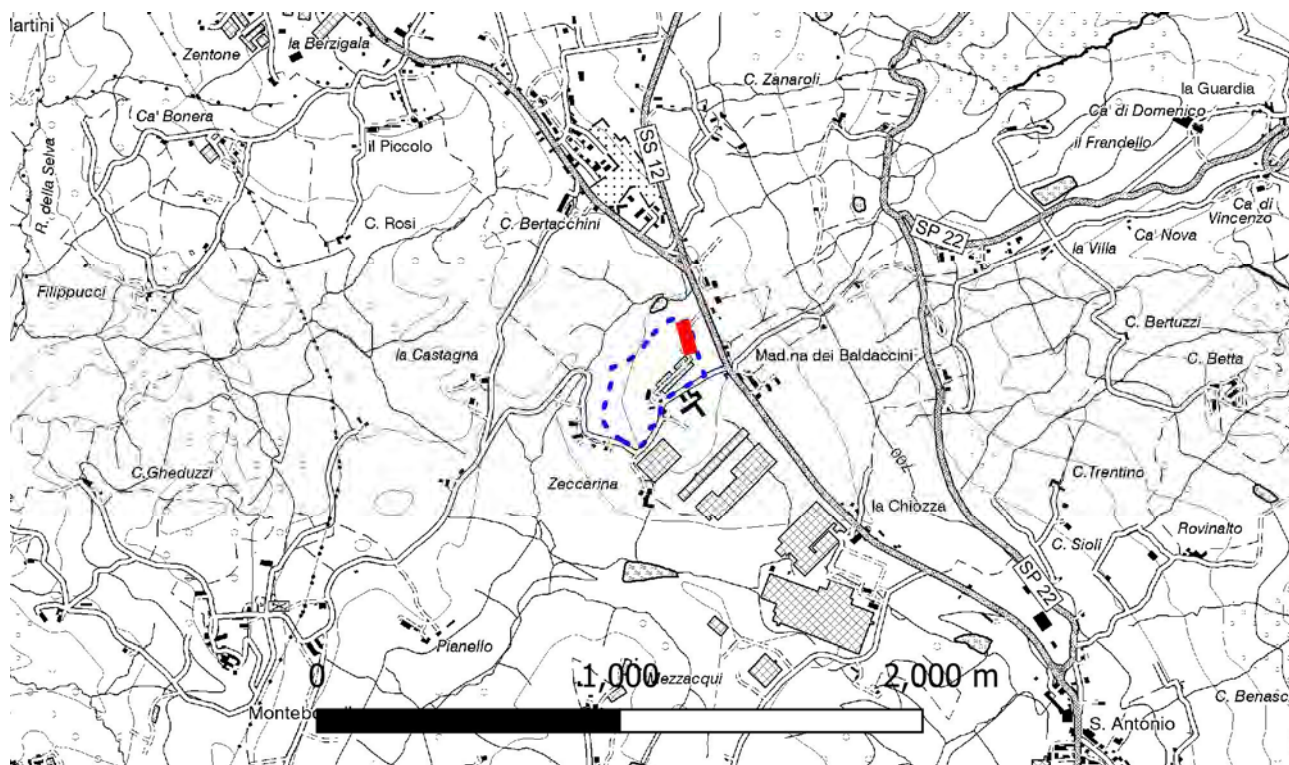


Figura 2: ESTRATTO DI CARTA TECNICA REGIONALE N. 236021 "SELVA" - SCALA 1:5.000

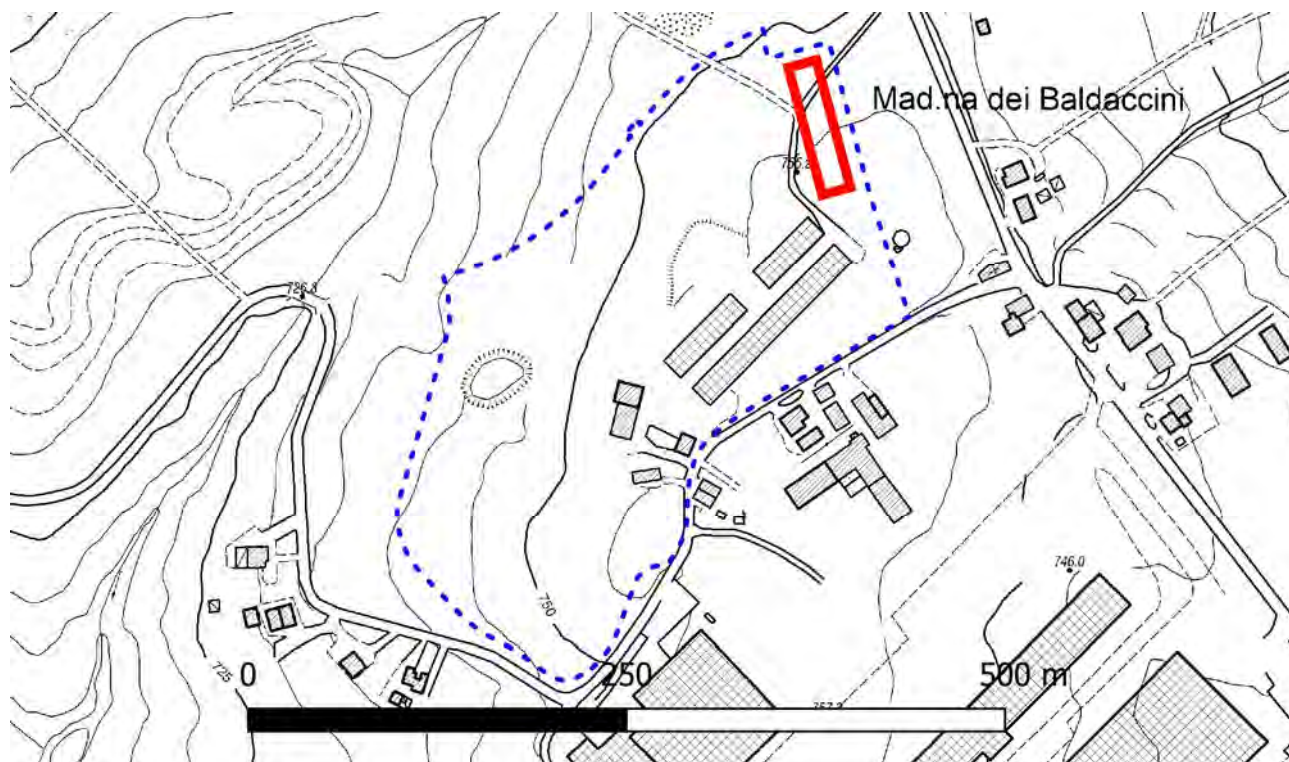
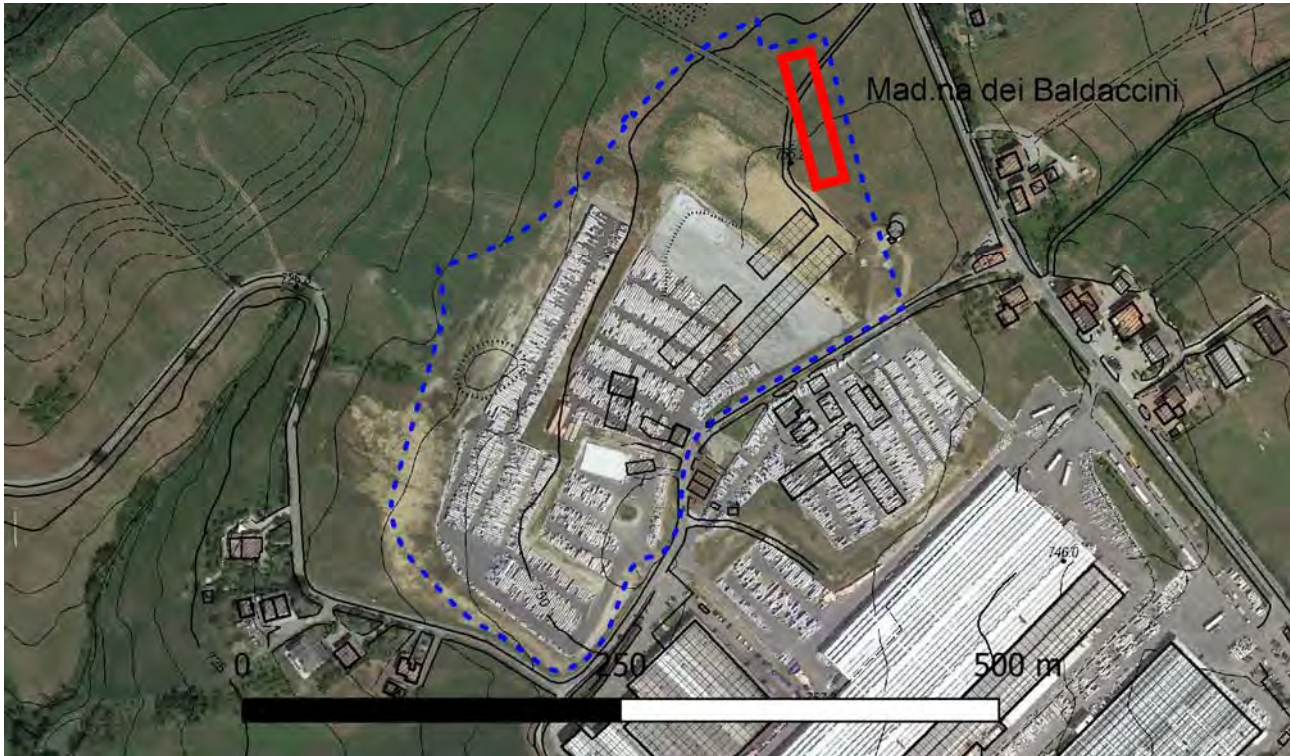


Figura 3: ESTRATTO DI IMMAGINE SATELLITARE DELL'AREA – SCALA 1:5.000



4 CARATTERISTICHE DEGLI INTERVENTI DI PROGETTO

Dall'analisi degli elaborati redatti dallo studio tecnico incaricato per la progettazione si è riscontrato che gli interventi di progetto consistono della costruzione di un nuovo fabbricato industriale ad uso palazzina uffici e sala mostra, che sarà posizionato all'interno di un'area ove sono previsti lavori di sbancamento e riporto finalizzata alla ricostruzione della planarità dell'area che allo stato attuale presenta una modesta pendenza in direzione nord.

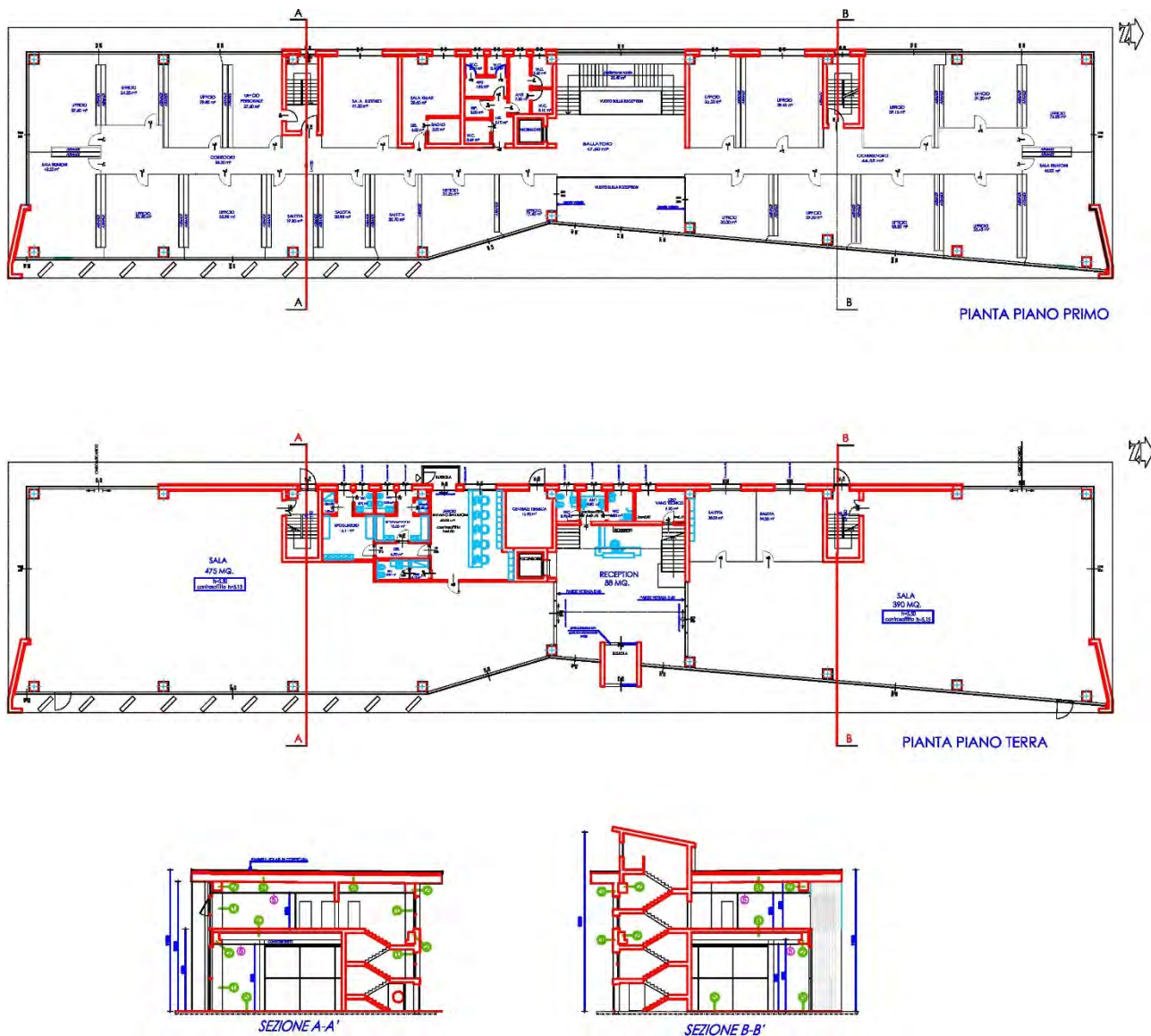
Le caratteristiche dimensionali principali del fabbricato di progetto sono di seguito riportate:

Lunghezza massima:	85.30 m
Larghezza massima:	17.50 m
Altezza massima:	13.80 m

Considerato un carico derivante dall'appoggio delle strutture di fondazione ai terreni rilevante e verificato che una porzione del fabbricato risulterà essere posizionato al di sopra di uno strato di riporto derivante dalla rimodellazione dell'area si ritiene in via preliminare l'utilizzo di strutture di fondazioni profonde (ad es. pali gettati in opera) come meglio approfondito nei paragrafi successivi della presente relazione.

L'esecuzione delle strutture di fondazione determinerà la produzione di terre e rocce da scavo la cui volumetria dovrà essere valutata in fase esecutiva. La gestione delle terre e rocce da scavo dovrà essere effettuata in pieno rispetto del D.P.R. n. 120 del 13/06/2017 "Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164."

Figura 4: PLANIMETRIA E SEZIONI DEL FABBRICATO DI PROGETTO

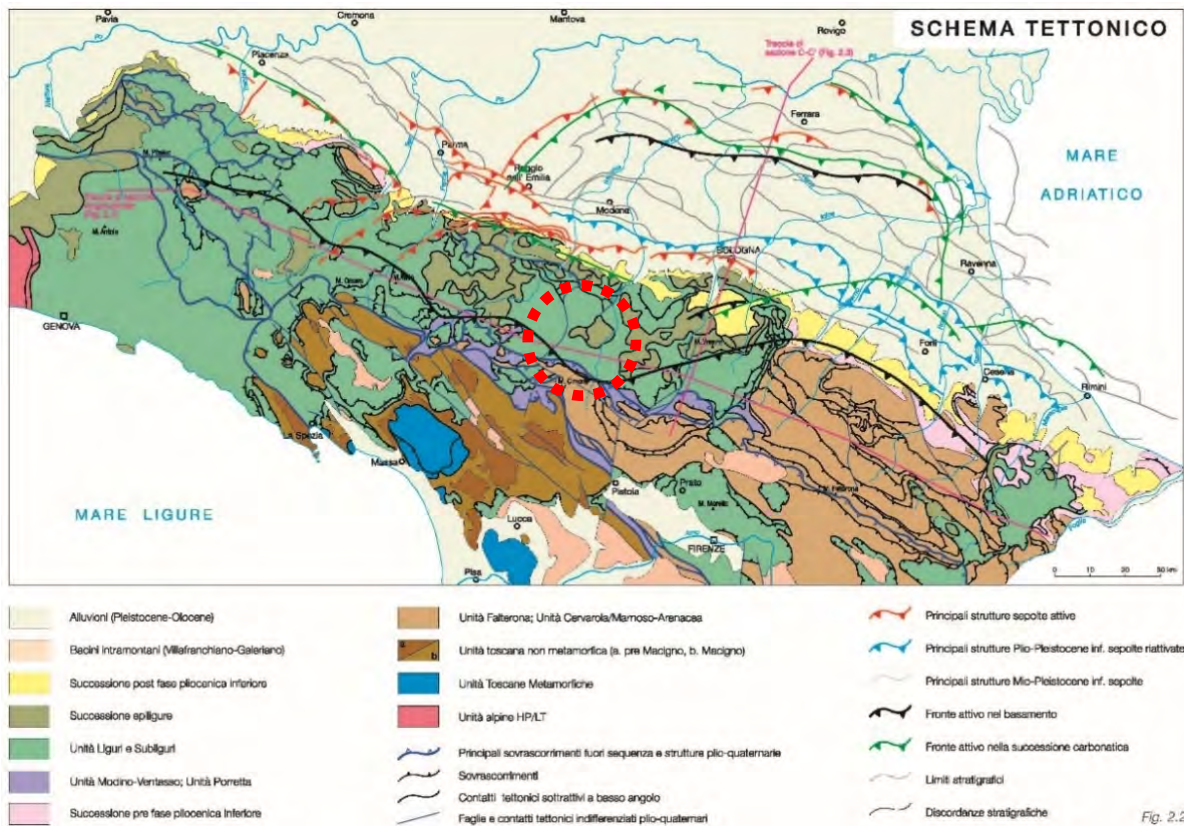


5 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOLITOLOGICO

La geologia generale del Comune di Pavullo nel Frignano è costituita dalla presenza di successioni Liguridi (Complessi di Base) ed Epiliguridi. Le porzioni altimetricamente più elevate appartengono alle formazioni rocciose Epiliguridi a comportamento prevalentemente rigido nel caso di arenarie, arenarie-calcaree o calcari-arenacei, che procedendo in direzione di valle sono sostituite da formazioni argillose a comportamento meccanico prevalentemente plastico nel caso dei terreni pelitici.

Il diverso comportamento meccanico delle rocce condiziona la morfologia dei versanti: dove sono presenti le porzioni arenitiche e arenaceo-calcaree le pendenze dei versanti molto elevate, con la formazione di crinali alti, netti, continui e regolari; laddove invece affiorano i terreni liguri pelitici a comportamento plastico, le pendenze si addolciscono e sono frequenti forme ondulate con contropendenze.

Figura 5: SCHEMA TETTONICO DELLA PIANURA PADANA ESTRATTO DALLE NOTE ILLUSTRATIVE DELLA CARTA SISMO TETTONICA DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA



La morfologia determinata dalle diverse caratteristiche litologiche e geomeccaniche dei terreni condiziona idrogeologicamente il deflusso delle acque che nelle zone arenacee e arenacee-calcaree ad elevata permeabilità in misura minore per porosità ma soprattutto per fratturazione con prevalente permeabilità per fratturazione mentre nei terreni argillosi-pelitici a bassa permeabilità con assenza di fratturazione prevale lo scorrimento idrico superficiale con modesti valori di infiltrabilità in corrispondenza delle coltri detritiche superficiali. Le litologie lapidee a causa della loro permeabilità per fratturazione a volte manifestano fenomeni pseudo-carsici manifestati in superficie da doline e/o inghiottitoi. Il modello di deflusso delle acque determina l'emergenza di acque in corrispondenza del contratto tra i terreni permeabili (epiliguridi) e quelli impermeabili sottostanti (liguridi).

Procedendo in direzione di valle sono presenti morfologie tipiche di fenomeni gravitativi quiescenti e forme calanchive che si impostano sulle litologie a matrice fine costituite dalle formazioni argillose per una mancata regimazione delle acque meteoriche che localmente ristagnano lungo le zone di contropendenza dando luogo a fenomeni di infiltrazione che comportano la plasticizzazione delle porzioni superficiali alterati favorendo così i fenomeni di instabilità.

Per quanto riguarda la stabilità dell'area, si conferma una situazione di buona stabilità dell'intera area in esame non essendo presenti fenomeni di dissesto in atto o potenziali e quelli presenti nelle vicinanze per tipologia e distanza non interferiscono con le opere di progetto.

Nella carta geologia edita dalla Regione Emilia Romagna, della quale si riporta un estratto, sono rappresentate le formazioni geologiche affioranti, i principali lineamenti tettonici, gli assetti misurati durante il rilievo geologico ed i principali elementi geomorfologici, distinguendo tra frane attive, quiescenti e detrito di versante (caratterizzato da potenziale instabilità).

Da un punto di vista geologico sull'area oggetto di studio affiorano i terreni di copertura quaternari appartenenti a **depositi eolici (d1)**, costituiti da sabbie fini, limi e limi argillosi in genere notevolmente pedogenizzati che si appoggiano su paleosuperfici.

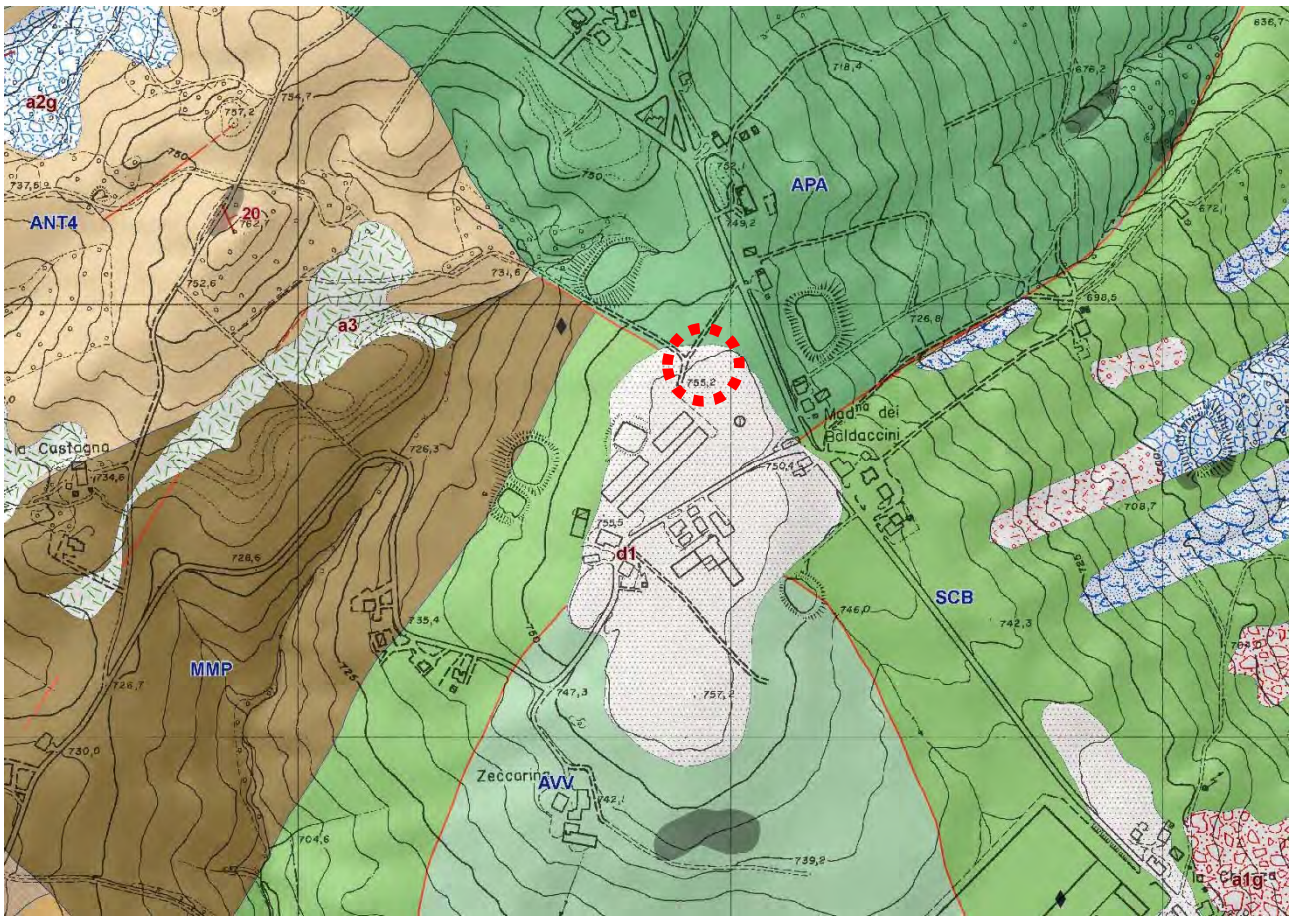
Il substrato, appartenente alle Formazioni Liguri è rappresentato dai terreni appartenenti alle seguenti Formazioni:

- **Argille Varicolori di Cassio (AVV)**, costituita da argilliti scure, rossastre o rosate, verdi e nerastre, con stratificazione da molto sottile a sottile, in cui si intercalano livelli sottili di torbiditi arenaceo-pelitiche grigie, calcilutiti silicee grigiastre o verdognole gradate in strati da medi a spessi e calcilutiti marnose spesse grigio chiaro, litareniti grossolane in strati da medi

a spessi e microconglomerati con elementi di basamento cristallino. Localmente sono presenti intercalazioni lenticolari metriche di breccie sedimentarie poligeniche (bp) e di conglomerati tipo CSD (Conglomerati dei Salti del Diavolo). Elevato grado di tettonizzazione rende quasi irriconoscibile l'originaria stratificazione, generalmente sostituita da un pervasivo clivaggio scaglioso. L'ambiente di sedimentazione è di tipo pelagico profondo, con apporti torbiditici. Lo spessore stratigrafico è difficilmente determinabile per l'intensa tettonizzazione; la potenza affiorante è variabile, può raggiungere i 200 m. L'età della formazione è riconducibile all'intervallo temporale compreso tra il Cenomaniano sup. e il Campaniano sup.?

- **Marne di Monte Piano (MMP)** costituite da argille marnose e marne argillose prevalentemente rosse, rosate e grigio-chiare, subordinatamente verdine. Si presentano in strati sottili, spesso mal definiti; a luoghi sono presenti sottili strati di siltiti nerastre, di arenarie biancastre risedimentate fini e, più raramente, calcilutiti marnose grigio-verdi. La stratificazione è raramente osservabile in uno strato indeformato alla scala dell'affioramento ed è spesso obliterata da strutture complesse sia di tipo plicativo sia da superfici di taglio. L'ambiente di sedimentazione è riferibile ad un bacino marino profondo caratterizzato dalla decantazione di argille pelagiche e dall'arrivo di correnti di torbida diluite con esclusiva risedimentazione di materiale terrigeno fine e finissimo. L'età basale è riferibile ad un generico Bartoniano, mentre per la sommità al Priaboniano superiore, non escludendo che possa raggiungere l'Oligocene basale.
- **APA - Argille a palombini:** Argilliti ed argilliti siltose grigio scure, più raramente verdi, rossastre o grigio-azzurrognole, fissili (nella pelite è spesso presente un clivaggio scaglioso a carattere pervasivo), alternate a calcilutiti silicizzate grigio chiare e grigio-verdi, biancastre in superficie alterata, talvolta con base arenitica da fine a grossolana, in strati da medi a spessi (molto spesso discontinui per motivi tettonici) e più rari calcari marnosi grigi e verdi in strati spessi. Rapporto Argilla/Calcare quasi sempre >1. Frequenti intercalazioni di siltiti ed arenarie torbiditiche fini (talora mangesifere) a tetto pelitico in letti molto sottili e sottili di colore grigio scuro (o beige se alterate) e di calcareniti medio-grossolane in strati da medi a spessi. La formazione in genere è intensamente deformata con perdita dell'originario ordine stratigrafico alla scala dell'affioramento; gli strati calcilutitici sono spesso "boudinatis", a luoghi silicizzati, pervasivamente fratturati e caratterizzati da una fitta rete di vene di calcite, spalmature verdastre sulle superfici di strato e frattura concoide. All'interno della formazione sono talora stati cartografati lembi di ofioliti (of) giurassiche, fino a decametrici, spesso distinte in: breccie ofiolitiche (bo), basalti: B, basalti brecciati (Bb); gabbri: ga, serpentine: S. Sedimentazione pelagica argillosa, intervallata da risedimentazione di fanghi carbonatici. Contatti ovunque tettonici o non affioranti. Potenza geometrica variabile da alcune decine ad alcune centinaia di metri. Età: Cretaceo inf. – Turoniano
- **Arenarie di Scabiazza (SCB)** costituite da torbiditi arenaceo-pelitiche con arenarie da molto sottili a medie, mal strutturate e poco cementate, talora gradate, con granulometria da fine a finissima, di colore grigio, grigio-scure o grigio-verdastre (beige o rossastro se alterate) in strati molto sottili e sottili, e argille o argille marnose verdastre o grigio scuro molto sporche; rapporto A/P < 1 o uguale a 1. A volte si rinvengono calcilutiti marnose verdi o biancastre e marne calcaree grigio-chiare in strati da sottili a spessi e argilliti varicolorate. Presenti localmente intercalazioni lenticolari metriche di breccie sedimentarie poligeniche (bp) e livelli di marne scheggiose grigio-chiare (SCBms - litofacies marnoso-siltosa). L'ambiente deposizionale è di piana bacinale con frequenti apporti torbiditici. La potenza geometrica della formazione può raggiungere alcune centinaia di metri, mentre l'età della stessa è riconducibile all'intervallo temporale compreso tra il Turoniano sup. e il Campaniano inf.

Figura 6: ESTRATTO DI CARTA GEOLOGICA EDITA DALLA REGIONE EMILIA ROMAGNA REGIONALE NR. 236020 CON INCLUSIONE DELLE COPERTURE QUATERNARIE



Legenda

Province



Comuni



Griglia 10.000



Punti geomorf./antrop. (10K)



discarica, deposito di origine antropica

Punti di osservaz. e misura (10K)



stratificazione dritta

Coperture quaternarie (10K)



a1b - Deposito di frana attiva per scivolamento



a2d - Deposito di frana quiescente per colamento di fango



a2g - Deposito di frana quiescente complessa



a3 - Deposito di versante s.l.



d1 - Deposito eolico

Limiti di unità geologiche (10K)

— contatto stratigrafico o litologico certo

— faglia certa

— faglia incerta

Affioramenti (aree) (10K)



Unità geologiche (10K)

ANT4 - Marne di Antognola - membro di Anconella

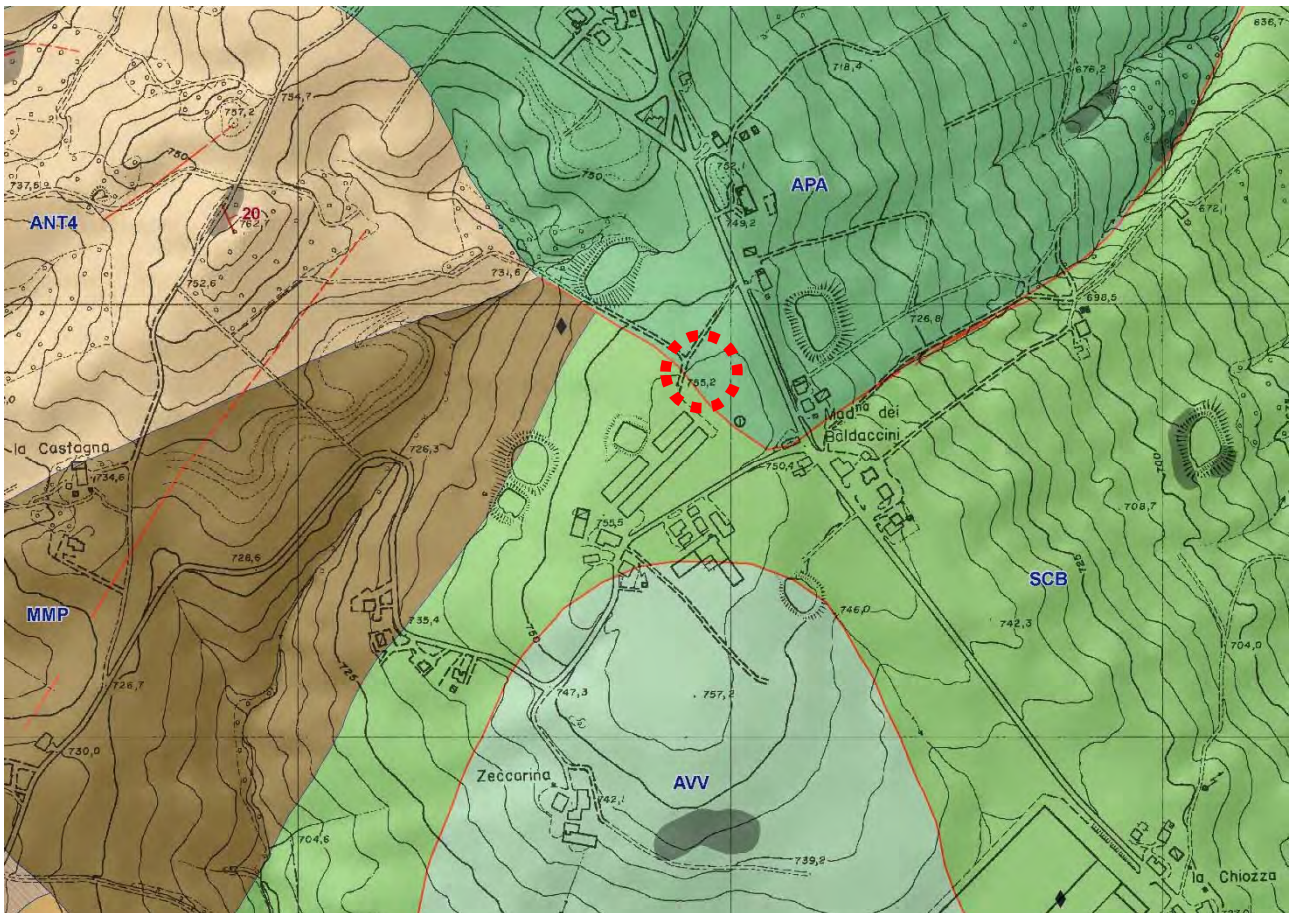
APA - Argille a palombini

AVV - Argille Varicolori di Cassio

MMP - Mame di Monte Piano

SCB - Arenarie di Scabiazza

Figura 7: ESTRATTO DI CARTA GEOLOGICA EDITA DALLA REGIONE EMILIA ROMAGNA REGIONALE NR. 236020 CON ESCLUSIONE DELLE COPERTURE QUATERNARIE



Legenda

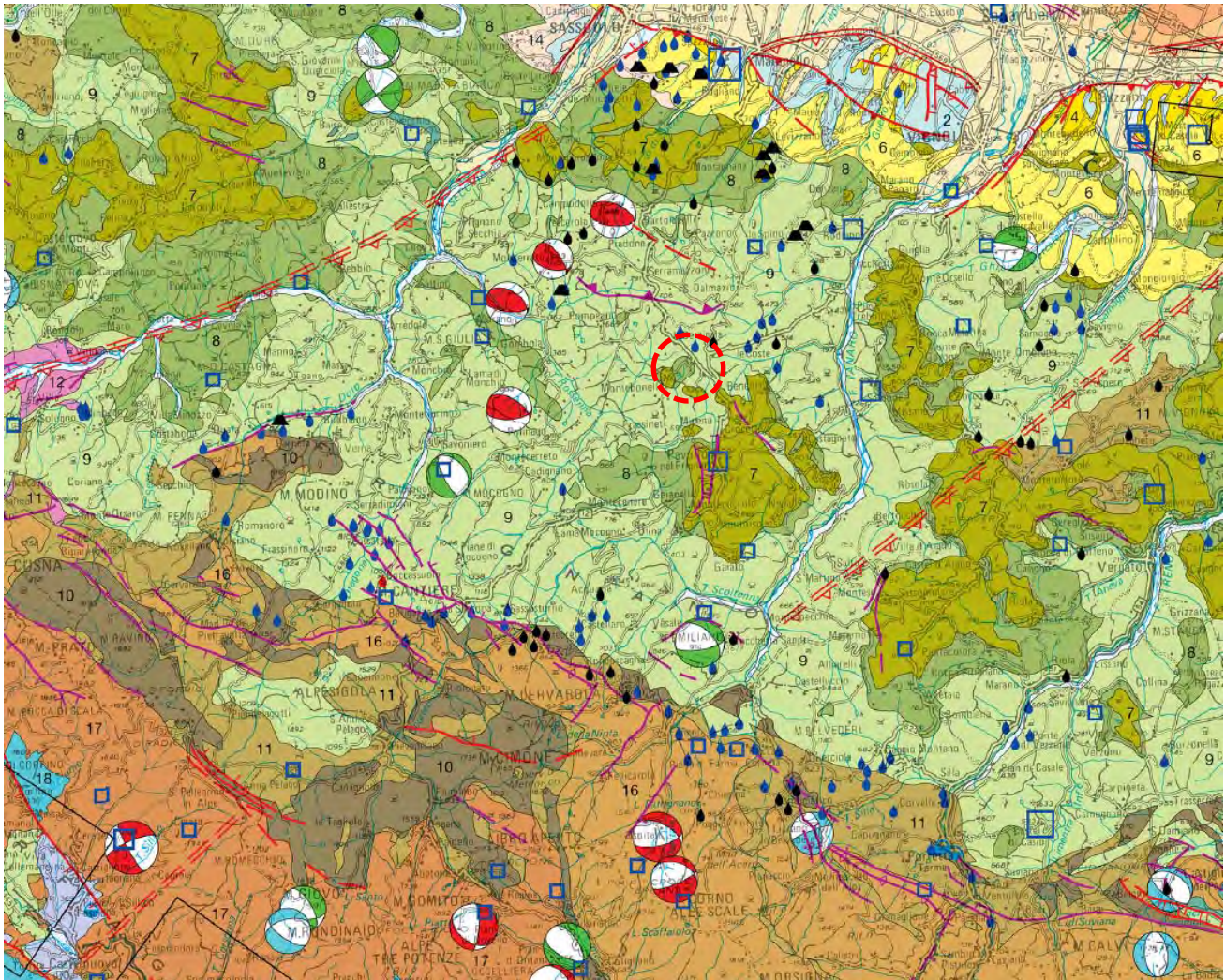
- AVV - Argille Varicolori di Cassio
- MMP - Mame di Monte Piano
- SCB - Arenarie di Scabiazza
- Province
- Comuni
- Griglia 10.000
- Punti geomorf./antrop. (10K)
- discarica, deposito di origine antropica
- Punti di osservaz. e misura (10K)
- stratificazione dritta
- Limiti di unità geologiche (10K)**
 - contatto stratigrafico o litologico certo
 - faglia certa
 - faglia incerta
- Affioramenti (aree) (10K)**
 -
- Unità geologiche (10K)**
 - ANT4 - Mame di Antognola - membro di Anconella
 - APA - Argille a palombini

6 ASPETTI SISMICI DEL TERRITORIO DI PAVULLO NEL FRIGNANO

6.1 PERICOLOSITA' SISMICA

Dall'analisi della Carta Sismo-Tettonica della Regione Emilia-Romagna e aree limitrofe (edizione 2017) redatta alla scala 1:250.000 l'area di Pavullo nel Frignano si colloca geograficamente nella zona appenninica con presenza di strutture fortemente tettonizzate che danno luogo a sorgenti sismiche che si attivano mediante meccanismi focali distensivi costituiti da faglie dirette, trascorrenti distensive.

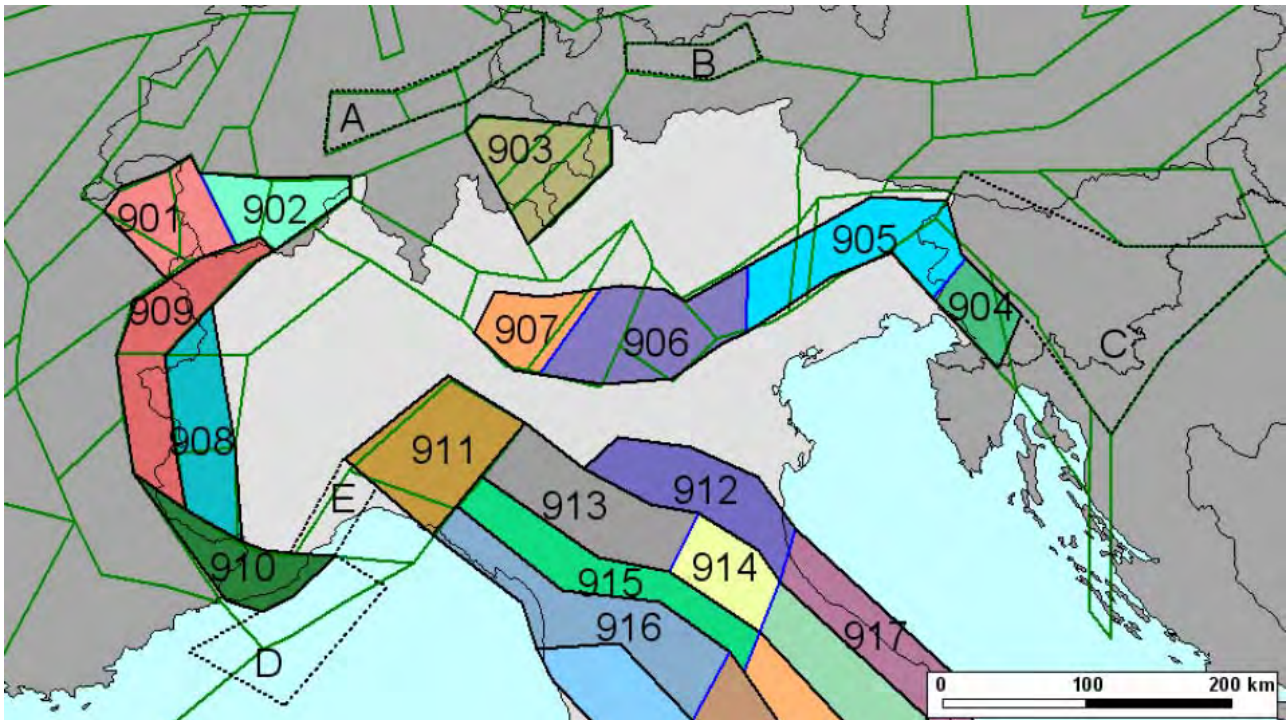
Figura 8: ESTRATTO DI CARTA SISMO-TETTONICA (R.E.R. 2017)



6.2 ZONAZIONE SISMOGENETICA

Negli ultimi anni il punto di riferimento per le valutazioni di pericolosità sismica è stato rappresentato dalla zonazione sismogenetica ZS9 (Scandone et al. 1996 - 2000) che rappresenta la traduzione operativa del modello sismotettonico riassunto in Meletti et al. (2000). In seguito all'emanazione dell'O.P.C.M. 20.3.2003, n. 3274 è stato redatto a cura di un gruppo di lavoro dell'INGV un documento denominato "Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall' O.P.C.M. 20-3-2003, n. 3274. Rapporto conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici".

Figura 9: ZONIZZAZIONE SISMOGENETICA ZS9



Tale modello ha utilizzato come base di partenza la precedente zonazione, con inserimento delle nuove conoscenze relative alla tettonica attiva della penisola italiana con anche le indicazioni derivanti da episodi sismici più recenti. La zonizzazione è stata costruita, pertanto, mediante l'analisi cinematica degli elementi geologici, cenozoici e quaternari coinvolti nella dinamica delle strutture litosferiche profonde e della crosta superficiale. Il confronto tra le informazioni ha fornito come risultato la costruzione della carta I modello geodinamico e la sismicità osservata ha permesso di costruire la carta nazionale delle zone sismogenetiche. Per il reperimento dei dati relativi alla sismicità osservata è stato considerato il catalogo storico contenente 2.488 eventi degli ultimi 1.000 anni con intensità epicentrali maggiore o uguale al V – VI grado MCS la cui magnitudo è maggiore o uguale a 4.

La zona che interessa l'area in esame è la nr. 913, che fa parte del complesso "Appennino settentrionale e centrale", che presenta un valore di magnitudo massima pari a $M_{wmax} = 5,91$.

7 NORMATIVE DI RIFERIMENTO RELATIVE AGLI ASPETTI SISMICI

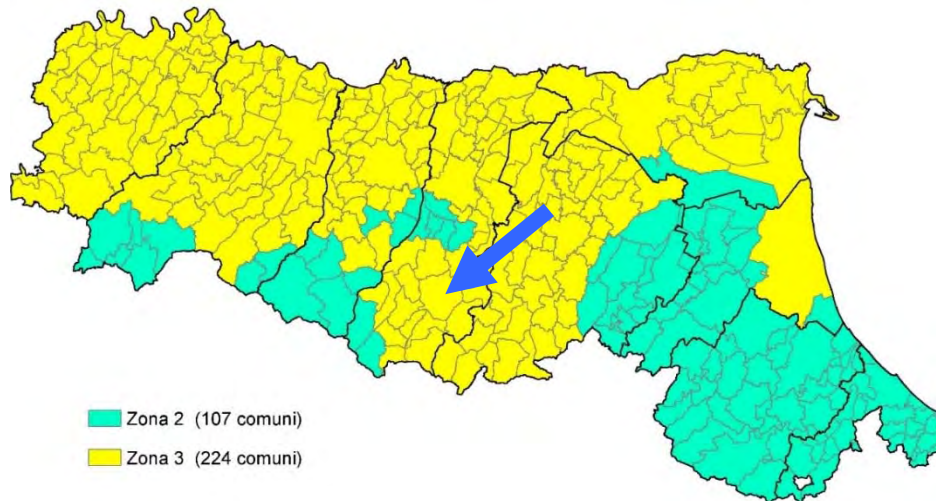
7.1 ORDINANZA P.C.M. 3274/2003

Con riferimento all'Ordinanza P.C.M. del 20.03.2003 n. 3274 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" e successive modifiche (O.P.C.M. del 02.10.2003 n. 3316 e O.P.C.M. del 03.05.2005 n. 3431) e all'O.P.C.M. del 28.04.2006 n. 3519, si definiscono i criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche. In relazione alle "Norme tecniche" si suddivide il territorio nazionale in 4 zone sismiche, caratterizzate da 4 diversi valori di accelerazione (a_g) orizzontale massima convenzionale su suolo di tipo A, ai quali ancorare lo spettro di risposta elastico. Ciascuna zona è individuata mediante valori di accelerazione massima del suolo (a_g), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferiti a suoli rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30} > 800$ m/s.

Zona	Accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni [a_g]	Accelerazione orizzontale massima convenzionale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico [a_g]
1	$0,25 < a_g \leq 0,35$ g	0,35 g
2	$0,15 < a_g \leq 0,25$ g	0,25 g
3	$0,05 < a_g \leq 0,15$ g	0,15 g
4	$\leq 0,05$ g	0,05 g

Di seguito si riporta la zonizzazione relativa al territorio della Regione Emilia-Romagna

Figura 10: MAPPA DELLA RICLASSIFICAZIONE SISMICA DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA – ORDINANZA DEL PCM N. 3247/2003 -- AGGIORNAMENTO LUGLIO 2018



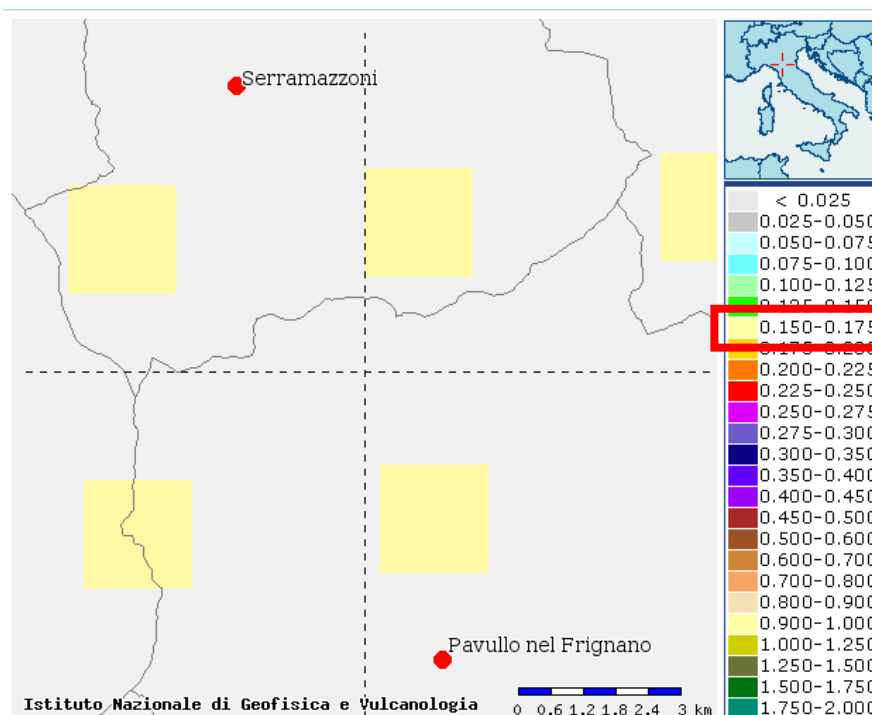
In base all'Ordinanza P.C.M. del 20.03.2003 n. 3274 il **Comune di Pavullo nel Frignano (MO)** ricade in **zona sismica 3**, e pertanto corrispondente ad una accelerazione massima convenzionale pari a 0.15 g riferita ad un suolo di tipo "A" con una probabilità di superamento pari al 10% in un arco temporale di 50 anni.

7.2 ORDINANZA P.C.M. 3519/2006

Con l'emissione dell'Ordinanza PCM 3519 del 28 aprile 2006 dalla G.U. n. 108 del 11/05/06 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone" è riportato in allegato una mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale espressa in termini di accelerazione massima al suolo (a_{max}) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita ai suoli molto rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s).

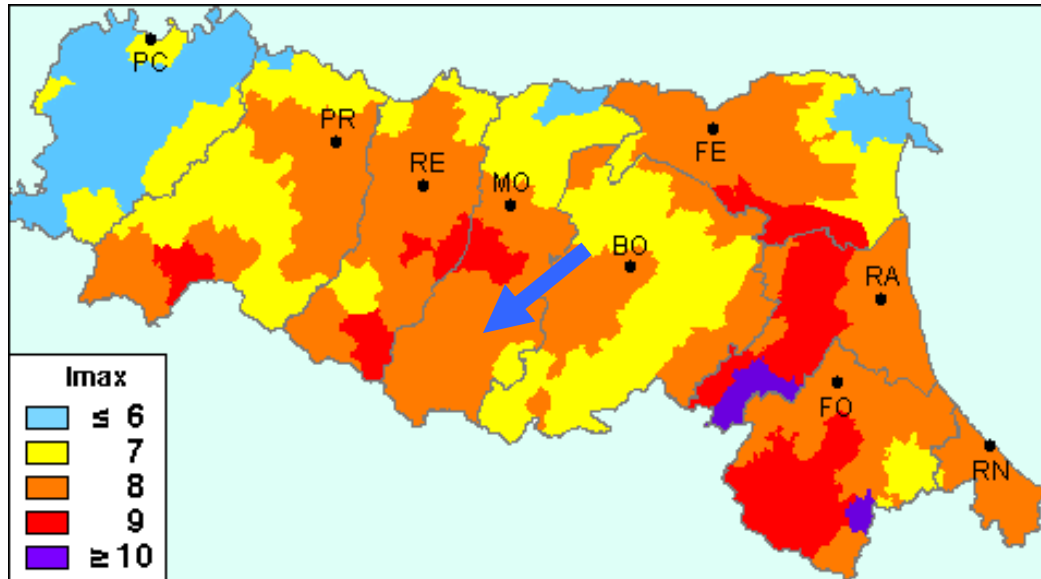
Con riferimento all'area oggetto di studio il **Comune di Pavullo nel Frignano (MO)** è compreso all'interno di una zona ove si prevede un valore di accelerazione massima al suolo (a_{max}) compreso tra 0.150-0.175 accelerazione

Figura 11: CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA ESPRESSA IN ACCELERAZIONE ORIZZONTALE DI PICCO PGA CON TEMPO DI RITORNO 475 ANNI



Per quanto riguarda l'aspetto macrosismico della zona in esame, dallo studio effettuato da D. Molin, M. Stucchi e G. Valensise (1996) per conto del Dipartimento della Protezione Civile, realizzato utilizzando la banca dati del GNDT e il Catalogo dei Forti Terremoti Italiani di ING/SGA, si può notare che il **Comune di Pavullo nel Frignano (MO)** presenta un'intensità macrosismica I_{max} pari a 8.

Figura 12: MAPPA DELLE MASSIME INTENSITA' MACROSISMICHE OSSERVATE NEI COMUNI ITALIANI - PARTICOLARE DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA



7.3 DELIBERA DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA N. 112/2007

Con l'approvazione dell'atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, comma 1, della L.R. 20/2000 "Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio", in merito a "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica", con riferimento all'allegato 4 sono stati definiti i valori di accelerazione massima (a_{refg}) in termini di frazione della accelerazione di gravità per ogni comune della Regione Emilia Romagna.

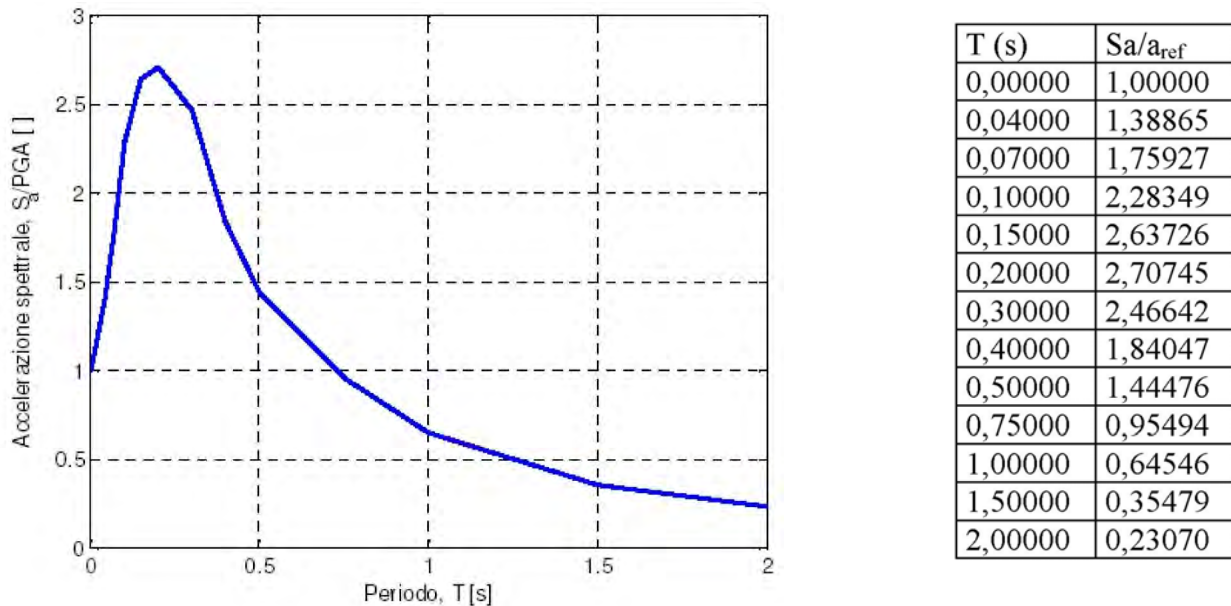
Nel caso del **Comune di Pavullo nel Frignano (MO)** il valore di a_{refg} è pari a **0.159**

Bastiglia	0.157	Guiglia	0.160	Prignano sulla Secchia	0.158
Bomporto	0.157	Lama Mocogno	0.161	Ravarino	0.157
Campogalliano	0.162	Maranello	0.163	Riolunato	0.185
Camposanto	0.155	Marano sul Panaro	0.161	San Cesario sul Panaro	0.162
Carpi	0.154	Medolla	0.150	San Felice sul Panaro	0.150
Castelfranco Emilia	0.163	Mirandola	0.141	San Possidonio	0.140
Castelnuovo Rangone	0.163	Modena	0.163	San Prospero	0.154
Castelvetro di Modena	0.162	Montecreto	0.178	Sassuolo	0.162
Cavezzo	0.150	Montefiorino	0.161	Savignano sul Panaro	0.163
Concordia sulla Secchia	0.127	Montese	0.162	Serramazzoni	0.159
Fanano	0.179	Nonantola	0.160	Sestola	0.177
Finale Emilia	0.149	Novi di Modena	0.139	Soliera	0.158
Fiorano Modenese	0.162	Palagano	0.164	Spilamberto	0.163
Fiumalbo	0.198	Pavullo nel Frignano	0.159	Vignola	0.163
Formigine	0.163	Pievepelago	0.194	Zocca	0.159
Frassinoro	0.178	Polinago	0.161		

All'interno della Delibera 112/2007 in allegato 4 vengono riportati gli indirizzi per il calcolo della risposta sismica locale nelle analisi di terzo livello ove è richiesto che vengano effettuati sulla base di segnali di riferimento assegnati ad ogni comune. Tali segnali sono rappresentativi dello scuotimento atteso su un suolo di riferimento, quest'ultimo inteso come la superficie al di sotto della quale si può

assumere una velocità di propagazione delle onde di taglio (V_s) superiore o uguale a 800 m/s. Viene inoltre fornito uno spettro di risposta normalizzato con il quale è possibile ottenere moltiplicando i valori della tabella 1 per il valore di a_{ref} di ogni comune.

Figura 13: SPETTRO DI RISPOSTA NORMALIZZATO (TR=475 ANNI, SMORZAMENTO 5%) E VALORI DI DEFINIZIONE PREVISTI DALLA REGIONE EMILIA ROMAGNA – DAL 112/2007



7.4 NTC 2018 - AGGIORNAMENTO DELLE NORME TECNICHE SULLE COSTRUZIONI

7.4.1 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO DA NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI (RIF. 3.2.2 NTC 2018)

Il D.M. 17.01.2018 stabilisce che, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, è possibile fare riferimento ad un approccio semplificato basato sulle categorie di sottosuolo di riferimento e sulle condizioni topografiche del sito.

Con riferimento al Cap. 3.2.2 del D. Min. Infrastrutture e Trasporti del 17/01/2018 (NTC 2018) la classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio $V_{s,eq}$ (in m/s) definita dalla sotto riportati espressione:

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

dove:

h_i : spessore dell' i -esimo strato

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

N : numero degli strati

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

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

Le categorie di sottosuolo di riferimento sono riportati nella tabella seguente.

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

Ai sensi del DM 17.01.2018 (GU del 20.02.2018 – S.O. n. 42), punto 3.2.2. "Categoria di sottosuolo e condizioni topografiche", che riporta: "Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_s . I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità V_s per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2."

<i>Categoria</i>	<i>Caratteristiche della superficie topografica</i>
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 $i > 30^\circ$

7.5 DELIBERA DI GIUNTA DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA N. 630/2019

Con riferimento all'atto di coordinamento tecnico sugli studi di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale e urbanistica (artt. 22 e 49, L.R. n. 24/2017), allegato "A", vengono identificate fasi di analisi con diversi livelli di

Approfondimento e precisamente:

1° fase: analisi diretta a definire gli scenari di pericolosità sismica locale

2° fase: analisi che 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:

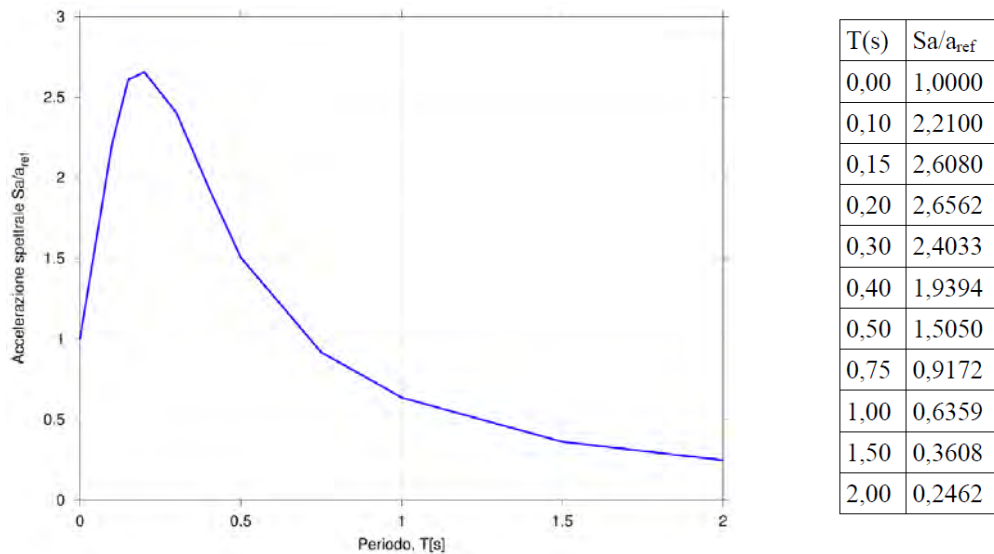
- a) un'analisi semplificata (secondo livello di approfondimento)
- b) una analisi approfondita (terzo livello di approfondimento)

Per quanto riguarda le procedure di riferimento per le analisi di terzo livello di approfondimento, sono previste nell'allegato A3 della DRG 630/2019 le quali prevedono:

- A) Valutazione della possibilità di occorrenza della liquefazione
- B) Stima dei cedimenti indotti dall'azione sismica
- C) Identificazione dei pendii potenzialmente instabili

Con riferimento agli spettri di risposta normalizzato la DRG 630/2017 riporta una tabella ove sono riportati i valori del periodo proprio (T) espresso in secondi e i valori di accelerazione spettrale normalizzata al valore di accelerazione massima orizzontale (a_{ref}).

Figura 14: SPETTRO DI RISPOSTA NORMALIZZATO (TR=475 ANNI, SMORZAMENTO 5%) E VALORI DI DEFINIZIONE PREVISTI DALLA REGIONE EMILIA ROMAGNA – DGR 630/2019



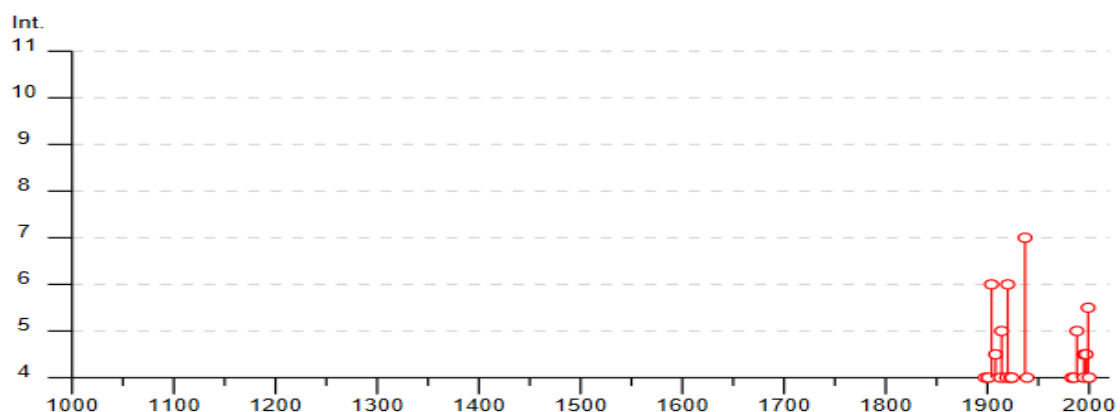
8 SISMICITA'

8.1 SISMICITA' STORICA

La sismicità storica del **Comune di Pavullo nel Frignano** è stata desunta mediante la consultazione del database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI15 (Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds), 2016. CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. <http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15>)

Il database è stato realizzato nell'ambito delle attività del TTC (Tema Trasversale Coordinato) "Banche dati e metodi macrosismici" dell'INGV, con il contributo parziale del Dipartimento della Protezione Civile.

Figura 15: DIAGRAMMA RAPPRESENTANTE LA STORIA SISMICA DEL COMUNE DI PAVULLO NEL FRIGNANO



Effetti										
In occasione del terremoto del										
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDF	Io	Mw
3	1887	02	23	03	21	5	Liguria occidentale	1511	8	5.27
3	1892	05	17	03	08	1	Carpinetti	28	5	4.28
F	1893	03	18	19	33	1	Florentino	401	8	5.50
F	1893	08	07	19	43	3	Appennino tosco-emiliano	84	5	4.67
3	1896	07	08	01	31	2	Porretta Terme	17	5	4.37
NF	1896	12	08	17	06	4	Sestola	26	5	4.33
NF	1897	09	06	03	10	4	Valdarno inferiore	104	5-6	4.59
4	1898	03	04	21	05		Parmanese	313	7-8	5.37
4	1901	10	30	14	43	5	Garda occidentale	289	7-8	5.44
6	1904	06	10	11	15	2	Frignano	101	6	4.82
4-5	1908	06	02	22	30		Frignano	18	4-5	4.50
NF	1909	08	23	00	22		Crete Senesi	259	7-8	5.34
4	1913	02	13	16	39		Corno alle Scale	26	5	4.18
5	1914	10	27	09	22		Lucchese	660	7	5.63
3	1915	10	10	23	10		Raggiano	30	6	4.87
3	1916	05	17	12	30		Riminese	132	8	5.82
4	1919	06	29	15	06	1	Mugello	565	10	6.38
3	1919	09	25	03	15		Frignano	7	4	3.70
6	1920	09	07	05	55	4	Garfagnana	750	10	6.53
2	1922	08	02	21	13		Frignano	21	5	4.32
4	1923	06	28	15	12		Modenese	22	6	5.04
4	1924	06	12	21	03	4	Frignano	25	5-6	4.46
2-3	1928	06	13	08			Carpi	35	6	4.67
3-4	1929	04	19	04	16		Bolognese	82	6-7	5.13
2	1930	10	30	07	13		Sanigallia	268	8	5.83
2	1931	06	10	17	02		Modenese	14	4	4.59
3	1936	10	18	03	10		Alpago Casaglio	269	9	6.06
7	1937	12	10	18	04		Frignano	28	6	5.30
4	1939	10	15	14	03		Garfagnana	62	6-7	4.96
3	1951	05	15	22	54		Iodigiano	179	6-7	5.17
NF	1956	04	26	03	00	0	Appennino bolognese	89	6	4.74
3	1957	08	27	11	54		Appennino modenese	58	5	4.73
3	1971	07	15	01	33	2	Parmanese	228	8	5.51
4	1983	11	09	16	29	3	Parmanese	850	6-7	5.04
4	1985	01	23	10	10	1	Garfagnana	73	6	4.60
NF	1986	12	06	17	07	1	Ferrarese	604	6	4.43
NF	1987	05	02	20	43	5	Raggiano	802	6	4.71
3-4	1988	02	08	11	24	4	Garfagnana	75	6	4.34
5	1988	02	08	13	36	4	Frignano	43	5	4.28
NF	1992	04	17	11	39	0	Appennino bolognese	56	4-5	4.11
4-5	1995	08	24	17	27	3	Appennino piastolese	56	6	4.45
1-2	1995	10	10	05	54	2	Lunigiana	341	7	4.82
4	1995	12	31	21	29	4	Appennino reggiano	96	4-5	4.51
4-5	1996	10	15	09	35	3	Pianura emiliana	135	7	5.38
4-5	1997	12	24	17	33	1	Garfagnana	98	5	4.33
5-6	1999	07	07	17	16	1	Frignano	32	5	4.67
NF	2000	06	18	07	42	0	Piadura emiliana	304	5-6	4.40
4	2000	10	03	01	12	3	Frignano	62	5	4.22
3-4	2002	06	08	20	13	0	Frignano	115	4	4.23
3-4	2002	06	18	22	23	3	Frignano	186	4	4.30
NF	2002	06	19	22	11	1	Frignano	52	3	4.03
3	2003	09	14	21	42	5	Appennino bolognese	133	6	5.24

9 MICROZONAZIONE SISMICA DI PAVULLO NEL FRIGNANO

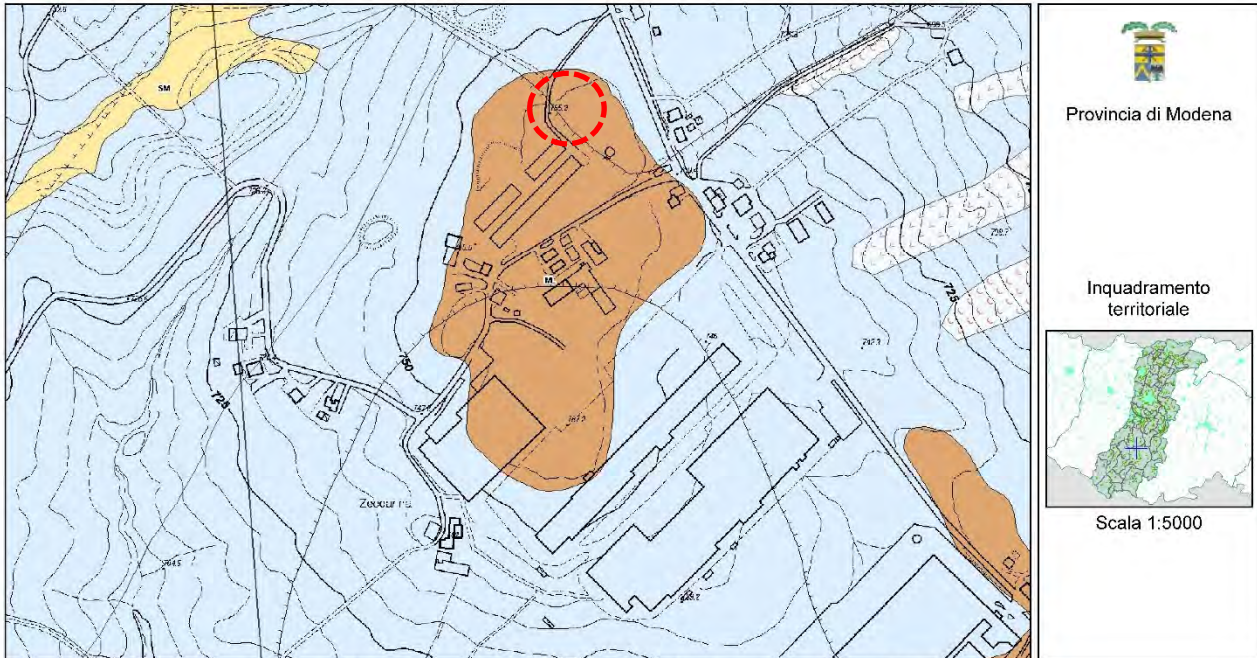
Lo studio di microzonazione sismica di 2° livello del Comune di Pavullo, ed in particolare la cartografia delle MOPS, ricomprende l'area in esame tra le zone con presenza di terreni di copertura (porzione est) e zone con substrato non rigido (zona ovest) con valori del fattore di amplificazione della PGA > 2.50.

In fattore di amplificazione dell'intensità di Housner nell'intervallo tra 0.1-0.5S e 0.5-1.0s risulta compreso rispettivamente tra 2.50 e 1.9-2.0.

Figura 16: ESTRATTO DI CARTA GEOLOGICO TECNICA

Provincia di Modena

Estratto di mappa



SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena

Provincia di Modena

Estratto di mappa

Legenda

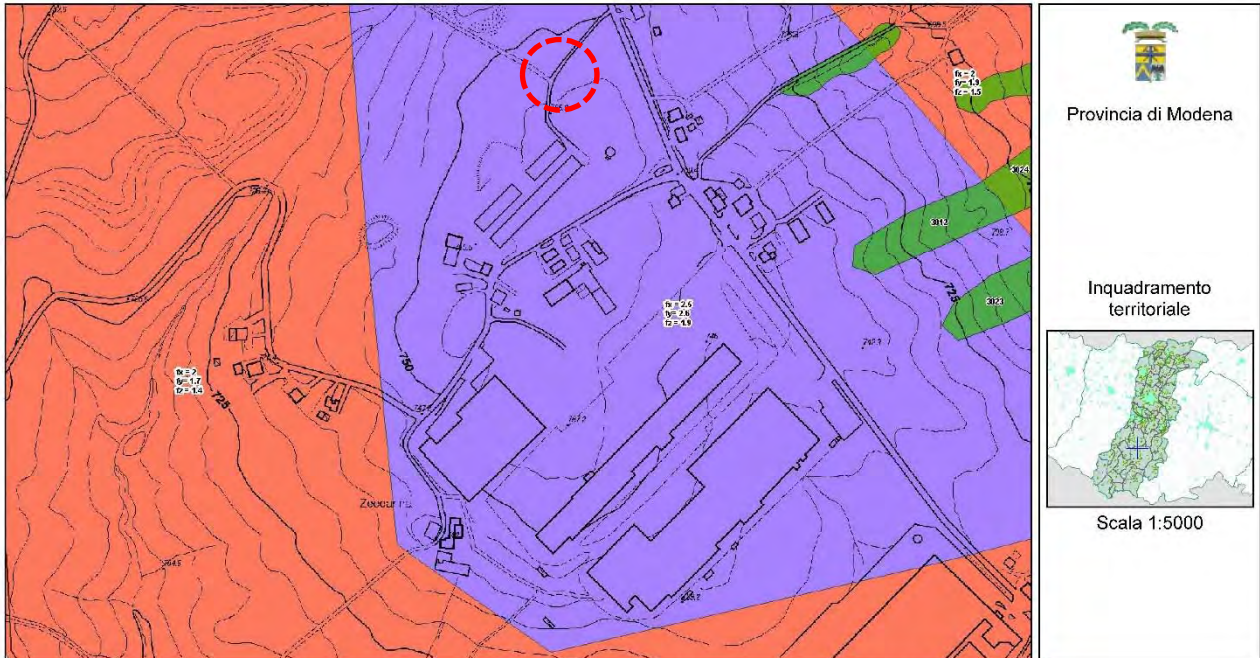
- Terreni di copertura**
-  Sabbie limose, miscela di sabbia e limo
 -  Limi inorganici, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità
- Substrato geologico rigido o non**
-  Substrato geologico non rigido stratificato
 -  Substrato geologico non rigido
- Instabilità di versante**
-  Frana quiescente complessa
 -  Frana attiva per scorrimento
 -  Frana quiescente per colamento
- Elementi tettonico-strutturali**
-  Faglia diretta non attiva (certa)
 -  Faglia diretta non attiva (incerta)
- Quadro d'unione delle tavole -**
-  Quadro d'unione
- Carta Topografica Regionale**
-  1:25.000 (1985-1986)
- Ricerca sviluppi**

SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena

Figura 17: CARTOGRAFIA DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE DELLA PGA

Provincia di Modena

Estratto di mappa



SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena

Provincia di Modena


Estratto di mappa

Legenda


Zone stabili suscettibili di

-  FX (1.9 - 2.0)
-  FX > 2.5
-  FX (2.1 - 2.2)

Territorio indagato - download PDF

-  Sviluppi con approfondimenti di II livello

Carta Topografica Regionale

-  1:25.000 (1985-1986)

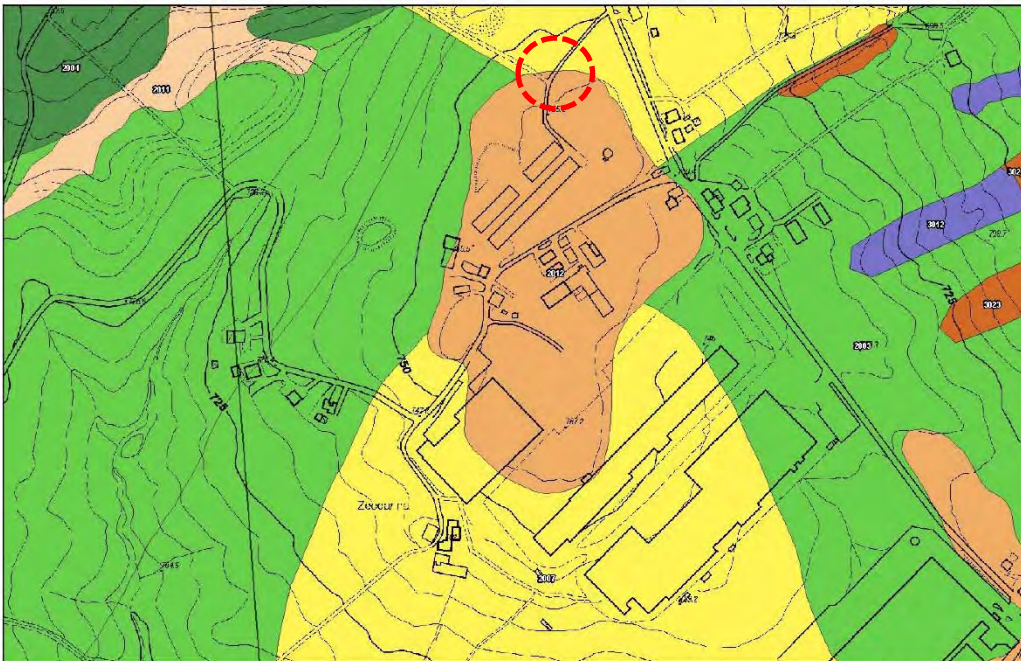
Ricerca sviluppi

SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena

Figura 18: CARTA DELLE MOPS (MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA)

Provincia di Modena

Estratto di mappa




Provincia di Modena

Inquadramento territoriale



Scala 1:5000

SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena

Provincia di Modena

Estratto di mappa

Legenda


Zone stabili suscettibili di

-  Zona 12
-  Zona 11
-  Zona 4
-  Zona 7
-  Zona 3

Quadro d'unione delle tavole -

-  Tavole

Carta Topografica Regionale

-  C.T.P. 1:25.000 (1985-1986)

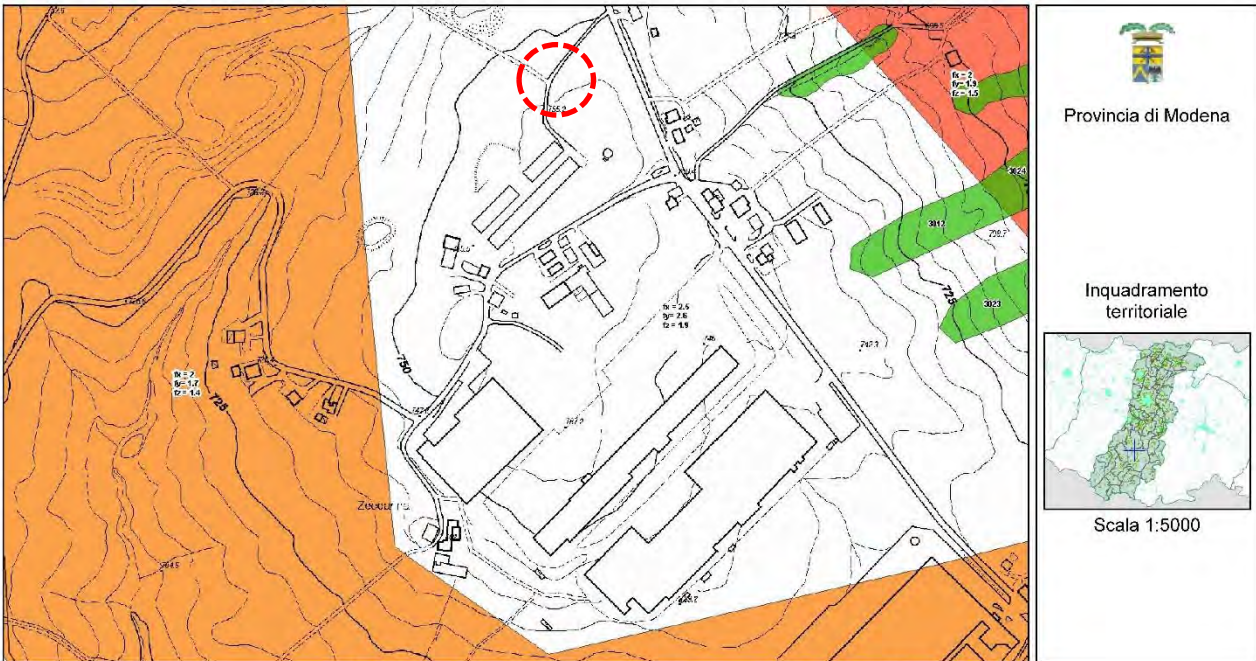
Ricerca sviluppi

SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena

Figura 19: CARTOGRAFIA DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE DELLA PGA DELL'INTENSITA' DI HOUSNER (0.1-0.5 S) (Fy)

Provincia di Modena

Estratto di mappa



SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena

Provincia di Modena


Estratto di mappa

Legenda


Zone stabili suscettibili di

-  FY (1.9 - 2.0)
-  FY (1.7 - 1.8)

Territorio indagato - download PDF

-  Sviluppi con approfondimenti di II livello

Carta Topografica Regionale

-  1:25.000 (1985-1986)

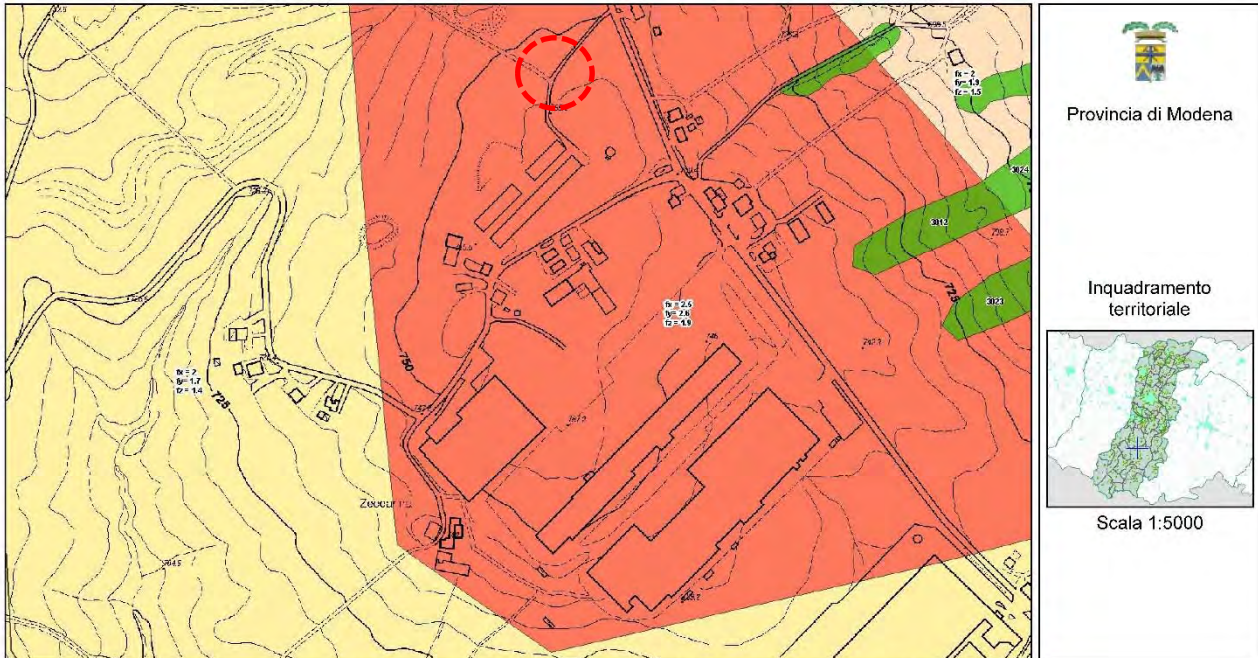
Ricerca sviluppi

SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena

Figura 20: CARTOGRAFIA DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE DELLA PGA DELL'INTENSITA' DI HOUSNER (0.5-1.0 S) (Fz)

Provincia di Modena

Estratto di mappa



SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena

Provincia di Modena


Estratto di mappa

Legenda


Zone stabili suscettibili di

-  FZ (1.9 - 2.0)
-  FZ (1.3 - 1.4)
-  FZ (1.5 - 1.6)

Territorio indagato - download PDF

-  Sviluppi con approfondimenti di II livello

Carta Topografica Regionale

-  1:25.000 (1985-1986)

Ricerca sviluppi

SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena

10 VINCOLI E ZONIZZAZIONI DI TUTELA SULLA BASE DEL P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA

Con riferimento alla cartografia allegata al Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale della Provincia di Modena approvato con DCP n.46 del 18/03/2009 ed in vigore dal 08/04/2009, l'area oggetto di studio risulta essere compresa all'interno delle seguenti cartografie tematiche:

TAV. 1.1 – TUTELA DELLE RISORSE PAESISTICHE E STORICO-CULTURALI

L'area si colloca in corrispondenza di un crinale di spartiacque principale (art. 23C, comma 1, lettera b) risulta soggetta a vincoli.

TAV. 1.2 – TUTELA DELLE RISORSE NATURALI, FORESTALI E DELLA BIODIVERSITA' DEL TERRITORIO

L'area non risulta soggetta a vincoli.

TAV. 2.1 – RISCHIO DA FRANA - CARTA DEL DISSESTO

L'area non risulta soggetta a vincoli.

TAV. 2.2 – RISCHIO SISMICO: CARTA DELLE AREE SUSCETTIBILI DI EFFETTI LOCALI

La zona in oggetto si colloca in un settore caratterizzato da amplificazione per le caratteristiche litologiche.

TAV. 3.3 – RISCHIO INQUINAMENTO ACQUE: ZONE VULNERABILI DA NITRATI DI ORIGINE AGRICOLA E ASSIMILATE

L'area non risulta soggetta a vincoli.

TAV. 3.4 – RISCHIO INQUINAMENTO SUOLO: ZONE NON IDONEE ALLA LOCALIZZAZIONE DI IMPIANTI DI SMALTIMENTO E RECUPERO DI RIFIUTI SOLIDI URBANI, SPECIALI E SPECIALI PERICOLOSI

L'area non risulta soggetta a vincoli.

TAV. 3.5 – RISCHIO INDUSTRIALE: COMPATIBILITA' AMBIENTALE DELLE ZONE INTERESSATE DA STABILIMENTI A RISCHIO DI INCIDENTE RILEVANTE

La zona in oggetto risulta all'interno di zona idonea relativamente alla compatibilità ambientale.

TAV. 6 – CARTA FORESTALE ATTIVITA' ESTRATTIVE

L'area non risulta soggetta a vincoli.

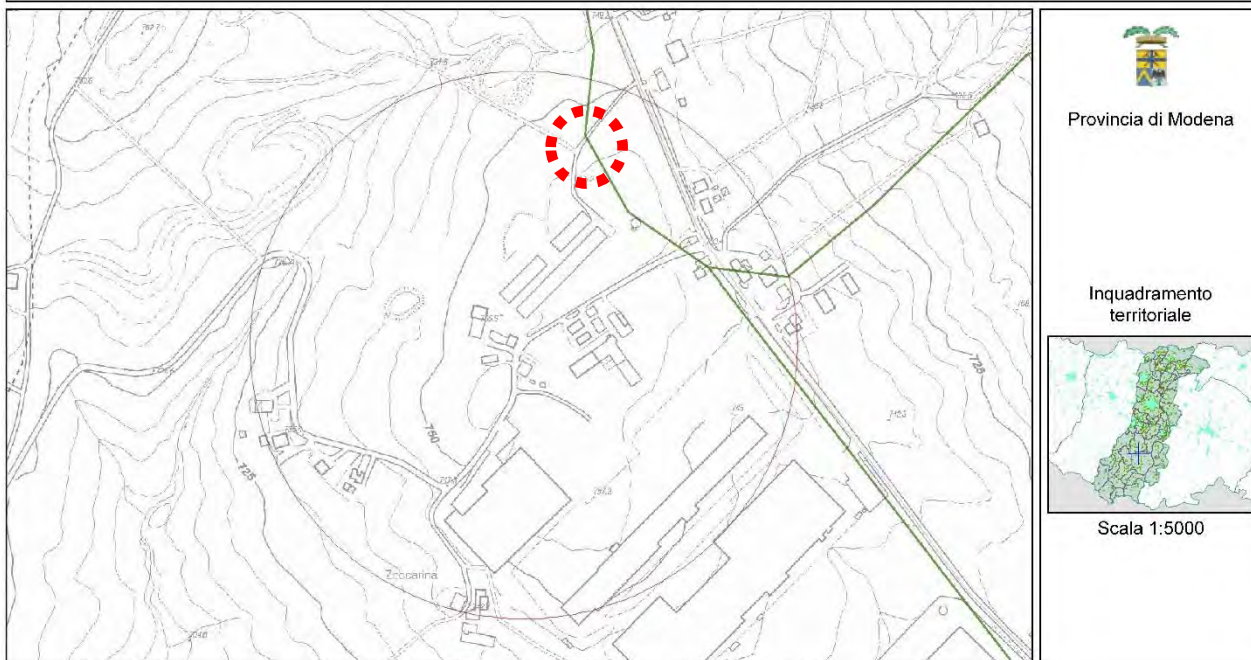
TAV. 7 – CARTA DELLE UNITA' DI PAESAGGIO

L'area in oggetto risulta all'interno di "area di paesaggio dell'alta collina e prima fascia montana (Zona 24)".

Figura 21: ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 1.1 – TUTELA DELLE RISORSE PAESISTICHE E STORICO-CULTURALI – SCALA 1:5.000

Provincia di Modena

Estratto di mappa







SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena

Provincia di Modena


Estratto di mappa

Legenda

Carta 1.1-Tutela paesaggistica e

-  Crinali minori (Art. 23C, comma 1, lettera b)
-  Crinali spartiacque principali (Art. 23C, comma 1, lettera a)
-  Insediamenti urbani storici e strutture insediative storiche non urbane (Art.42)
-  Viabilità storica (Art. 44B)

1:25.000 (1985-1986)

-  Carta Topografica Regionale 1:25.000

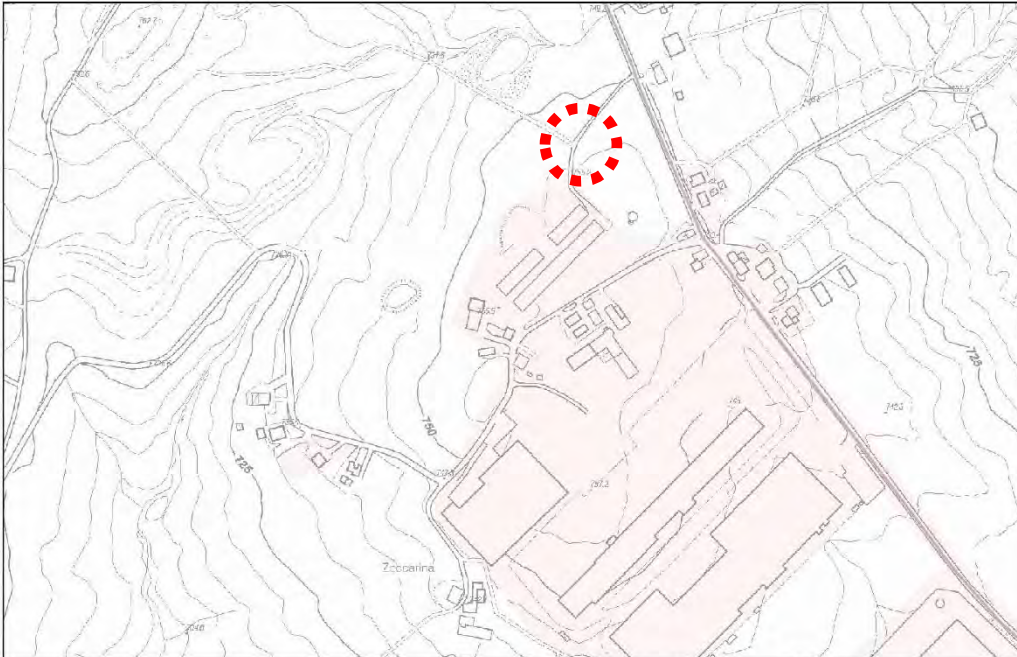
SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena

Figura 22: ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 1.2 – TUTELA DELLE RISORSE NATURALI, FORESTALI E DELLA BIODIVERSITÀ DEL TERRITORIO – SCALA 1:5.000



Provincia di Modena

Estratto di mappa




Provincia di Modena

Inquadramento territoriale



Scala 1:5000

SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena



Provincia di Modena

Estratto di mappa

Legenda

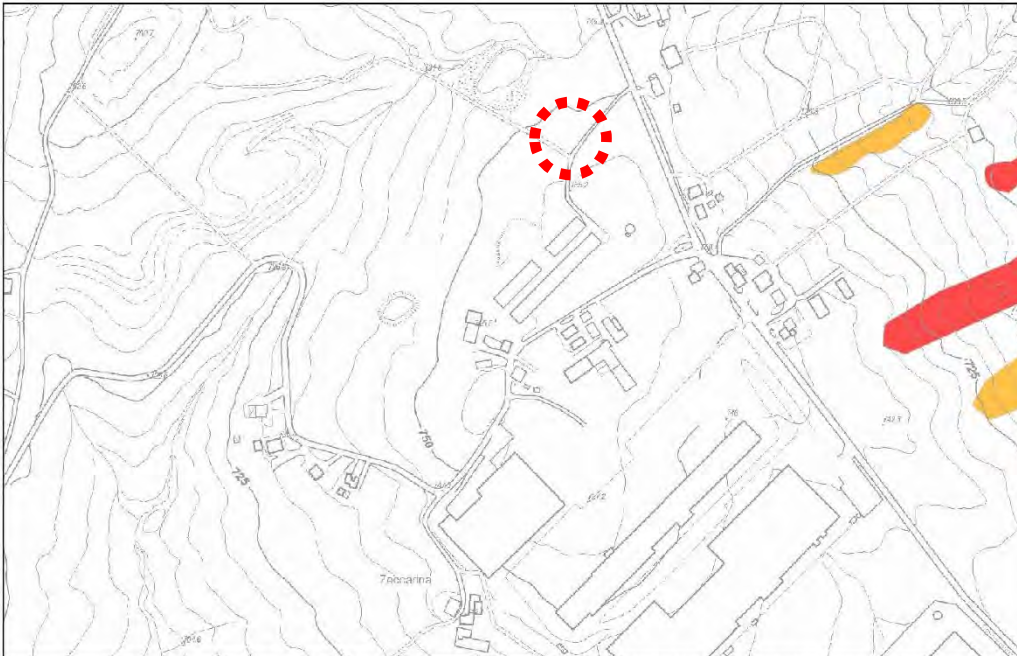
- Carta 1.2 - Tutela delle risorse
-  Territorio insediato al 2006
 -  Aree forestali (Art. 21)
 -  Infrastrutture viarie esistenti
- 1:25.000 (1985-1986)
-  Carta Topografica Regionale 1: 25.000

SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena

Figura 23 ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 2.1 – RISCHIO DA FRANA - CARTA DEL DISSESTO – SCALA 1:5.000

Provincia di Modena

Estratto di mappa




Provincia di Modena

Inquadramento territoriale



Scala 1:5000

SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena

Provincia di Modena

Estratto di mappa

Legenda

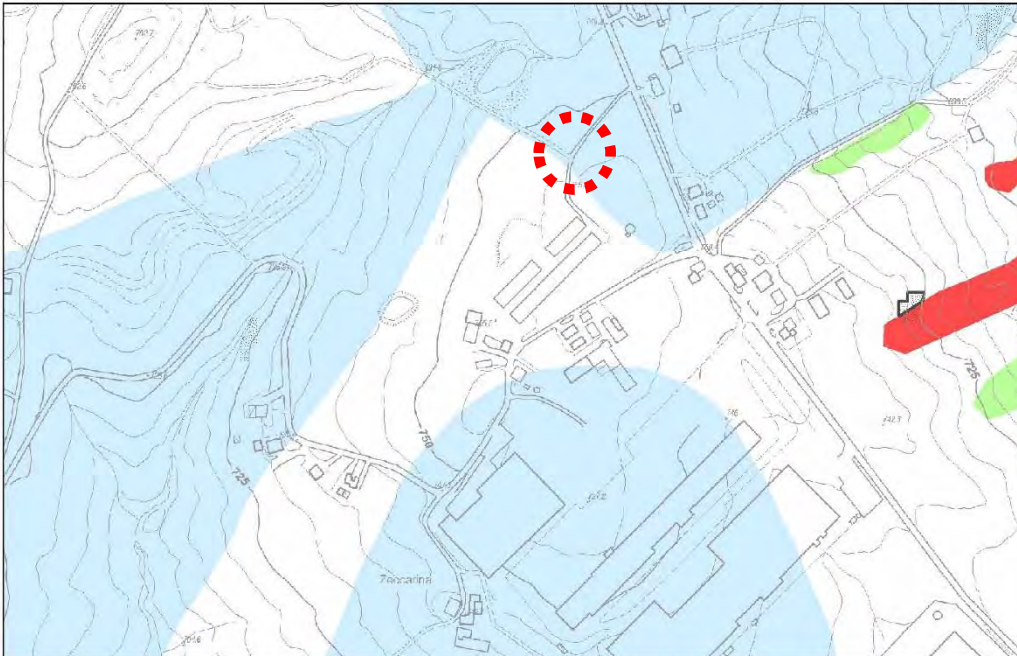
- Carta 2.1 - Carta del dissesto
-  Aree interessate da frane attive (Art. 15)
 -  Aree interessate da frane quiescenti (Art. 15)
- 1:25.000 (1985-1986)
-  Carta Topografica Regionale 1: 25.000

SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena

Figura 24: ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 2.2 – RISCHIO SISMICO: CARTA DELLE AREE SUSCETTIBILI DI EFFETTI LOCALI – SCALA 1:5.000

Provincia di Modena

Estratto di mappa




 Provincia di Modena

 Inquadramento territoriale

 Scala 1:5000




SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena

Provincia di Modena

Estratto di mappa

Legenda

Carta 2.2 - Rischio sismico: effetti

-  Area instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche
 -  Area potenzialmente non soggetta ad effetti locali
 -  Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche topografiche
 -  Area potenzialmente instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche
 -  Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche
 -  Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche
 -  Area instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche
- 1:25,000 (1985-1986)
-  Carta Topografica Regionale 1: 25.000

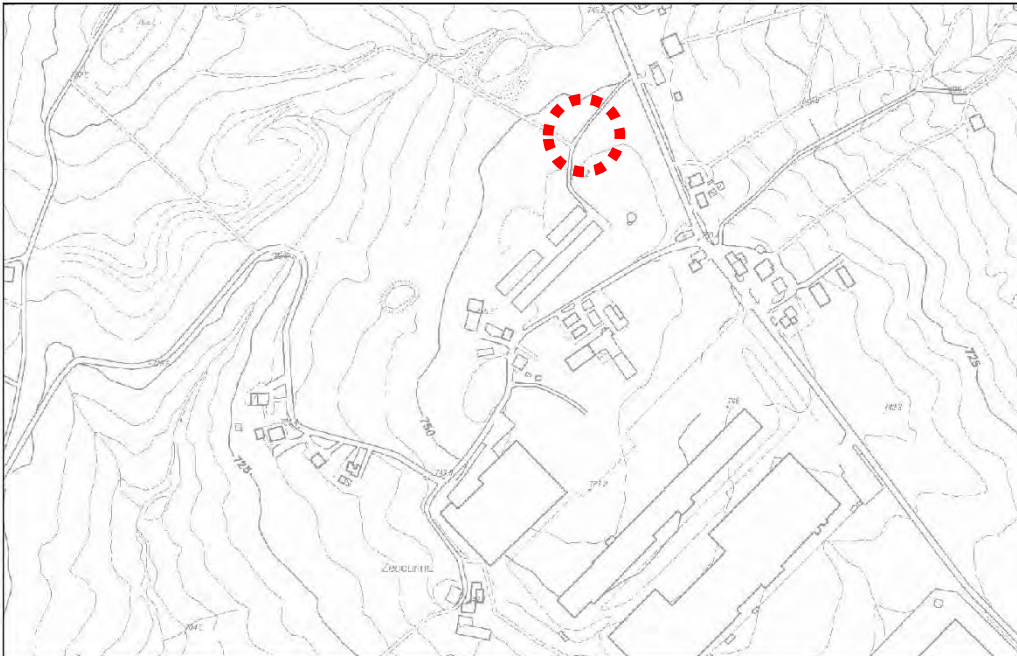
SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena

Figura 25: ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 3.3 – RISCHIO INQUINAMENTO ACQUE: ZONE VULNERABILI DA NITRATI DI ORIGINE AGRICOLA E ASSIMILATE – SCALA 1:5.000



Provincia di Modena

Estratto di mappa




Provincia di Modena

Inquadramento territoriale



Scala 1:5000


SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena



Provincia di Modena

Estratto di mappa

Legenda

1:25.000 (1985-1986)
 Carta Topografica Regionale 1:
 25.000

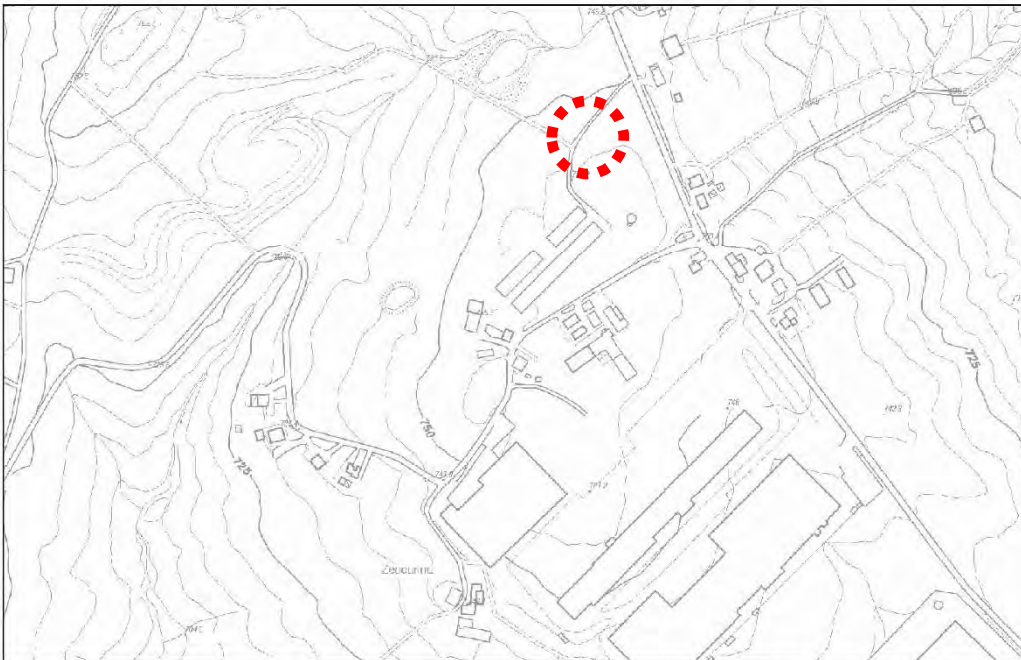
SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena

Figura 26: ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 3.4 – RISCHIO INQUINAMENTO SUOLO: ZONE NON IDONEE ALLA LOCALIZZAZIONE DI IMPIANTI DI SMALTIMENTO E RECUPERO DI RIFIUTI SOLIDI URBANI, SPECIALI E SPECIALI PERICOLOSI – SCALA 1:5.000



Provincia di Modena

Estratto di mappa




Provincia di Modena

Inquadramento territoriale



Scala 1:5000

SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena



Provincia di Modena

Estratto di mappa

Legenda

Carta 3.4 - Rischio inquinamento

- Zone non idonee alla localizzazione di impianti di smaltimento rifiuti (urbani-speciali-pericolosi)

1:25.000 (1985-1986)

- DTR
25 000 Carta Topografica Regionale 1: 25.000

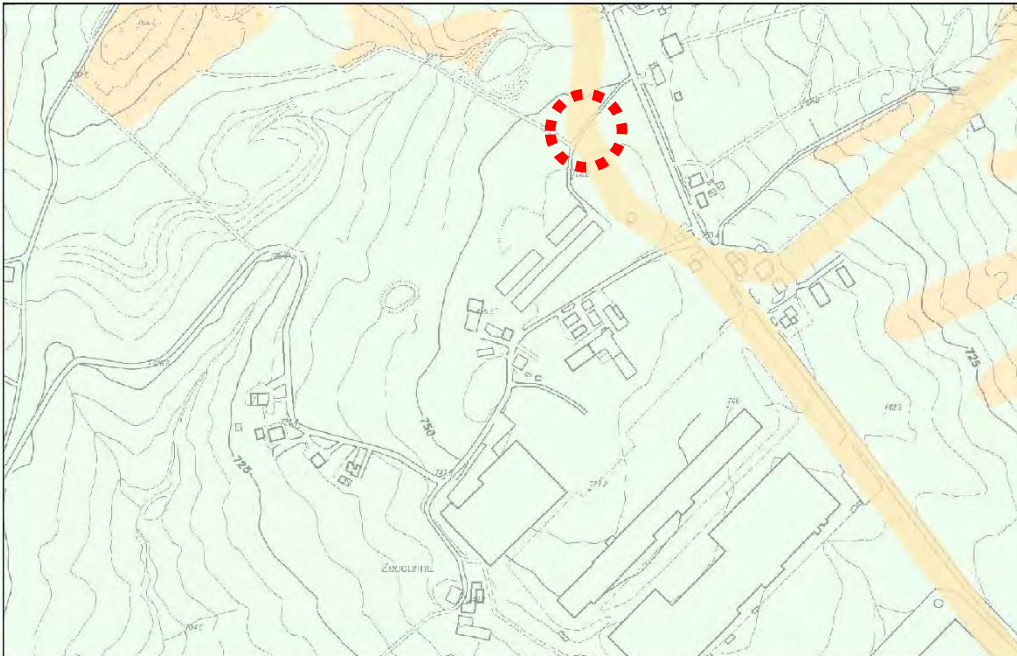
SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena

Figura 27: ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 3.5 – RISCHIO INDUSTRIALE: COMPATIBILITA' AMBIENTALE DELLE ZONE INTERESSATE DA STABILIMENTI A RISCHIO DI INCIDENTE RILEVANTE – SCALA 1:5.000



Provincia di Modena

Estratto di mappa




Provincia di Modena

Inquadramento territoriale



Scala 1:5000

SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena





Provincia di Modena

Estratto di mappa

Legenda

Carta 3.5 - Rischio industriale

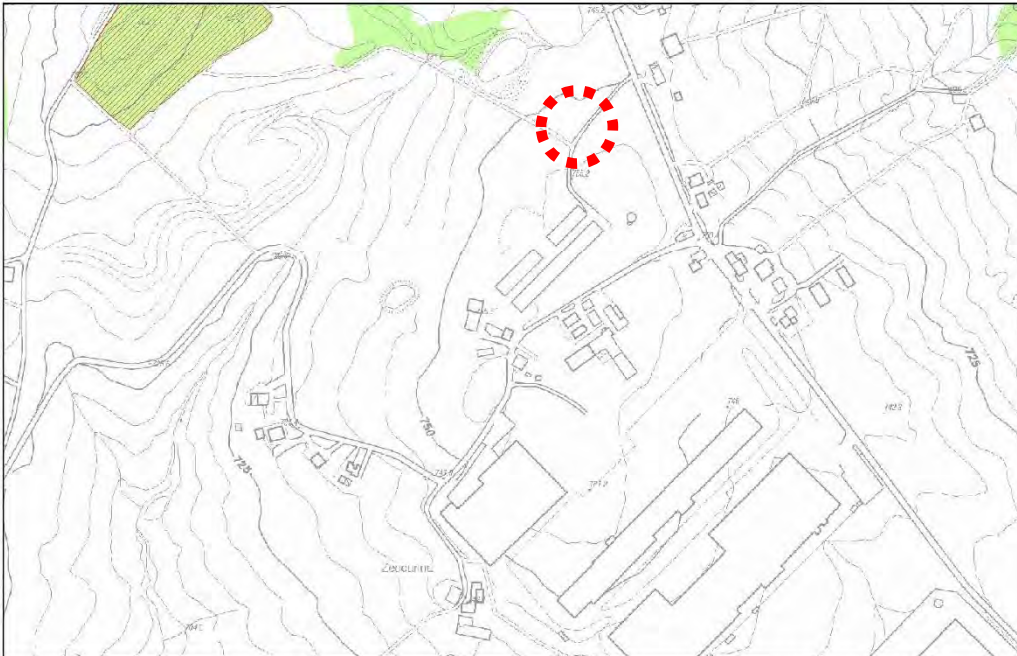
-  Zone idonee
- 1:25.000 (1985-1986)
-  Carta Topografica Regionale 1: 25.000

SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena

Figura 28: ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 6 – CARTA FORESTALE ATTIVITA' ESTRATTIVE – SCALA 1:5.000

Provincia di Modena

Estratto di mappa




Provincia di Modena

Inquadramento territoriale



Scala 1:5000

SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena

Provincia di Modena

Estratto di mappa

Legenda

Carta 6 - Carta forestale attivita'



Aree forestali (Art.21)

1:25.000 (1985-1986)



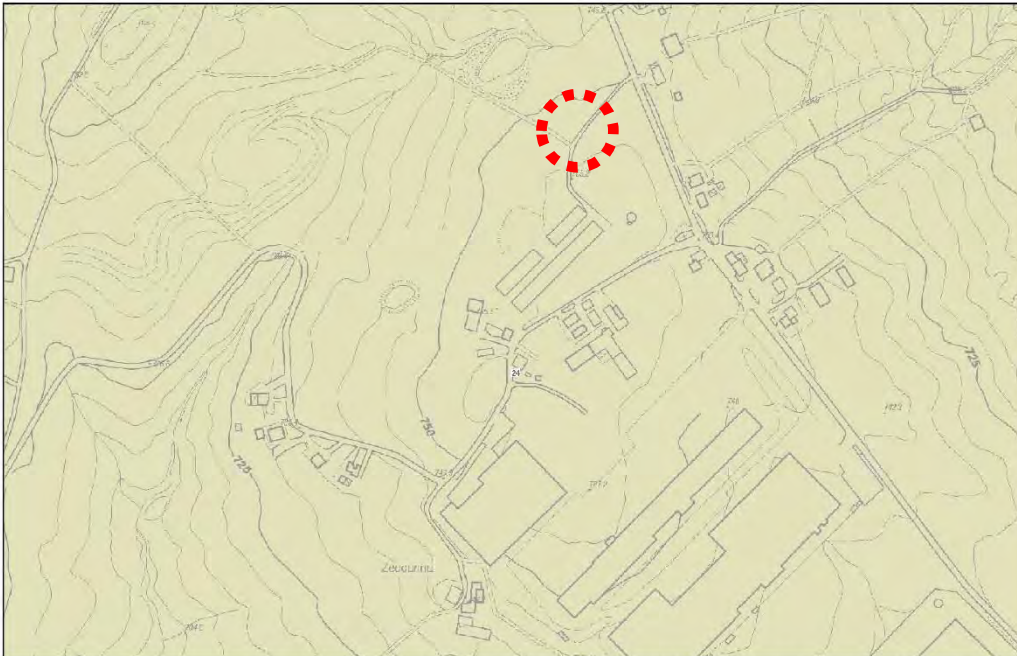
Carta Topografica Regionale 1:
25.000

SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena

Figura 29: ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 7 – CARTA DELLE UNITA' DI PAESAGGIO – SCALA 1:5.000

Provincia di Modena

Estratto di mappa




Provincia di Modena

Inquadramento territoriale



Scala 1:5000

SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena

Provincia di Modena

Estratto di mappa

Legenda

Carta 7 Carta delle Unità di Paesaggio

24 Paesaggio dell'alta collina e prima fascia montana

1:25.000 (1985-1986)

ETP 25.000 Carta Topografica Regionale 1: 25.000

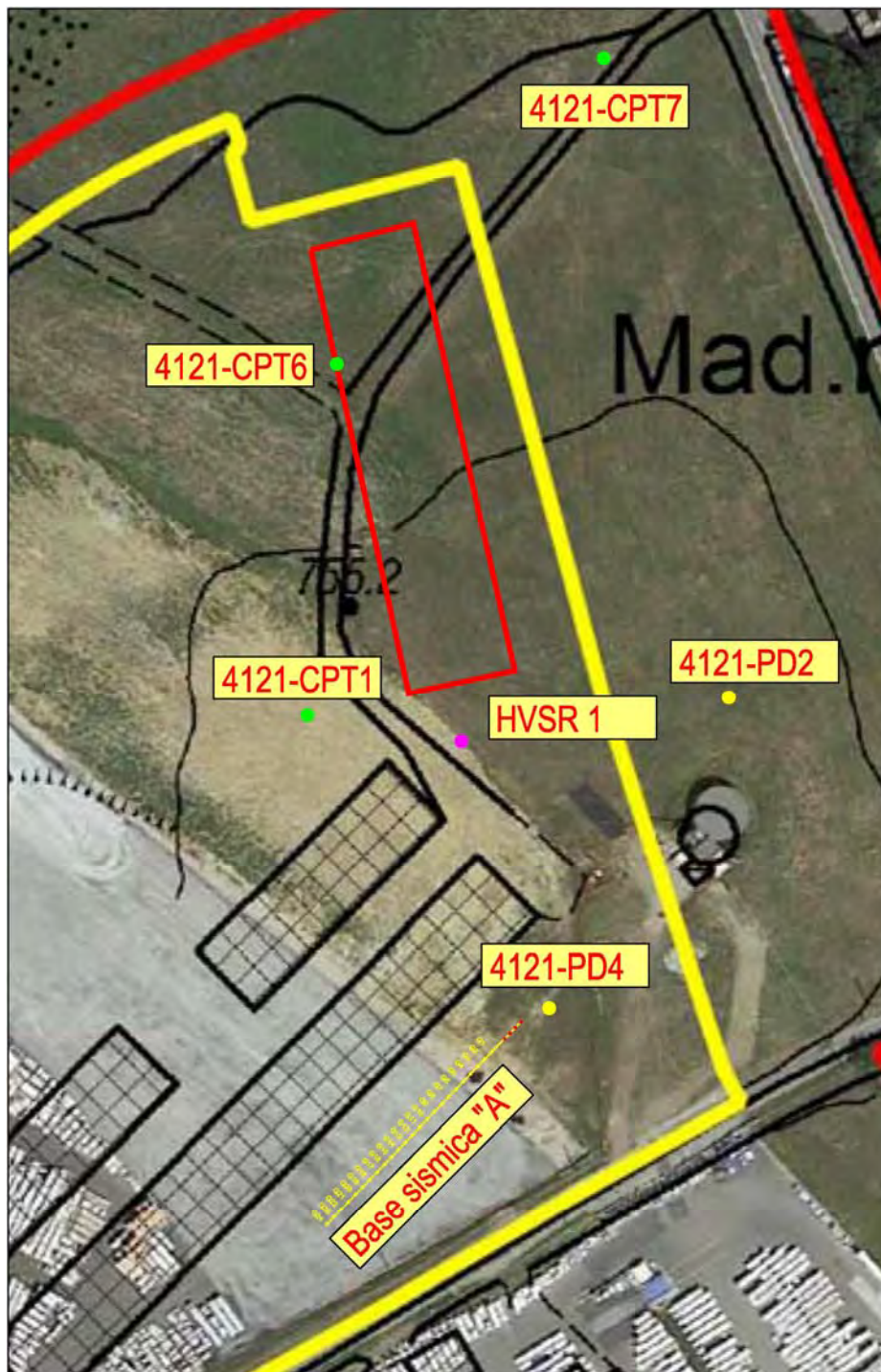
SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena

11 INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE IN SITO

Nell'area oggetto di intervento sono state eseguite dalla scrivente per la precedente relazione le sotto riportate indagini:

- n° 3 indagini geognostiche di tipo penetrometrico ad infissione statica con punta meccanica (CPT);
- n° 2 indagini geognostiche di tipo penetrometrico ad infissione dinamica (PD);
- n° 1 indagine geofisica di tipo sismico passivo (HVSr)
- n° 1 indagine geofisica di tipo sismico a rifrazione con tecnica M.A.S.W.

Figura 30: UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE



11.1 INDAGINI GEOGNOSTICHE DI TIPO PENETROMETRICO AD INFISSIONE STATICA (SCP)

Al fine di caratterizzare da un punto di vista litologico i terreni presenti nell'area, sono state eseguite complessivamente nr. 3 indagini geognostiche di tipo penetrometrico ad infissione statica con punta meccanica (CPT), che hanno raggiunto la profondità massima di ml. 8.40 dal piano di campagna attuate (CPT 6).

Le indagini penetrometriche effettuate sono state elaborate mediante un apposito software commercializzato dalla ditta Geostru denominato **Static Probing** che ha permesso di ricavare i principali parametri geomeccanici dei terreni riassunti nella tabelle seguenti e riportate per esteso in allegato 3.

Nr:	Numero progressivo strato
Prof:	Profondità strato (m)
Tipo:	C: Coesivo. I: Incoerente. CI: Coesivo-Incoerente
Cu:	Coesione non drenata (Kg/cm ²)
Eu:	Modulo di deformazione non drenato (Kg/cm ²)
Mo:	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
G:	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm ²)
OCR:	Grado di sovraconsolidazione
Puv:	Peso unità di volume (t/m ³)
PuvS:	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Dr:	Densità relativa (%)
Fi:	Angolo di resistenza al taglio (°)
Ey:	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Vs:	Velocità onde di taglio (m/s)

PROVA CPT1

Nr.	Prof.	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	Puv	PuvS	Dr	Fi	Ey	Vs
1	1.20	C	77.5	57.7	4.7	14.8	>9	18.9	19.7	--	--	--	168.23
2	7.20	C	128.5	92.9	5.1	20.2	>9	19.7	20.5	--	--	--	251.56
3	7.40	I	--	--	48.5	94.9	0.8	0.0	0.0	100.0	42.0	0.0	549.8

PROVA CPT6

Nr.	Prof.	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	Puv	PuvS	Dr	Fi	Ey	Vs
1	1.60	C	72.6	53.8	4.7	14.2	>9	18.8	19.6	--	--	--	173.87
2	3.00	CI	250.1	185.8	10.0	30.3	1.2	20.9	21.7	67.7	37.4	0.0	297.83
3	7.80	C	98.1	69.6	4.1	17.1	8.7	19.3	20.0	--	--	--	249.22
4	8.40	I	--	--	48.0	94.4	0.8	18.6	21.6	100.0	42.0	0.0	554.80

PROVA CPT7

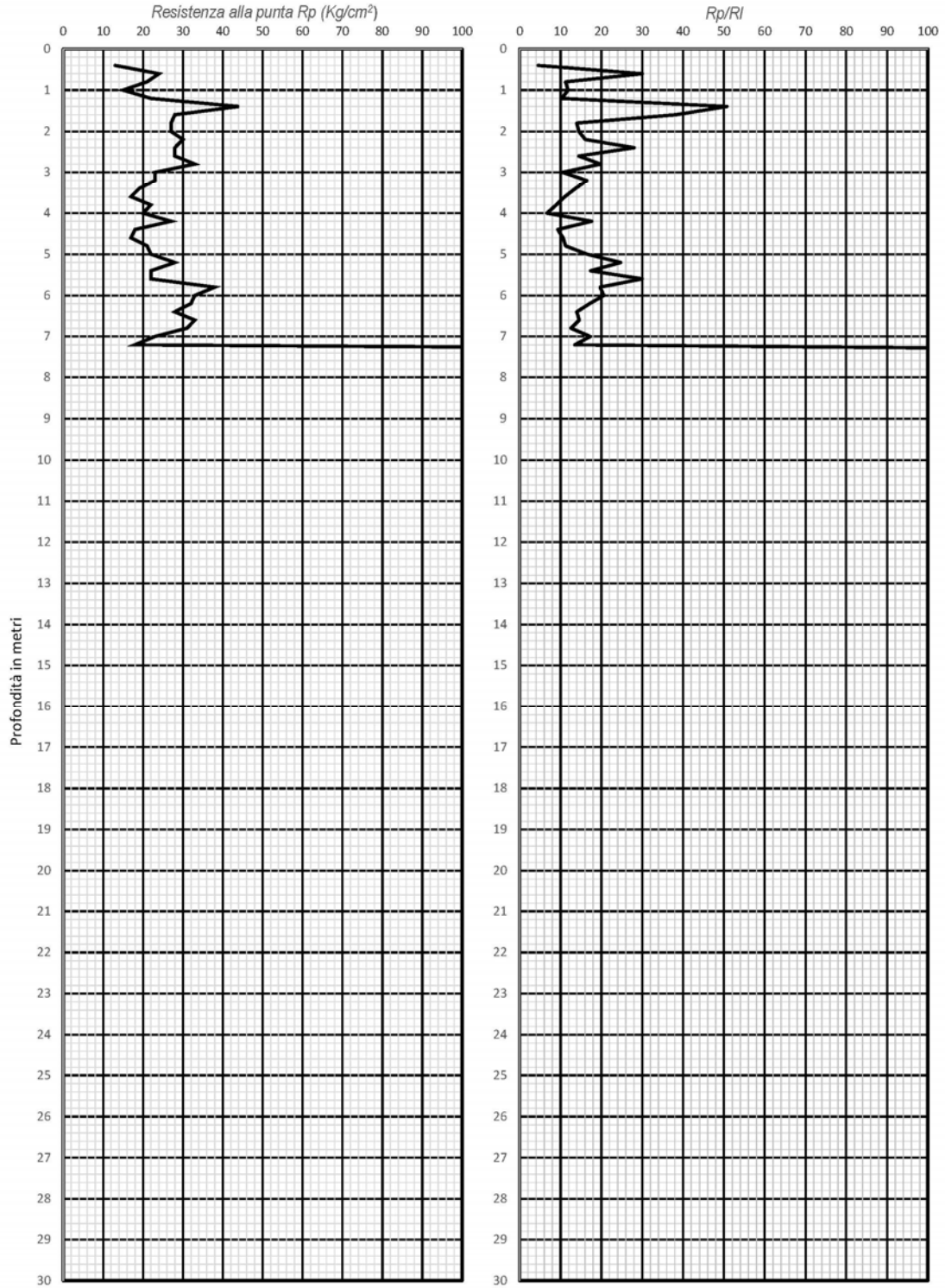
Nr.	Prof.	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	Puv	PuvS	Dr	Fi	Ey	Vs
1	1.00	C	66.7	49.5	4.7	13.5	>9	18.7	19.5	--	--	--	158.81
2	6.40	C	154.0	112.8	6.2	22.6	>9	20.1	20.8	--	--	--	255.47
3	7.20	I	--	--	30.5	71.5	1.0	17.7	20.6	89.3	40.4	0.0	486.20

GEO-XPRT ITALIA SRL - Via di Mezzo 90 - 41058 VIGNOLA (MO) - Telefono +39 059 761644 - Telefax +39 059 779111

Prova n°:	1	Committente:	GOLD ART CERAMICA SPA
Data:	04/11/2017	Località:	COMPLETAMENTO DEL COMPARTO PRODUTTIVO
Quota:	p.c.	Falda:	assente

Prof. (m)	P [Kg/cm ²]	P + L [Kg/cm ²]	Rp [Kg/cm ²]	RI [Kg/cm ²]	Rp/RI [---]	Prof. (m)	P [Kg/cm ²]	P + L [Kg/cm ²]	Rp [Kg/cm ²]	RI [Kg/cm ²]	Rp/RI [---]
0.20				0.667		15.20					
0.40	13	23	13	2.867	4.535	15.40					
0.60	24	67	24	0.800	30.000	15.60					
0.80	21	33	21	1.867	11.250	15.80					
1.00	15	43	15	1.267	11.842	16.00					
1.20	22	41	22	2.133	10.313	16.20					
1.40	44	76	44	0.867	50.769	16.40					
1.60	28	41	28	0.733	38.182	16.60					
1.80	27	38	27	1.933	13.966	16.80					
2.00	27	56	27	1.867	14.464	17.00					
2.20	30	58	30	1.867	16.071	17.20					
2.40	28	56	28	1.000	28.000	17.40					
2.60	28	43	28	1.933	14.483	17.60					
2.80	33	62	33	1.667	19.800	17.80					
3.00	23	48	23	2.200	10.455	18.00					
3.20	23	56	23	1.400	16.429	18.20					
3.40	19	40	19	1.400	13.571	18.40					
3.60	17	38	17	1.533	11.087	18.60					
3.80	22	45	22	2.467	8.919	18.80					
4.00	20	57	20	3.000	6.667	19.00					
4.20	27	72	27	1.533	17.609	19.20					
4.40	18	41	18	1.933	9.310	19.40					
4.60	17	46	17	1.600	10.625	19.60					
4.80	21	45	21	1.867	11.250	19.80					
5.00	22	50	22	1.333	16.500	20.00					
5.20	28	48	28	1.133	24.706	20.20					
5.40	22	39	22	1.267	17.368	20.40					
5.60	22	41	22	0.733	30.000	20.60					
5.80	38	49	38	1.933	19.655	20.80					
6.00	33	62	33	1.600	20.625	21.00					
6.20	32	56	32	1.867	17.143	21.20					
6.40	28	56	28	2.000	14.000	21.40					
6.60	33	63	33	2.267	14.559	21.60					
6.80	31	65	31	2.467	12.568	21.80					
7.00	23	60	23	1.333	17.250	22.00					
7.20	18	38	18	1.333	13.500	22.20					
7.40	330	350	330	1.333	247.500	22.40					
7.60						22.60					
7.80						22.80					
8.00						23.00					
8.20						23.20					
8.40						23.40					
8.60						23.60					
8.80						23.80					
9.00						24.00					
9.20						24.20					
9.40						24.40					
9.60						24.60					
9.80						24.80					
10.00						25.00					
10.20						25.20					
10.40						25.40					
10.60						25.60					
10.80						25.80					
11.00						26.00					
11.20						26.20					
11.40						26.40					
11.60						26.60					
11.80						26.80					
12.00						27.00					
12.20						27.20					
12.40						27.40					
12.60						27.60					
12.80						27.80					
13.00						28.00					
13.20						28.20					
13.40						28.40					
13.60						28.60					
13.80						28.80					
14.00						29.00					
14.20						29.20					
14.40						29.40					
14.60						29.60					
14.80						29.80					
15.00						30.00					

GEO-XPRT ITALIA SRL - Via di Mezzo 90 - 41058 VIGNOLA (MO) - Telefono +39 059 761644 - Telefax +39 059 779111			
Prova n°:	1	Committente:	GOLD ART CERAMICA SPA
Data:	04/11/2017	Località:	COMPLETAMENTO DEL COMPARTO PRODUTTIVO
Quota:	p.c.	Falda:	assente



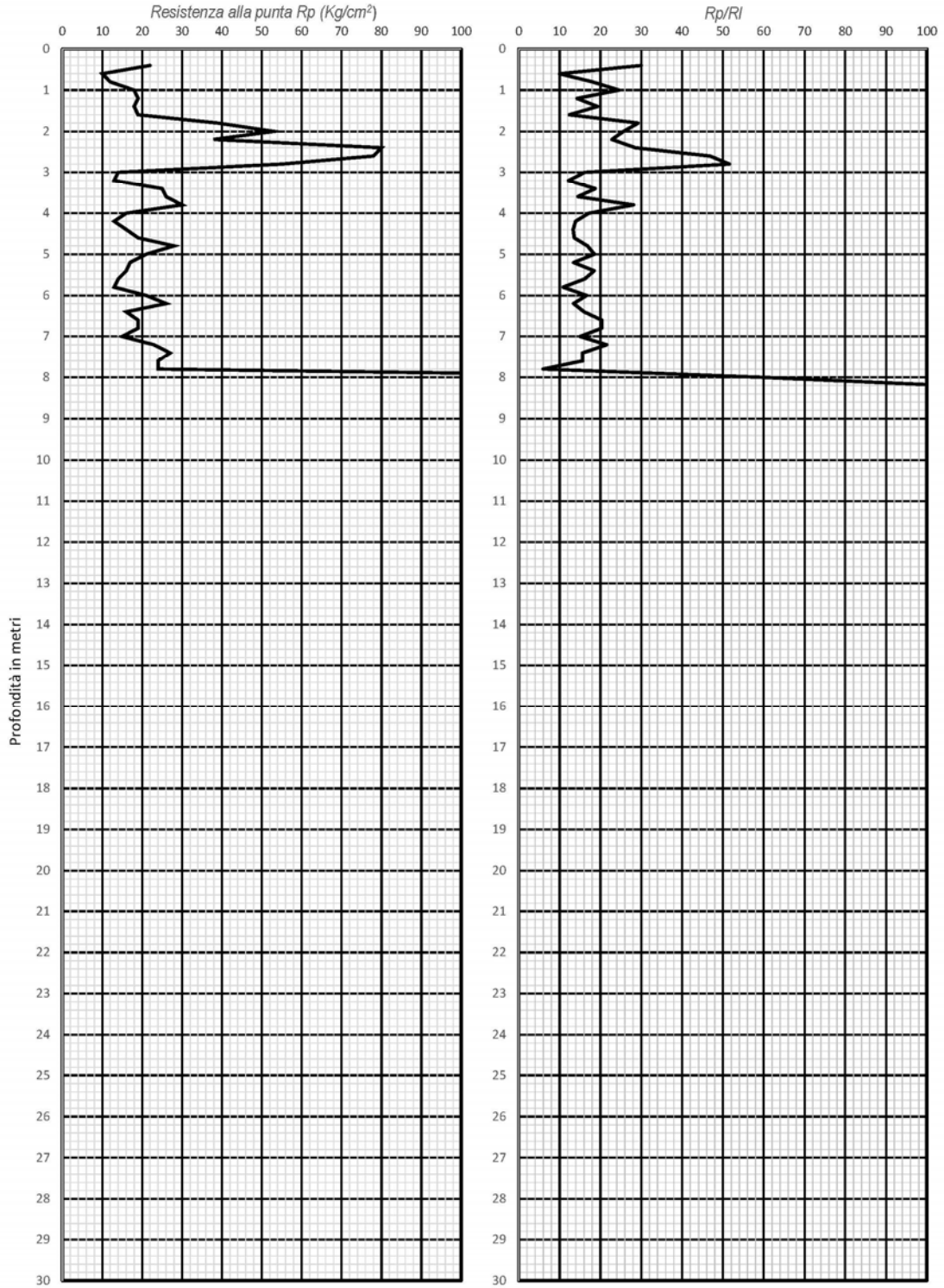
GEO-XPRT ITALIA SRL - Via di Mezzo 90 - 41058 VIGNOLA (MO) - Telefono +39 059 761644 - Telefax +39 059 779111

Prova n°:	6	Committente:	GOLD ART CERAMICA SPA
Data:	20/02/2020	Località:	COMPLETAMENTO DEL COMPARTO PRODUTTIVO
Quota:	p.c.	Falda:	assente

Prof. (m)	P [Kg/cm ²]	P + L [Kg/cm ²]	Rp [Kg/cm ²]	RI [Kg/cm ²]	Rp/RI [---]
0.20				1.267	
0.40	22	41	22	0.733	30.000
0.60	10	21	10	1.000	10.000
0.80	12	27	12	0.667	18.000
1.00	18	28	18	0.733	24.545
1.20	19	30	19	1.333	14.250
1.40	18	38	18	0.933	19.286
1.60	19	33	19	1.533	12.391
1.80	39	62	39	1.333	29.250
2.00	53	73	53	2.067	25.645
2.20	38	69	38	1.667	22.800
2.40	80	105	80	2.800	28.571
2.60	78	120	78	1.667	46.800
2.80	55	80	55	1.067	51.563
3.00	14	30	14	0.867	16.154
3.20	13	26	13	1.067	12.188
3.40	25	41	25	1.333	18.750
3.60	26	46	26	1.800	14.444
3.80	30	57	30	1.067	28.125
4.00	16	32	16	0.933	17.143
4.20	13	27	13	0.933	13.929
4.40	16	30	16	1.200	13.333
4.60	19	37	19	1.400	13.571
4.80	28	49	28	1.667	16.800
5.00	21	46	21	1.133	18.529
5.20	17	34	17	1.267	13.421
5.40	16	35	16	0.867	18.462
5.60	14	27	14	0.867	16.154
5.80	13	26	13	1.200	10.833
6.00	21	39	21	1.267	16.579
6.20	26	45	26	1.933	13.448
6.40	16	45	16	1.000	16.000
6.60	19	34	19	0.933	20.357
6.80	19	33	19	0.933	20.357
7.00	15	29	15	1.000	15.000
7.20	23	38	23	1.067	21.563
7.40	27	43	27	1.733	15.577
7.60	24	50	24	1.533	15.652
7.80	24	47	24	4.000	6.000
8.00	180	240	180	3.000	60.000
8.20	350	395	350	3.333	105.000
8.40	450	500	450	3.333	135.000
8.60					
8.80					
9.00					
9.20					
9.40					
9.60					
9.80					
10.00					
10.20					
10.40					
10.60					
10.80					
11.00					
11.20					
11.40					
11.60					
11.80					
12.00					
12.20					
12.40					
12.60					
12.80					
13.00					
13.20					
13.40					
13.60					
13.80					
14.00					
14.20					
14.40					
14.60					
14.80					
15.00					

Prof. (m)	P [Kg/cm ²]	P + L [Kg/cm ²]	Rp [Kg/cm ²]	RI [Kg/cm ²]	Rp/RI [---]
15.20					
15.40					
15.60					
15.80					
16.00					
16.20					
16.40					
16.60					
16.80					
17.00					
17.20					
17.40					
17.60					
17.80					
18.00					
18.20					
18.40					
18.60					
18.80					
19.00					
19.20					
19.40					
19.60					
19.80					
20.00					
20.20					
20.40					
20.60					
20.80					
21.00					
21.20					
21.40					
21.60					
21.80					
22.00					
22.20					
22.40					
22.60					
22.80					
23.00					
23.20					
23.40					
23.60					
23.80					
24.00					
24.20					
24.40					
24.60					
24.80					
25.00					
25.20					
25.40					
25.60					
25.80					
26.00					
26.20					
26.40					
26.60					
26.80					
27.00					
27.20					
27.40					
27.60					
27.80					
28.00					
28.20					
28.40					
28.60					
28.80					
29.00					
29.20					
29.40					
29.60					
29.80					
30.00					

GEO-XPRT ITALIA SRL - Via di Mezzo 90 - 41058 VIGNOLA (MO) - Telefono +39 059 761644 - Telefax +39 059 779111			
Prova n° :	6	Committente:	GOLD ART CERAMICA SPA
Data :	20/02/2020	Località:	COMPLETAMENTO DEL COMPARTO PRODUTTIVO
Quota :	p.c.	Falda :	assente

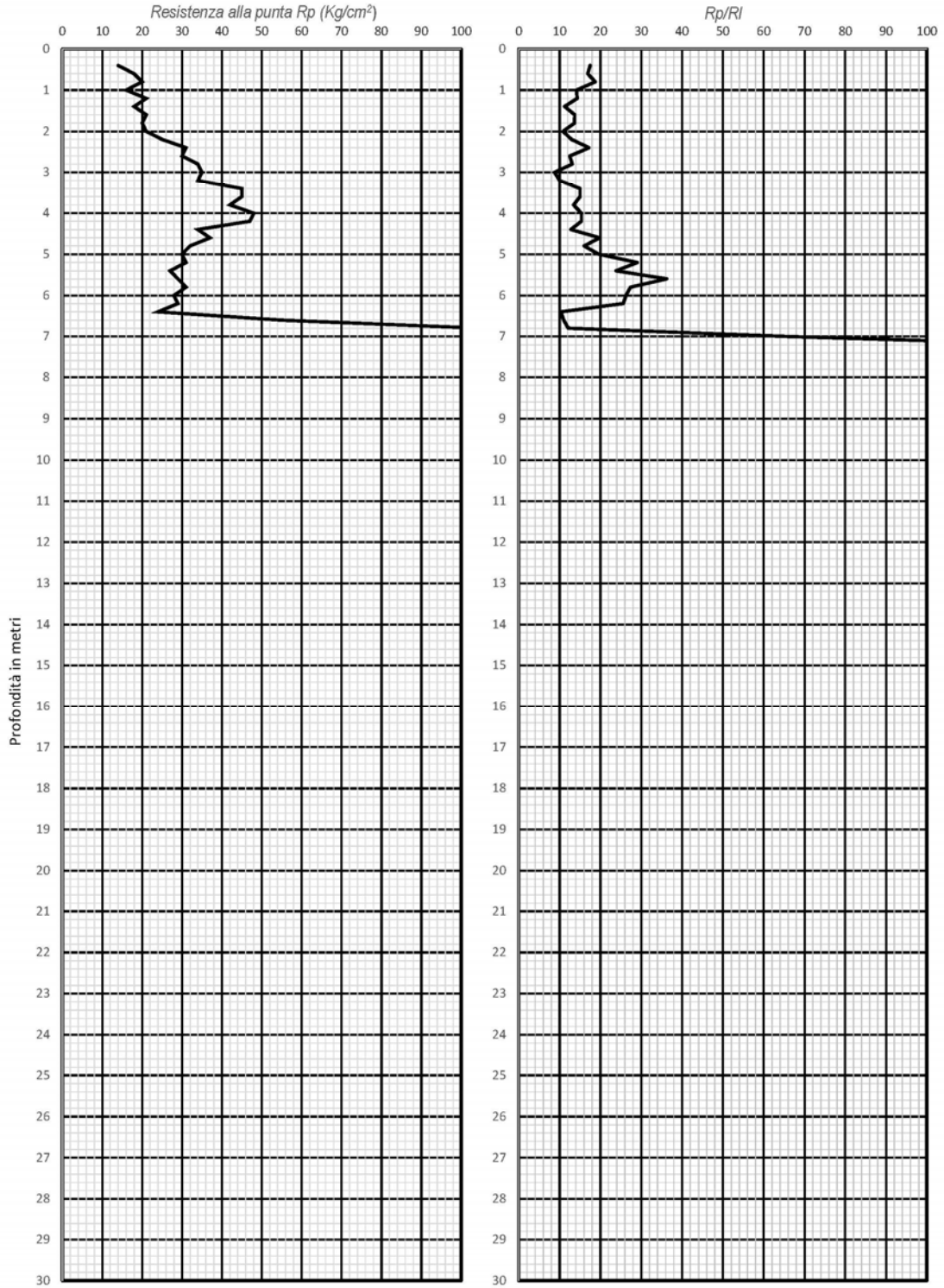


GEO-XPert ITALIA SRL - Via di Mezzo 90 - 41058 VIGNOLA (MO) - Telefono +39 059 761644 - Telefax +39 059 779111

Prova n°:	7	Committente:	GOLD ART CERAMICA SPA
Data:	20/02/2020	Località:	COMPLETAMENTO DEL COMPARTO PRODUTTIVO
Quota:	p.c.	Falda:	assente

Prof. (m)	P [Kg/cm ²]	P + L [Kg/cm ²]	Rp [Kg/cm ²]	RI [Kg/cm ²]	Rp/RI [---]	Prof. (m)	P [Kg/cm ²]	P + L [Kg/cm ²]	Rp [Kg/cm ²]	RI [Kg/cm ²]	Rp/RI [---]
0.20			14	0.533	17.500	15.20					
0.40	14	22	14	0.800	17.500	15.40					
0.60	18	30	18	1.067	16.875	15.60					
0.80	20	36	20	1.067	18.750	15.80					
1.00	16	32	16	1.133	14.118	16.00					
1.20	21	38	21	1.467	14.318	16.20					
1.40	18	40	18	1.600	11.250	16.40					
1.60	21	45	21	1.533	13.896	16.60					
1.80	20	43	20	1.467	13.636	16.80					
2.00	21	43	21	1.933	10.862	17.00					
2.20	25	54	25	1.933	12.931	17.20					
2.40	31	60	31	1.800	17.222	17.40					
2.60	30	57	30	2.400	12.500	17.60					
2.80	34	70	34	2.600	13.077	17.80					
3.00	35	74	35	4.000	8.750	18.00					
3.20	34	94	34	3.400	10.000	18.20					
3.40	45	96	45	3.000	15.000	18.40					
3.60	45	90	45	3.000	15.000	18.60					
3.80	42	87	42	3.133	13.404	18.80					
4.00	48	95	48	3.133	15.319	19.00					
4.20	47	94	47	3.067	15.326	19.20					
4.40	34	80	34	2.667	12.750	19.40					
4.60	37	77	37	1.867	19.821	19.60					
4.80	32	60	32	2.000	16.000	19.80					
5.00	30	60	30	1.533	19.585	20.00					
5.20	31	54	31	1.067	29.063	20.20					
5.40	27	43	27	1.133	23.824	20.40					
5.60	29	46	29	0.800	36.250	20.60					
5.80	31	43	31	1.133	27.353	20.80					
6.00	28	45	28	1.067	26.250	21.00					
6.20	29	45	29	1.133	25.588	21.20					
6.40	24	41	24	2.333	10.286	21.40					
6.60	55	90	55	5.000	11.000	21.60					
6.80	105	180	105	8.667	12.115	21.80					
7.00	220	350	220	3.333	66.000	22.00					
7.20	450	500	450	3.333	135.000	22.20					
7.40						22.40					
7.60						22.60					
7.80						22.80					
8.00						23.00					
8.20						23.20					
8.40						23.40					
8.60						23.60					
8.80						23.80					
9.00						24.00					
9.20						24.20					
9.40						24.40					
9.60						24.60					
9.80						24.80					
10.00						25.00					
10.20						25.20					
10.40						25.40					
10.60						25.60					
10.80						25.80					
11.00						26.00					
11.20						26.20					
11.40						26.40					
11.60						26.60					
11.80						26.80					
12.00						27.00					
12.20						27.20					
12.40						27.40					
12.60						27.60					
12.80						27.80					
13.00						28.00					
13.20						28.20					
13.40						28.40					
13.60						28.60					
13.80						28.80					
14.00						29.00					
14.20						29.20					
14.40						29.40					
14.60						29.60					
14.80						29.80					
15.00						30.00					

GEO-XPRT ITALIA SRL - Via di Mezzo 90 - 41058 VIGNOLA (MO) - Telefono +39 059 761644 - Telefax +39 059 779111			
Prova n°:	7	Committente:	GOLD ART CERAMICA SPA
Data:	20/02/2020	Località:	COMPLETAMENTO DEL COMPARTO PRODUTTIVO
Quota:	p.c.	Falda:	assente



11.2 INDAGINI GEOGNOSTICHE DI TIPO PENETROMETRICO AD INFISSIONE DINAMICA (DPM)

In sito sono state condotte in sito nr. 2 indagini penetrometriche ad infissione dinamica mediante l'utilizzo di una strumentazione avente le sotto riportate caratteristiche tecniche:

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DMP 3020 PAGANI

Rif. Norme	DIN 4094	
Peso Massa battente	30	Kg
Altezza di caduta libera	0.20	m
Peso sistema di battuta	15.25	Kg
Diametro punta conica	35.68	mm
Area di base punta	10	cm ²
Lunghezza delle aste	1	m
Peso aste a metro	2.40	Kg
Profondità giunzione prima asta	0.80	m
Avanzamento punta	0.10	m
Numero colpi per punta	N(10)	N(30)
Coeff. Correlazione	0.76	1.15
Rivestimento/fanghi	No	No
Angolo di apertura punta	60	°

L'elaborazione ed interpretazione con relativa visualizzazione grafica consente di parametrizzare i terreni attraversati, che permette un raffronto sulle consistenze dei vari livelli con una correlazione stratigrafica, con stima dei parametri geomeccanici facendo riferimento a vari autori anche se è necessario valutare cautelativamente i parametri ricavati. L'elaborazione dei dati è stata effettuata mediante un software commercializzato dalla ditta Geostru. che ha permesso di ricavare i principali parametri geomeccanici dei terreni riassunti nelle tabelle seguenti con tabulati di elaborazione estesa in allegato 4.

Correlazione con Nspt

La maggior parte delle correlazioni esistenti in bibliografia si basano sul valore del numero di colpi Nspt rapportando quindi il numero di colpi mediante la seguente relazione:

$$NSPT = \beta_1 \cdot N$$

dove:

$$\beta_1 = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Qspt è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

M	peso massa battente	M'	peso aste.
H	altezza di caduta	A	area base punta conica.
d	passo di avanzamento.		

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd

La valutazione della resistenza dinamica è desunta mediante la Formula Olandesi:

$$R_{pd} = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M + P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M + P)]}$$

dove:

Rpd	resistenza dinamica punta (area A)	e	infissione media per colpo (/ N).
-----	------------------------------------	---	------------------------------------

M peso massa battente (altezza caduta H) P peso totale aste e sistema battuta.

Calcolo di $(N_1)_{60}$

$(N_1)_{60}$ è il numero di colpi normalizzato definito come segue:

$$(N_1)_{60} = CN \cdot N_{60} \text{ con } CN = \sqrt{\frac{Pa'}{\sigma_{vo}}} \quad CN < 1.7 \quad Pa = 101.32 \text{ kPa (Liao e Whitman 1986)}$$

$$N_{60} = N_{SPT} \cdot (ER/60) \cdot C_S \cdot C_r \cdot C_d$$

- ER/60 rendimento del sistema di infissione normalizzato al 60%.
 C_S parametro funzione della controcamicia (1.2 se assente).
 C_d funzione del diametro del foro (1 se compreso tra 65-115mm).
 C_r parametro di correzione funzione della lunghezza delle aste.

PROVA ... Nr.2

Strumento utilizzato... DMP 3020 PAGANI
 Prova eseguita in data 24/04/2018
 Profondità prova 5.10 mt
 Falda non rilevata
 Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (KN/m ³)	Peso unità di volume saturo (KN/m ³)	Tensione efficace (KPa)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
2.7	4.52	1.56	Coesivo	0	16.28	18.24	21.98	0.76	3.44	deposito di origine eolica
4.1	11.64	3.73	Coesivo	0	18.93	20.79	57.21	0.76	8.85	limo argilloso
5.1	43.3	13.06	Incoerente - coesivo	0	21.77	24.22	81.34	0.76	32.91	formazione delle argille a palombini

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2

Strato	Prof. (m)	NSPT	Tipo	Peso unità di volume (KN/m ³)	Peso unità di volume saturo (KN/m ³)	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (KPa)	Modulo Edometrico (Mpa)	Modulo Elastico (Mpa)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Mpa)
Strato (1) deposito di origine eolica	0.00-2.70	3.44	Coesivo	16.28	18.24	--	21.08	3.62	3.37	--	--
Strato (2) limo argilloso	2.70-4.10	8.85	Coesivo	18.93	20.79	--	58.55	9.03	8.68	--	--
Strato (3) formazioni	4.10-5.10	32.91	Coesivo Incoerente	21.77	24.22	37.21	217.81	33.09	32.27	0.29	170.11

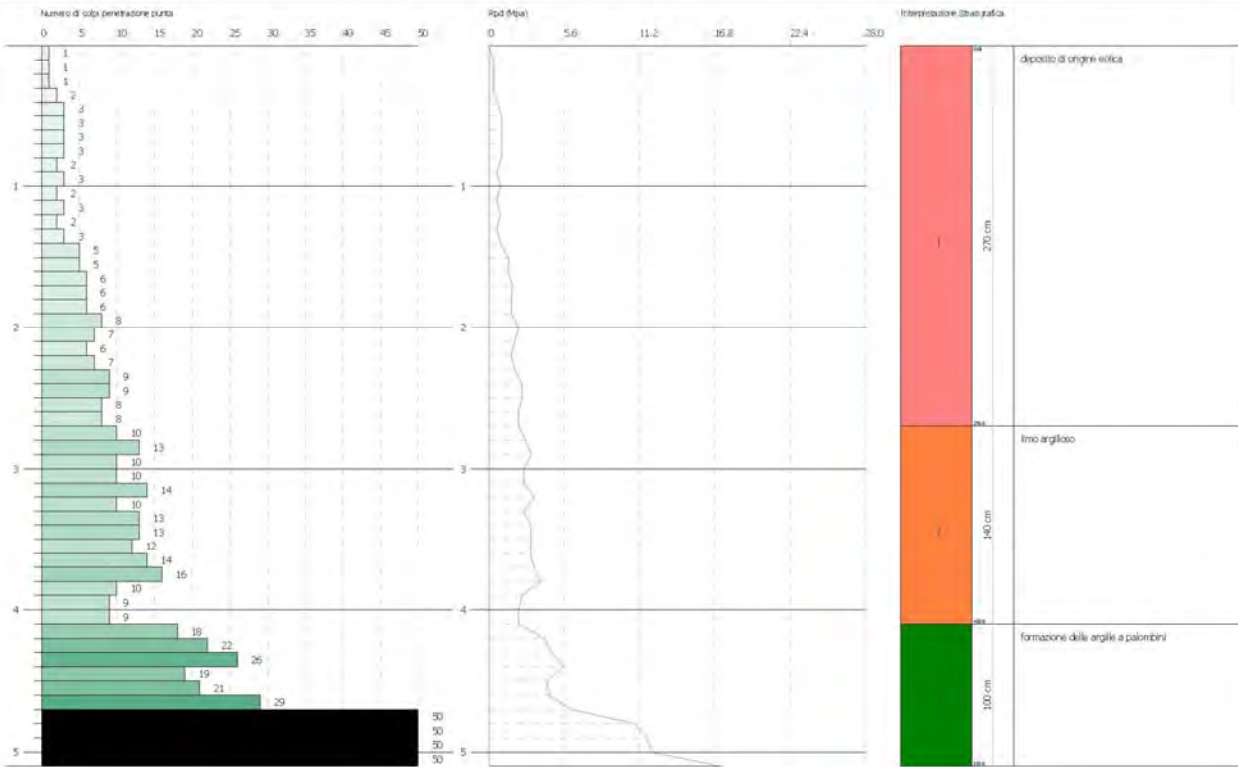
one
delle
argille a
palombi
ni

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2
Strumento utilizzato... DMP 3020 PAGANI

Committente: G&D Art SpA
Descrizione: Completamento corredo prove
Località: Madonna del Bosconi - Frosinone (FR)

Data: 24/04/2018

Scala 1:50



PROVA ... Nr.4

Strumento utilizzato... DMP 3020 PAGANI
 Prova eseguita in data 24/04/2018
 Profondità prova 12.70 mt
 Falda rilevata
 Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (KN/m³)	Peso unità di volume saturo (KN/m³)	Tensione efficace (KPa)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
1.8	4.89	1.77	Coesivo	0	16.48	18.34	14.83	0.76	3.72	terreni di origine eolica
4.3	10.56	3.42	Coesivo	0	18.63	18.73	52.95	0.76	8.03	limo argilloso
7.8	12.31	3.59	Coesivo	0	19.12	20.99	109.7	0.76	9.36	Limo Argilloso
12.7	17.67	4.31	Incoerente - coesivo	0	20.01	21.97	180.02	0.76	13.43	formazione stratificata delle arenarie di Scabiazza

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.4

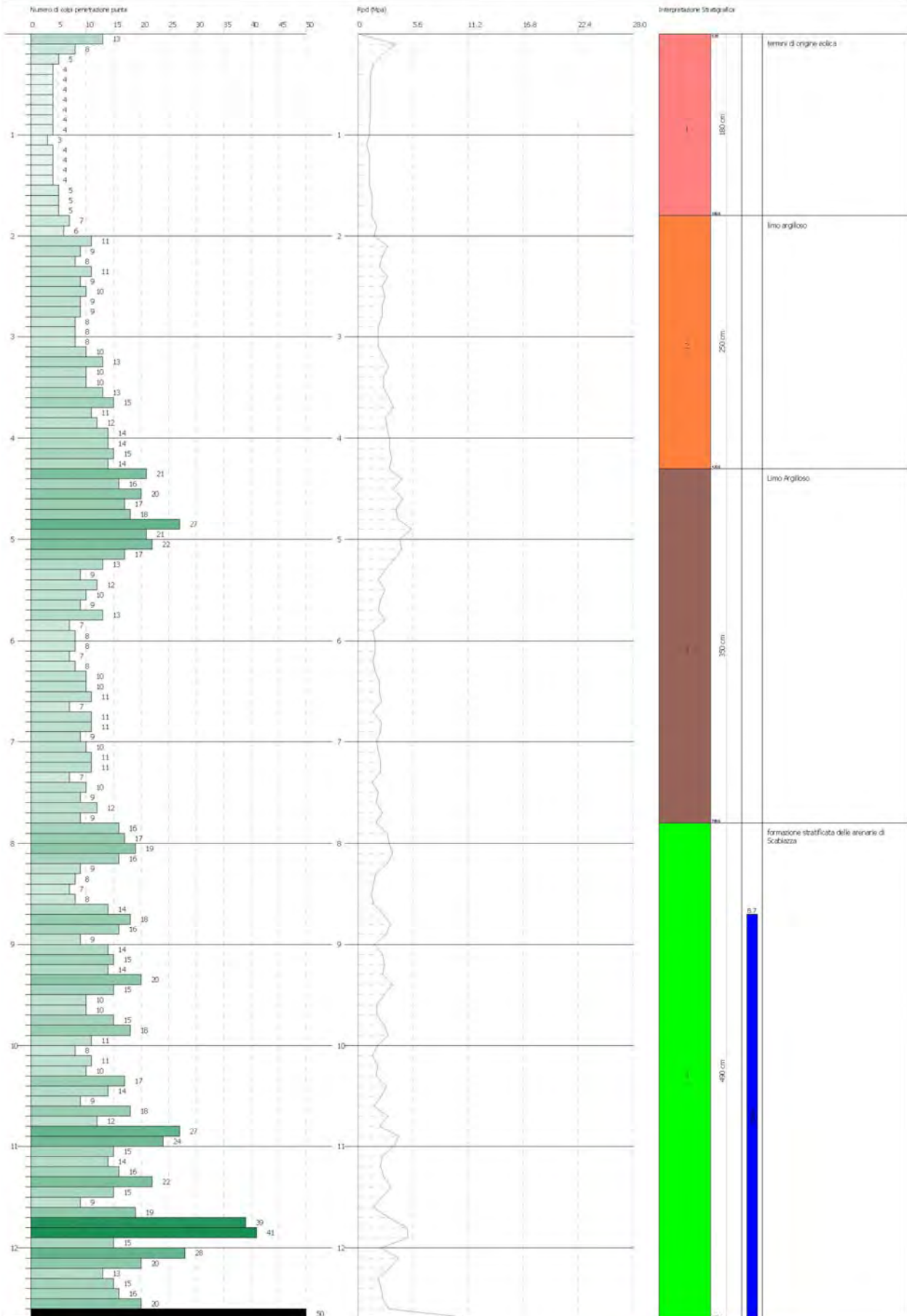
Strato	Prof. (m)	NSPT	Tipo	Peso unità di volume (KN/m ³)	Peso unità di volume saturo (KN/m ³)	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (KPa)	Modulo Edometrico (Mpa)	Modulo Elastico (Mpa)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Mpa)
Strato (1) terreni di origine eolica	0.00-1.80	3.72	Coesivo	16.48	18.34	--	22.85	3.90	3.65	--	--
Strato (2) limo argilloso	1.80-4.30	8.03	Coesivo	18.63	18.73	--	53.15	8.21	7.87	--	--
Strato (3) Limo Argilloso	4.30-7.80	9.36	Coesivo	19.12	20.99	--	61.98	9.54	9.18	--	--
Strato (4) formazione stratificata delle arenarie di Scabiazza	7.80-12.70	13.43	Coesivo Incoerente	20.01	21.97	31.76	88.95	13.61	13.17	0.33	73.25

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.4
Strumento utilizzato... DMP 3020 PAGANI

Committente: Gold Art Spa
Descrizione: Completamento comparto produttivo
Località: Madonna del Boscare - Pauso (VI)

Data: 24/04/2018

Scala: 1:50



11.3 INDAGINI GEOFISICHE DI TIPO SISMICO ATTIVO A RIFRAZIONE – METODO M.A.S.W.

In corrispondenza dell'area oggetto di intervento sono state eseguite nr. 1 indagine sismica attiva a rifrazione con tecnica MASW per definire l'andamento delle onde di taglio nel primo sottosuolo.

La strumentazione utilizzata per il rilievo sismico presenta le sotto riportate caratteristiche tecniche:

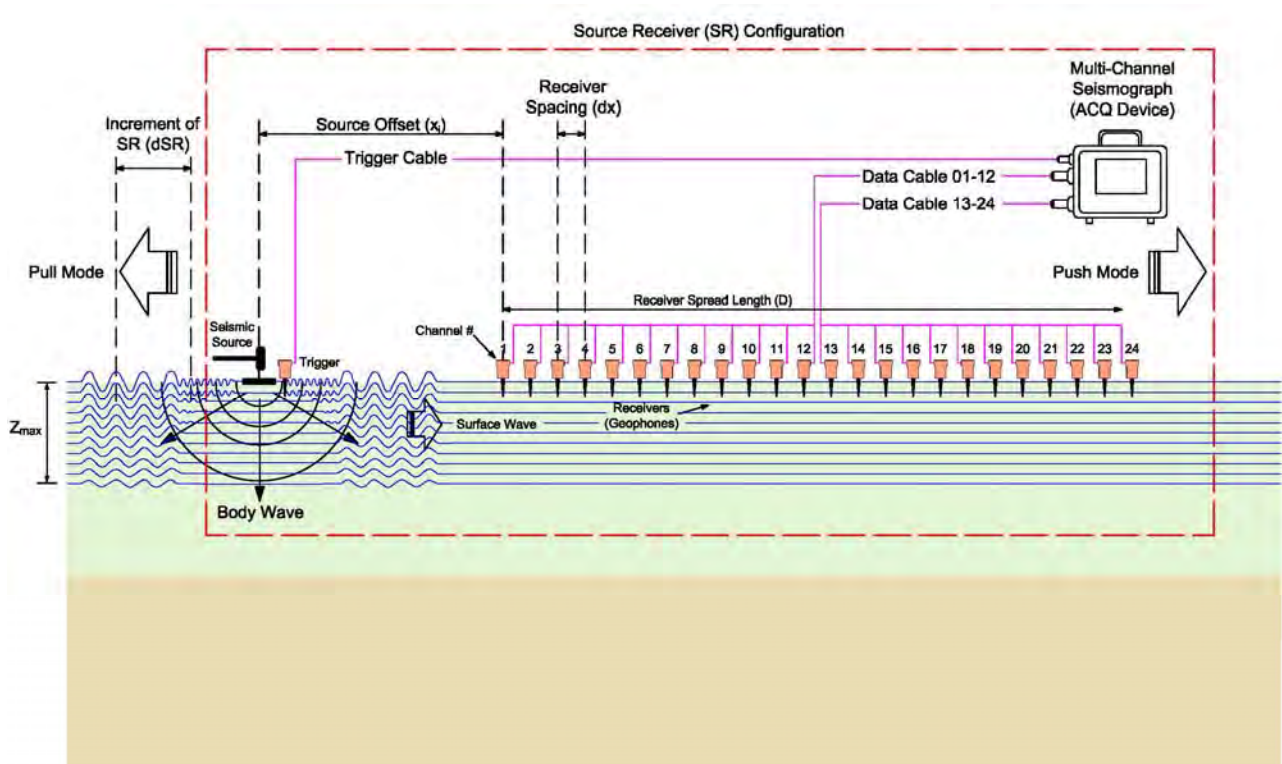
- Acquisitore a 24 canali fabbricato dalla ditta Pasi mod. PASI 16S24 dotato di convertitore analogico/digitale
- Risoluzione 24bit
- 24 geofoni a frequenza di risonanza pari 4.5 Hz e distorsione inferiore allo 0,2%
- Nr. 2 Cavi telemetrici con 12 connettori cadauno per collegamento geofoni – lunghezza 75 mt
- Energizzazione del terreno mediante fucile sismico con cartucce calibro 8 industriale
- Start trigger mediante geofono da 10Hz posto a contatto del piattello metallico.

Caratteristiche geometriche e di registrazione della base sismica "A"

- Tipo di stendimento: Lineare
- Equidistanza geofonica: 2.00 ml
- Lunghezza complessiva: 24.00 ml.
- Tempo di campionamento: 1024 mS
- Frequenza di campionamento: 500 μ S
- Filtri inseriti in fase di acquisizione: nessuno

Per l'acquisizione dei dati sono state effettuate ripetute energizzazioni disposte alle estremità dello stendimento ad una distanza massima pari a 12,00 m.

Figura 31: SCHEMA DEL SISTEMA DI ACQUISIZIONE



ELABORAZIONE ONDE SISMICHE – Vs – METODO M.A.S.W.

La determinazione della velocità delle onde sismiche di taglio (V_s) è stata effettuata mediante l'elaborazione dei dati registrati dalla strumentazione con il metodo MASW, secondo quanto indicato dall'Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018) del 17/01/2018 pubblicate in Gazzetta Ufficiale in data 20/02/2018.

Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

Modellizzazione

Con riferimento al modello geotecnico sintetico determinato con le indagini in sito, è stata tracciata una curva di dispersione teorica la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$v = \lambda \times v$$

In seguito, i parametri del modello geotecnico preliminare si sono apportate le modifiche necessarie al fine di ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale. Questa fase definita come processo di inversione consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi caratterizzati da valori di rigidità differente.

Modi di vibrazione

Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

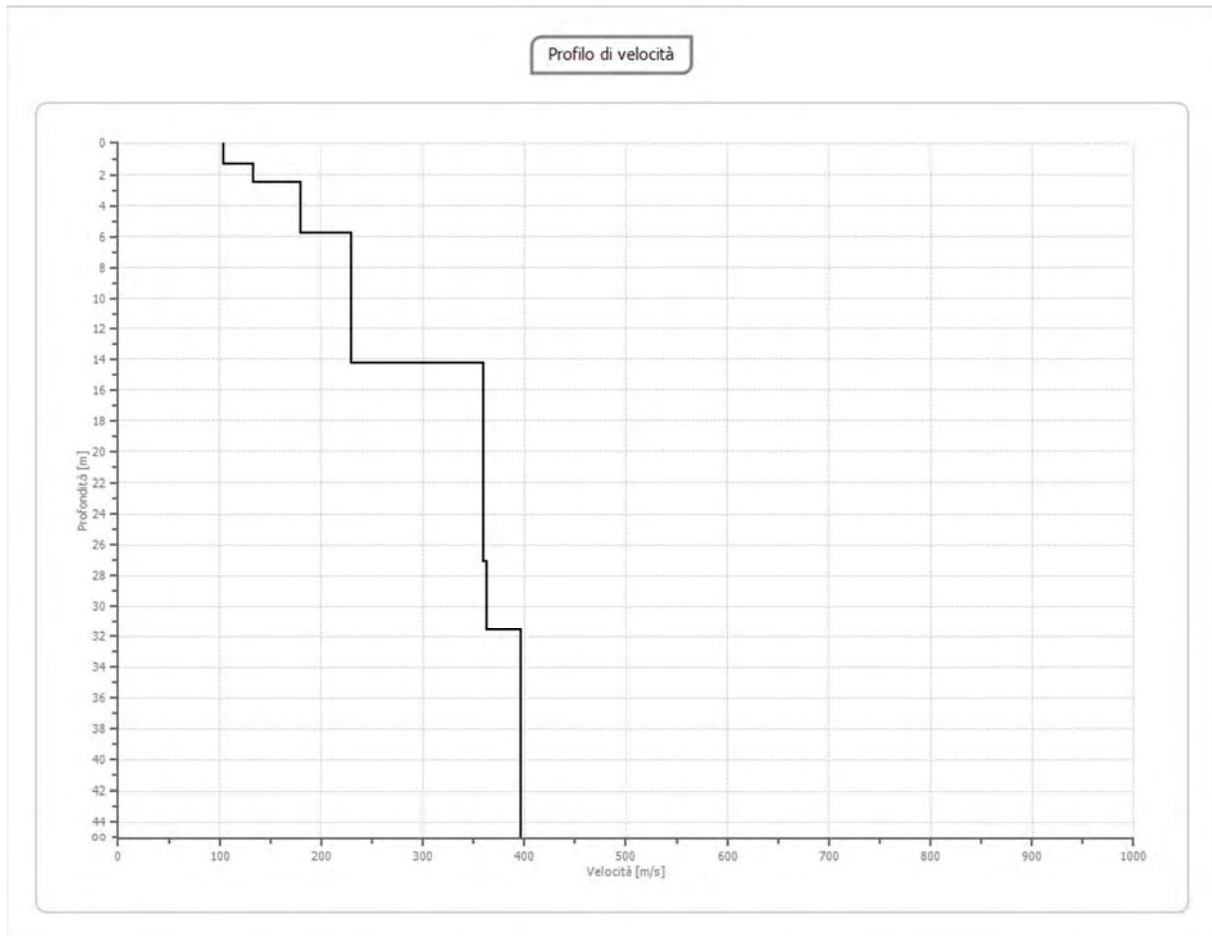
Profondità di indagine

Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

L'elaborazione ha riguardato l'intero campionamento della registrazione avente durata 1024 mS e una frequenza di campionamento di 500 microS.

Si riportano di seguito i dati principali derivanti dall'elaborazione della indagine sismica MASW mentre in allegato 1 viene riportata l'elaborazione integrale della indagine eseguita:

BASE SISMICA MASW "A"



Calcolo del valore di $V_{s,30}$		
$V_{s,30}$ calcolato	248.79	[m/s]

11.4 **INDAGINI GEOFISICHE DI TIPO SISMICO PASSIVO (HVSR)**

Nell'area oggetto di intervento è stata eseguita una indagine sismica passiva (HVSR) mediante l'utilizzo di un tromografo digitale commercializzato dalla ditta Micromed denominato Tromino che ha permesso la misura del rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre, che è generato sia dai fenomeni atmosferici che dall'attività antropica oltre che, ovviamente, dall'attività dinamica terrestre. Il rumore, convenzionalmente suddiviso in microsisma (frequenze < 1Hz, sorgenti naturali lontane) e microtremore (frequenze > 1Hz, sorgenti antropiche locali) è costituito sia da onde di volume (onde P e onde S) sia da onde superficiali in proporzione variabile. Il microsisma è prevalentemente costituito da onde di Rayleigh mentre il microtremore oltre alle onde di volume contiene sia onde di Love sia onde di Rayleigh.

La tecnica maggiormente sfruttata per lo studio dei microtremori è quella dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale, conosciuta come HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio)

La metodologia dei rapporti spettrali H/V permette di valutare la variazione di ellitticità dell'onda di Rayleigh in funzione della frequenza, permettendo così di ricavare la frequenza fondamentale di un sito. Tale parametro risulta essere legato alla presenza di una superficie di discontinuità con un determinato contrasto di impedenza sismica.

Il valore del picco rilevabile dalla curva H/V risulta essere inversamente proporzionale alla profondità dell'interfaccia e direttamente proporzionale alla velocità di propagazione delle onde S dei materiali sovrastanti l'interfaccia mediante la relazione:

$$f_0 = \frac{V_s}{4H}$$

Questo effetto è sommabile cosicché la curva HVSR mostra come massimi relativi le frequenze di risonanza dei vari strati. Questo, insieme ad una stima delle velocità che è solitamente disponibile almeno a livello di massima, è in grado di fornire previsioni sullo spessore h degli strati.

Le registrazioni del rumore sismico ambientale sono state effettuate, come precedentemente affermato, tramite tromografo digitale il quale permette sia l'acquisizione digitale in alta risoluzione in modo passivo e non intrusivo, sia il pre-processing dei dati.

È costituito da tre sensori elettrodinamici (velocimetri) ortogonali (N-S, E-W e in senso verticale) con autobloccaggio in fase di non acquisizione.

Considerando il suolo come un corpo visco-elastico, risulta possibile effettuare la misurazione delle frequenze proprie di oscillazione, riconosciute come funzioni delle proprietà meccaniche dei materiali e della morfologia attorno al sito in esame.

Le principali caratteristiche tecniche del tromografo utilizzato sono di seguito esposte:

PRINCIPALI NOTE TECNICHE

Numero di canali: 3+1 analogici
Amplificatori: tutti canali con input differenziali
Rumore: < 0.5 μ V r.m.s. @128 Hz sampling
Impedenza dell'input: 106 Ohm
Range di frequenze: DC - 360 Hz
Frequenza di campionamento: 16384 Hz per canale
Frequenze di sovracampionamento: 32x, 64x, 128x
Conversione A/D: equivalente a 24 bit
Massimo input analogico: 51.2 mV (781 nV/digit)
Livella: a bolla d'aria, elevata precisione orizzontale, sensibilità 5' d'arco (0.083°)
Registrazione dati: esterna allo strumento mediante collegamento USB con notebook
Accoppiamento col terreno: su punte e cuscinetto reologico
Condizioni operative: temperatura - 10 / +70°C, umidità 0-90% senza condensa
Impermeabilità indice di protezione IP = 65 (resistente alla polvere, resistente agli spruzzi)
Sensori: 3 velocimetri elettrodinamici ortogonali ad alta risoluzione autobloccaggio quando non in acquisizione

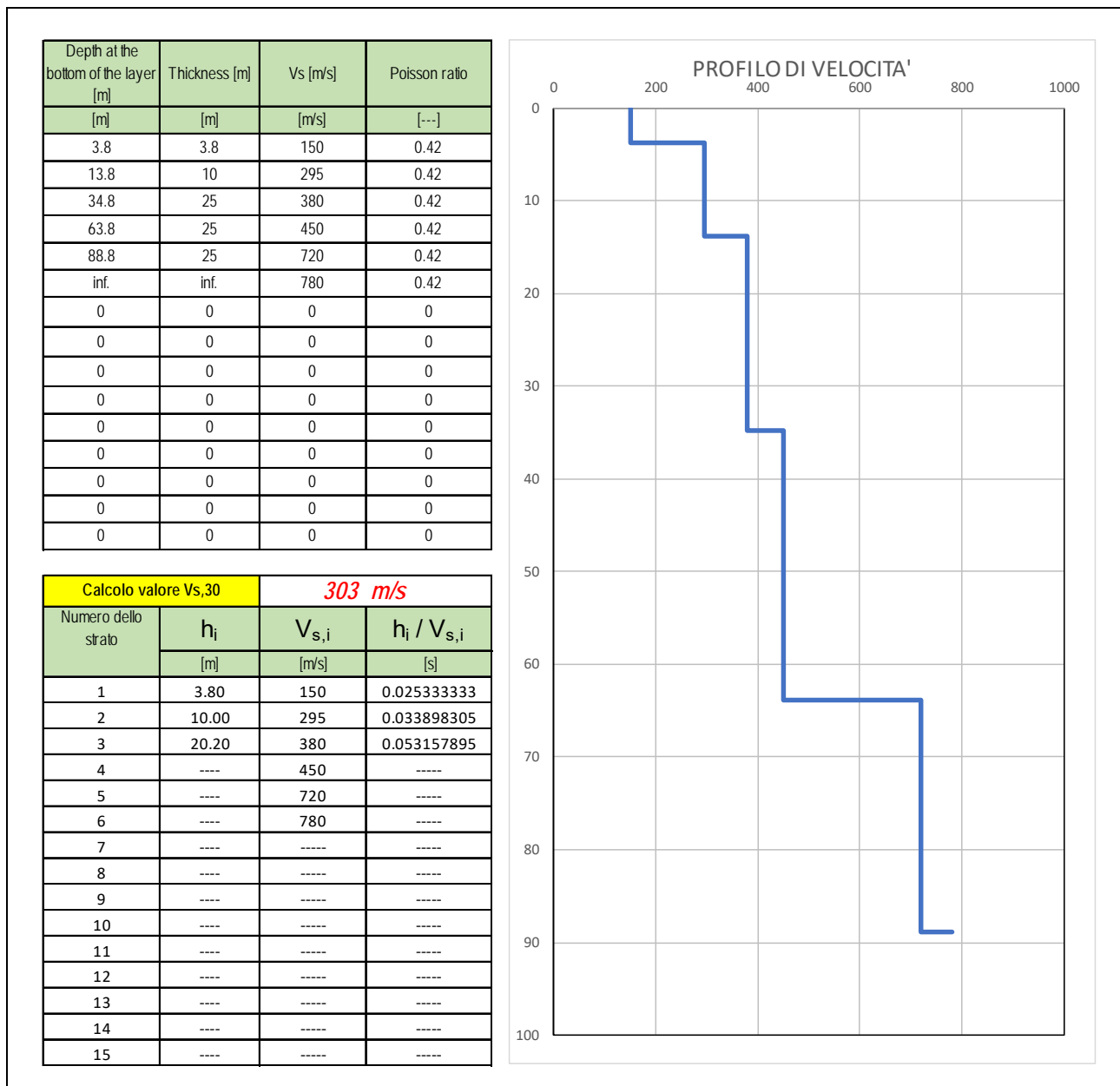
I risultati di ciascuna analisi presentati in questo lavoro sono stati ottenuti col software Grilla che ha permesso l'elaborazione del segnale registrato per un tempo t (20 min), e digitalizzato a 24 bit.

Il software per ciascuna delle 3 componenti del moto è stato trattato come segue:

- divisione dei tracciati acquisiti in finestre di lunghezza L (in questo lavoro le finestre di elaborazione possiedono un'ampiezza pari a 20 s),
- elimina il trend da ciascuna finestra,
- esegue l'operazione di "taper" mediante l'utilizzo di una finestra Bartlett,
- esegue il "pad" di ciascuna finestra con inserimento di valori pari a 0 "zero",
- calcola la trasformata di Fourier (FFT) per ciascuna finestra,
- calcola lo spettro di ampiezza per ciascuna finestra,
- esegue uno smoothing dello spettro di ogni finestra il cui scopo è evidenziare i pattern significativi, attenuando il rumore generato dai disturbi ambientali e successivamente esegue il rapporto spettrale HVSR di ogni frequenza, per ciascuna finestra.

La funzione HVSR finale è data dalle media degli HVSR di ciascuna finestra. Per produrre l'HVSR finale le componenti orizzontali sono state mediate tra loro con la media quadratica e vengono poi divise per la componente verticale. Tutti i grafici presentati in questo lavoro sono stati ottenuti con lisciamiento secondo finestre triangolari con ampiezza pari al 10% della frequenza centrale.

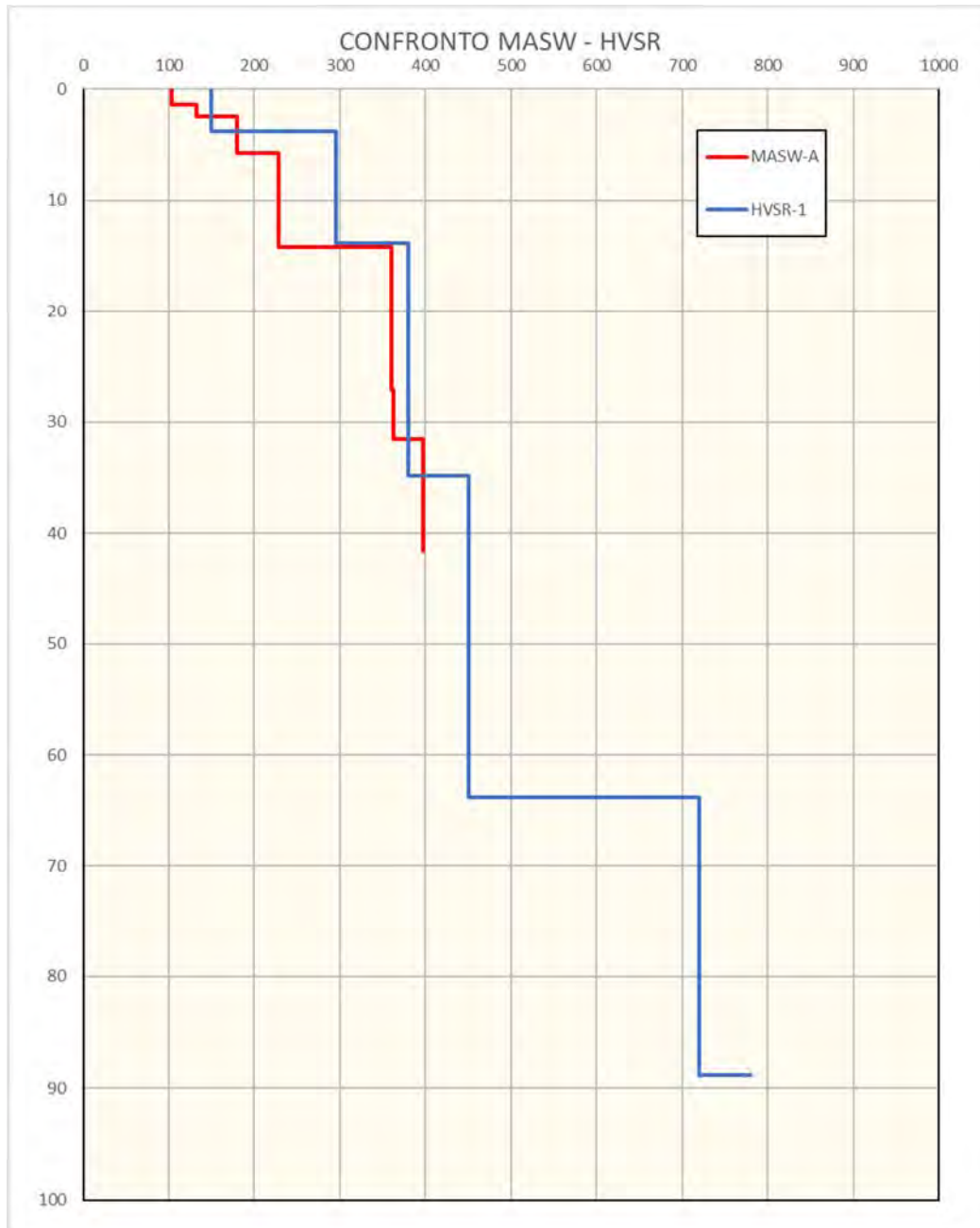
Si riportano di seguito i digrammi relativi all'andamento dei rapporti spettrali dell'indagine sismica passiva eseguita:



La frequenza di risonanza principale del sito è risultata pari a **10.98 Hz**, come riportato in allegato 2.

11.5 CONFRONTO DELLE INDAGINI SISMICHE/ATTIVE ESEGUITE SULL'AREA

Con riferimento ai risultati ottenuti dalle indagini geofisiche effettuate sull'area si è costruito un diagramma di correlazione tra i due metodi utilizzati (MASW e HVSr) che successivamente è stato utilizzato per la ricostruzione del profilo stratigrafico per l'esecuzione della risposta sismica locale.



12 AZIONE SISMICA – APPROCCIO SEMPLIFICATO NTC2018

12.1 VITA NOMINALE DELL'OPERA

Il D.M. del 17.01.2018 prescrive che le azioni sismiche su ciascuna struttura sono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_r , ricavato moltiplicando la vita nominale dell'opera V_N per il coefficiente d'uso CU , definito al variare della classe d'uso dell'opera stessa.

Figura 32: TABELLA 2.4.I - VALORI MINIMI DELLA VITA NOMINALE V_N DI PROGETTO PER I DIVERSI TIPI DI COSTRUZIONE (DA N.T.C. 2018)

Tab. 2.4.I – Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Figura 33: TABELLA CLASSI D'USO DELLE COSTRUZIONE (DA N.T.C. 2018)

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Figura 34: TABELLA COEFFICIENTI D'USO (DA N.T.C. 2018)

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C_U

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Gli stati limite di esercizio sono:

- **Stato Limite di Operatività (SLO):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e le apparecchiature rilevanti in relazione alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- **Stato Limite di Danno (SLD):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali e orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature

Gli stati limite ultimi sono:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella successiva tabella.

<i>Stati limite</i>	<i>P_{VR} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R</i>	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Per ciascuno stato limite e relativa probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R si ricava il periodo di ritorno T_R del sisma utilizzando la relazione:

$$T_R = -V_R / \ln(1 - P_{VR}) = -C_U V_N / \ln(1 - P_{VR})$$

12.2 PARAMETRI SISMICI APPROCCIO SEMPLIFICATO – NTC 2018

Le Norme Tecniche per le costruzioni del D.M. 17-01-2018 definisce che l'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire dalla pericolosità sismica di base, che costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica in un generico sito deve essere descritta in modo da renderla compatibile con le NTC e da dotarla di un sufficiente livello di dettaglio, sia in termini geografici che in termini temporali.

Le azioni di progetto si ricavano dalle accelerazioni a_g e dai parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle NTC e dalle relative forme spettrali. Le forme spettrali previste sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- a_g accelerazione orizzontale massima del terreno;
- 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.

Questi tre parametri sono definiti in corrispondenza dei punti di un reticolo di riferimento, i cui nodi non distano fra loro più di 10 km, per diverse probabilità di superamento in 50 anni e per diversi periodi di ritorno (variabili tra 30 e 975 anni).

Figura 35: PUNTI DELLA GRIGLIA UTILIZZATI PER IL CALCOLO DEI VALORI DEI PARAMETRI



LONGITUDINE: 10.82035 LATITUDINE: 44.38311

REGIONE: Emilia-Romagna PROVINCIA: Modena COMUNE: Pavullo nel Frignano

Elaborazioni grafiche:
 Grafici spettri di risposta
 Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche:
 Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito

km7.5

7.5 km

17188 17187
 17388 17389

Controllo sul reticolo:
 Sito esterno al reticolo
 Interpolazione su 3 nodi
 Interpolazione corretta

Interpolazione:
 superficie rigata

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

Nel caso in esame, in relazione alla tipologia dell'intervento in progetto, con riferimento alle NTC 2018 possono essere attribuiti i parametri sotto riportati per la valutazione dell'azione sismica:

CALCOLO PERIODO DI RIFERIMENTO E TEMPI DI RITORNO			
Tipo di costruzione	2	Costruzioni con livelli di prestazione ordinari	
Vita nominale dell'opera	V_N	50	anni
Classe d'uso (C_U)	II	1	[...]
Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.			
Periodo di riferimento	V_R	50	anni
Tempo di ritorno (SLO)	T_R	30	anni
Tempo di ritorno (SLD)	T_R	50	anni
Tempo di ritorno (SLV)	T_R	475	anni
Tempo di ritorno (SLC)	T_R	975	anni

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
30	0.055	2.500	0.251
50	0.069	2.496	0.265
72	0.079	2.509	0.271
101	0.090	2.494	0.277
140	0.102	2.499	0.281
201	0.116	2.504	0.285
475	0.159	2.503	0.291
975	0.199	2.511	0.300
2475	0.258	2.564	0.312

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	30	0.055	2.500	0.251
SLD	50	0.069	2.497	0.265
SLV	475	0.158	2.503	0.291
SLC	975	0.199	2.511	0.300

Nel caso specifico dall'analisi sismiche effettuate sul sito (HVSR) si evince che la profondità del substrato è superiore a 30 metri in quanto non si sono riscontrate velocità superiori a 800 m/s con valori di $V_{S,30} / V_{S,eq} = 309$ m/s.

In base al valore di $V_{S,30}$, il suolo di fondazione dell'area in esame può essere considerato di tipo C

CATEGORIA DI SOTTOSUOLO DETERMINATO MEDIANTE L'APPROCCIO SEMPLIFICATO	
Tipologia di indagine sismica effettuata sul sito	MASW
Valore di $V_{s,eq}$ determinato mediante indagine sismica	309
Categoria di sottosuolo determinato mediante l'approccio semplificato	C
Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.	

Con riferimento alle condizioni topografiche considerato che l'area in esame è caratterizzata da una configurazione superficiale semplice, ricade nella categoria T1, a cui non è attribuibile alcun fenomeno di amplificazione sismica legato alle condizioni topografiche.

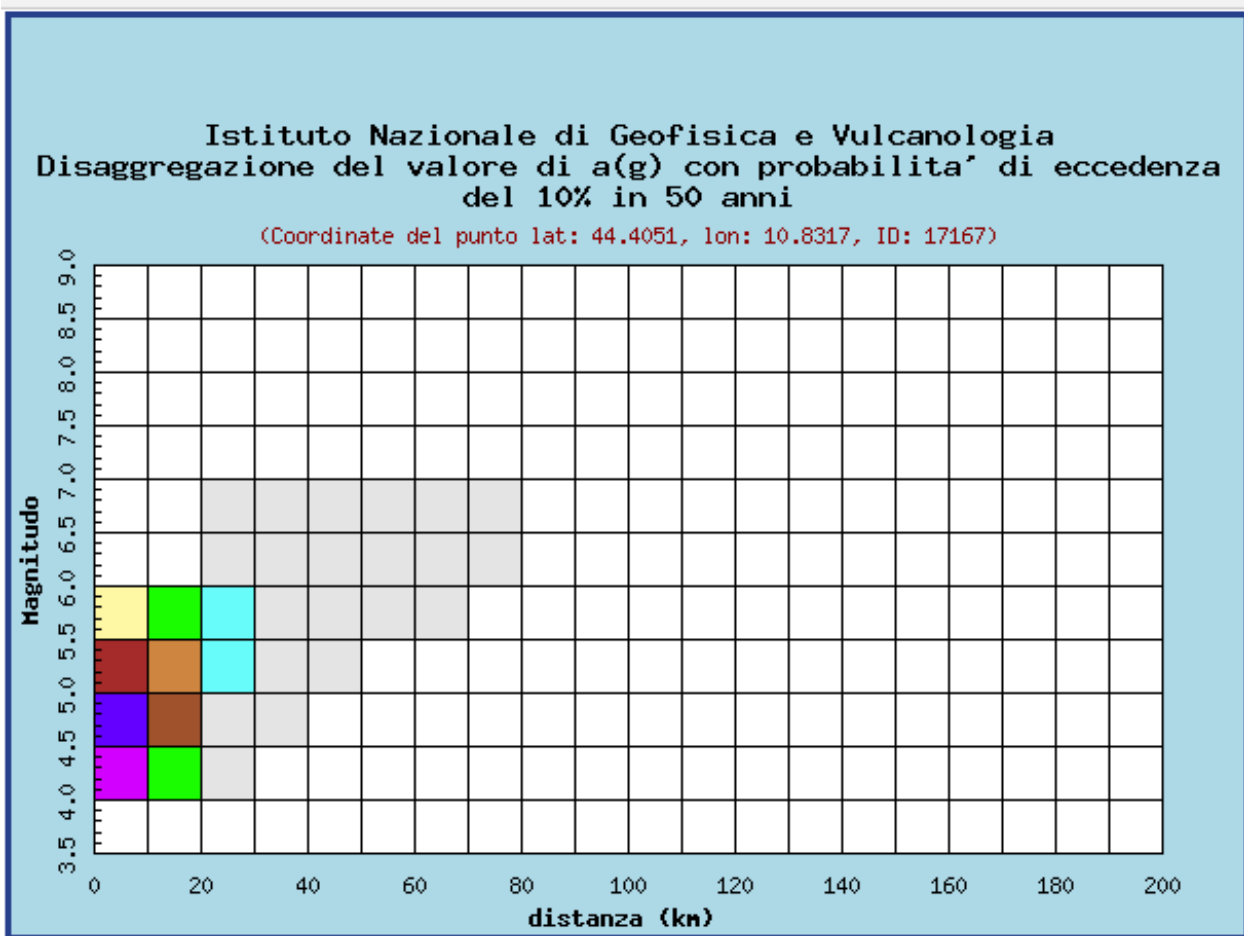
Considerata l'area oggetto di intervento che sarà oggetto di lavori di scavo e riporto necessari per il raggiungimento della planarità dell'area si è ritenuto necessario valutare con un maggior grado di dettaglio le azioni sismiche che dovranno essere tenute in considerazione dal calcolatore strutturale mediante uno studio di risposta sismica locale.

13 CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA MEDIANTE STUDIO DI RISPOSTA SISMICA LOCALE

L'analisi condotta mediante l'utilizzo del codice di calcolo Shake91 si è basata su nr. 3 accelerogrammi forniti dalla Regione Emilia-Romagna e da nr. 4 accelerogrammi spettro compatibili reperiti mediante l'utilizzo del software REXEL - Smerzini C., Galasso C., Iervolino I., Paolucci R. (2013) Ground motion record selection based on broadband spectral compatibility Earthquake Spectra. DOI 10.1193/052312EQS197M, provvedendo al taglio delle frequenze superiori ai 25 Hz, scalati sulla base di un valore di accelerazione massima orizzontale di picco (PGA) su un suolo di riferimento di tipo A, per T=0, espressa in frazione dell'accelerazione di gravità (arefg - 10% di probabilità di superamento in 50 anni) pari a 0.159 g.

Tale procedura ha comportato lo studio della pericolosità sismica del sito selezionando una probabilità di eccedenza pari al 10% riferito ad un intervallo temporale di 50 anni per la costruzione del grafico di disaggregazione necessario per l'estrazione dei sismogrammi spettrocompatibili.

Figura 36: GRAFICO DI DISAGGREGAZIONE E TABELLE DI CORRELAZIONE MAGNITUDO/DISTANZA



Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 44.4051, lon: 10.8317, ID: 17167)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	20.100	31.700	14.100	4.300	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	3.660	9.290	7.290	3.400	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.046	0.898	1.770	1.400	0.258	0.041	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.014	0.287	0.606	0.338	0.059	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.019	0.170	0.168	0.034	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.027	0.044	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.007	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.870	8.580	0.897

I dati desunti dal grafico di disaggregazione (M=4.870, Distanza 8.580) sono stati utilizzati per l'estrazione degli accelerogrammi mediante il software REXEL.

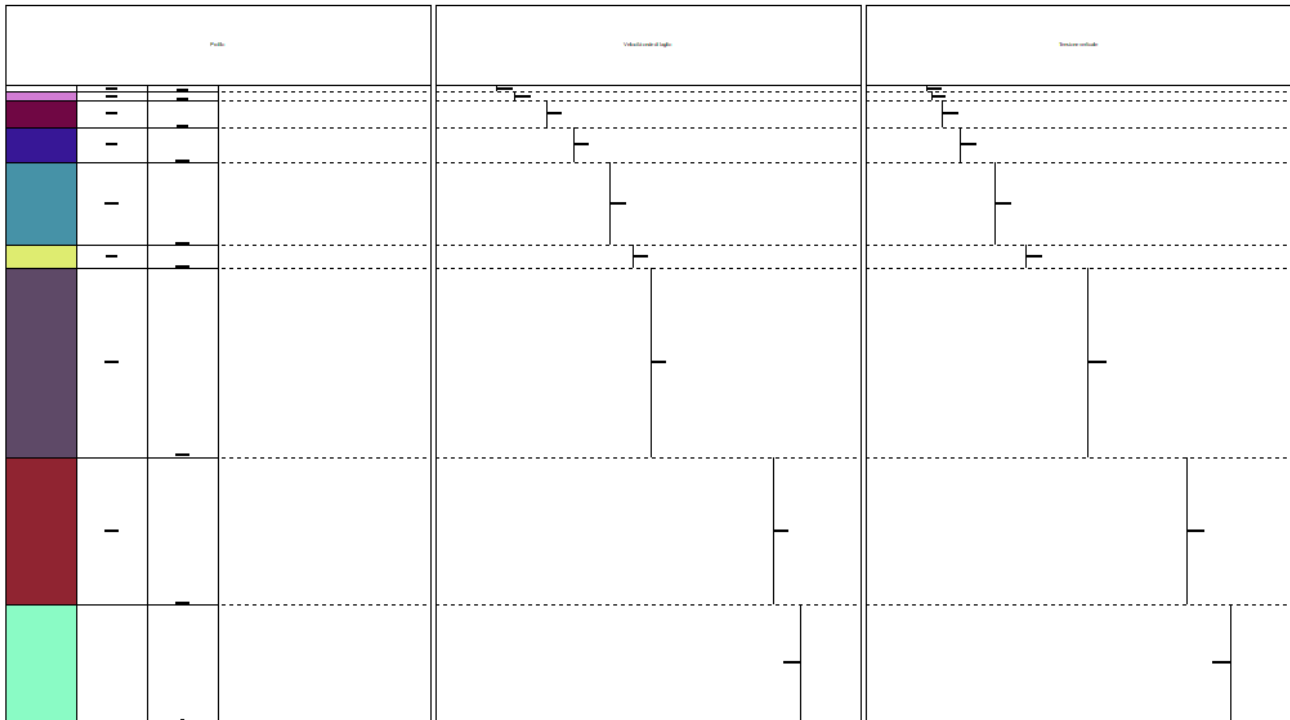
Il profilo di Vs è ottenuto mediante l'indagine sismica MASW è stato estrapolato in profondità sulla base delle stratigrafie reperite in bibliografia costituite da sondaggi geognostici e geofisici effettuati nelle vicinanze che hanno consentito di collocare il bedrock sismico convenzionale alla profondità di circa **88.30** metri dal p.d.c.

Figura 37: PROFILO DI VELOCITA' UTILIZZATO PER LO STUDIO DI RISPOSTA SISMICA LOCALE

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Terreno	Gmax [MPa]	Smorzamento critico [%]	Peso unità vol. [kN/m³]	Vs [m/s]	Tensione verticale [kPa]
1	--	1.2	Vucetic & Dorby (1991) PI=50	22.20	--	18.0	110.0	10.8
2	1.2	1.5	Vucetic & Dorby (1991) PI=50	41.74	--	18.2	150.0	35.3
3	2.7	4.5	Vucetic & Dorby (1991) PI=50	91.27	--	18.5	220.0	90.5
4	7.2	6.0	Vucetic & Dorby (1991) PI=50	149.45	--	18.7	280.0	188.3
5	13.2	14.0	Vucetic & Dorby (1991) PI=50	249.69	--	18.9	360.0	376.7
6	27.2	4.0	F. marnoso argilloso	359.85	--	21.0	410.0	551.0
7	31.2	32.1	F. marnoso argilloso	437.61	--	21.2	450.0	933.2
8	63.3	25.0	F. marnoso argilloso	1136.15	--	21.5	720.0	1542.2
9	oo	--	Smorzamento costante	1364.40	--	22.0	780.0	1811.0

Strato rilevamento accelerogramma:

9 Affiorante



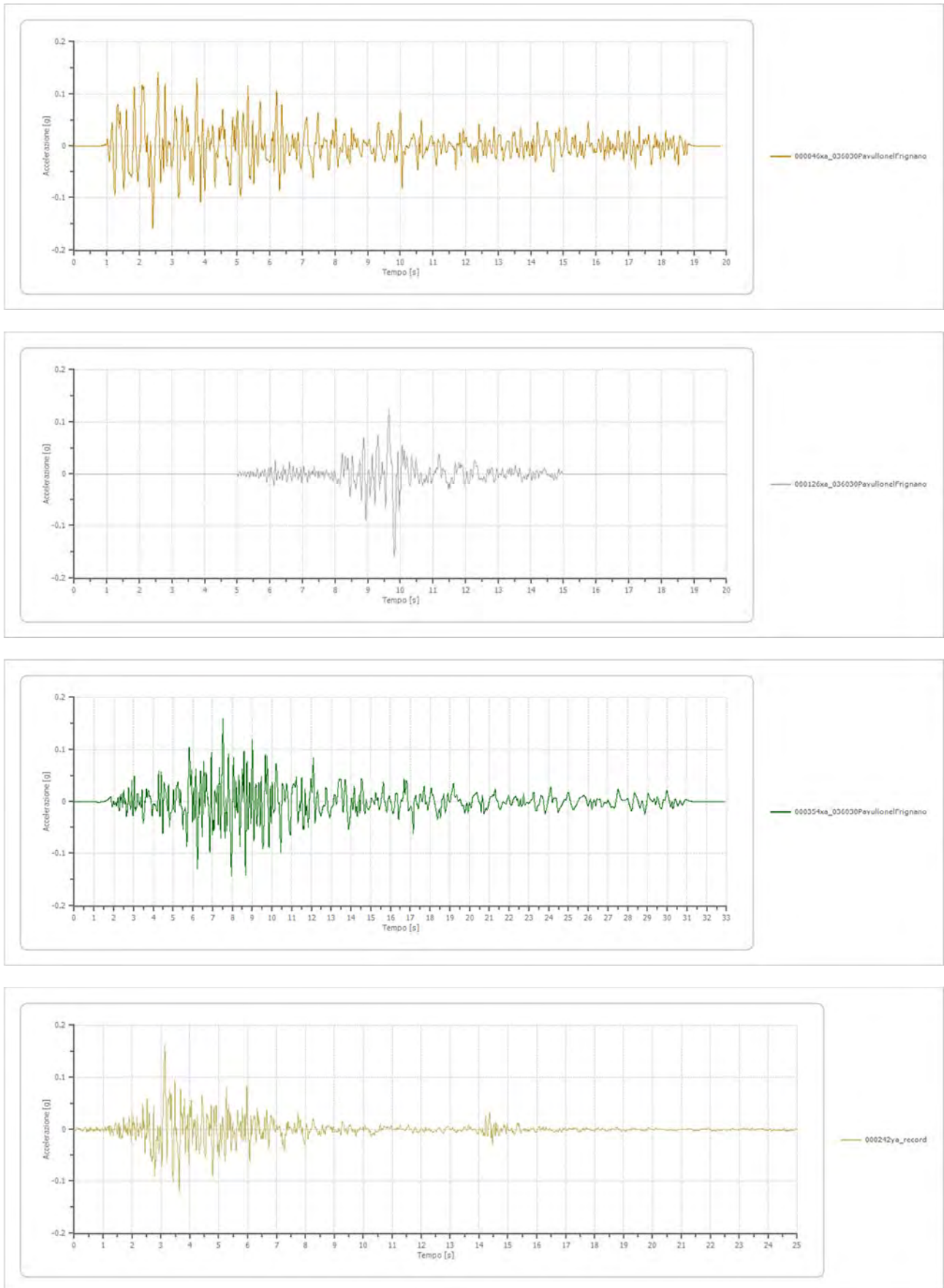
13.1 DATI DI INPUT SISMICO

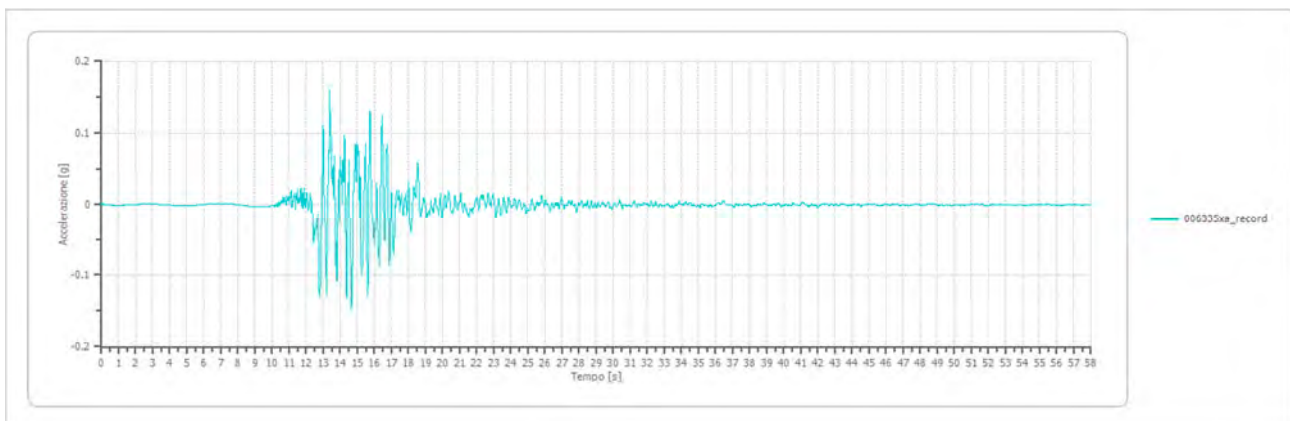
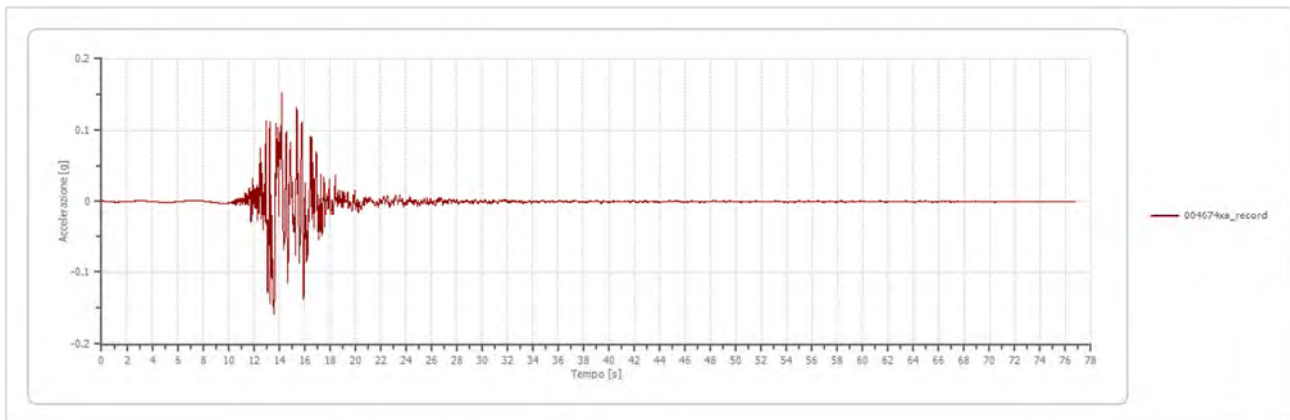
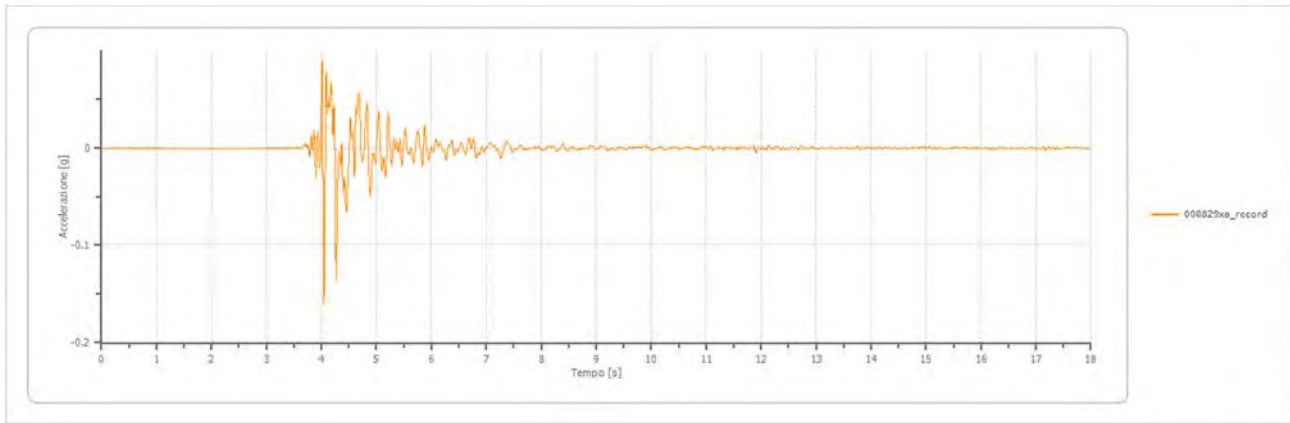
La valutazione della risposta sismica locale è stata eseguita utilizzando un software commercializzato dalla ditta Geostru denominato Risposta Sismica Locale RSL III, basato sul codice SHAKE 91 per quanto concerne le soluzioni relative alle propagazioni delle onde di taglio.

Si tratta di un modello monodimensionale applicabile al sito in esame, in cui le cause principali di amplificazione del moto sismico sono il fenomeno di intrappolamento di onde S all'interno del deposito, favorito dal contrasto di impedenza fra terreno e basamento roccioso e la risonanza, determinata dalla prossimità tra le frequenze del moto al substrato e quelle naturali di vibrazione del deposito. L'analisi è di tipo lineare equivalente che consiste nell'esecuzione di una sequenza di analisi lineari complete con aggiornamento successivo dei parametri di rigidezza e smorzamento fino al soddisfacimento di un prefissato criterio di convergenza. Il calcolo è stato eseguito inserendo come segnale di input n° 7 terremoti di cui 3 di riferimento della Regione Emilia-Romagna e n° 4 estratti mediante il software REXEL - Smerzini C., Galasso C., Iervolino I., Paolucci R. (2013) Ground motion record selection based on broadband spectral compatibility. Earthquake Spectra. DOI 10.1193/052312EQS197M, provvedendo al taglio delle frequenze superiori ai 25 Hz, scalati sulla base di un valore di accelerazione massima orizzontale di picco (PGA) su un suolo di riferimento di tipo A, per $T=0$, espressa in frazione dell'accelerazione di gravità (arefg - 10% di probabilità di superamento in 50 anni) pari a **0.163 g**.

Di seguito sono vengono riportati gli accelerogrammi utilizzati.

Figura 38: ACCELEROGRAMMI UTILIZZATI PER LO STUDIO DI RISPOSTA SISMICA LOCALE



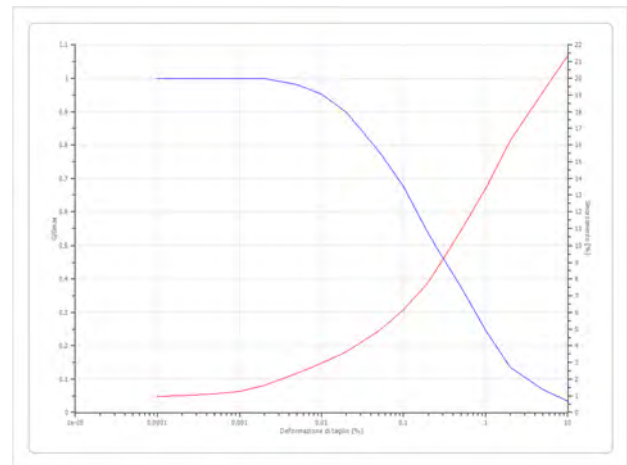


L'analisi è stata effettuata inoltre a partire da curve di variazione del modulo di rigidezza a taglio G e del fattore di smorzamento D (damping ratio) in funzione della deformazione per le diverse tipologie di materiali tratte da "Gruppo di lavoro MS, 2008 - Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica - Conferenza delle Regioni e delle Province autonome - Dipartimento della protezione civile, Roma, 3 vol. e Dvd" e da dati bibliografici come riportato nelle figure successive.

Materiali

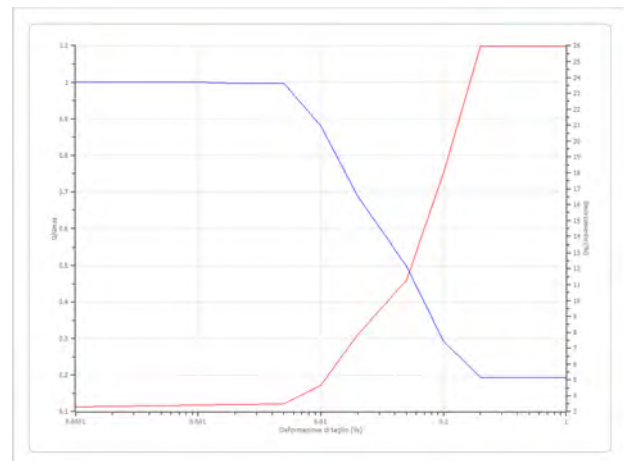
Vucetic & Dorby (1991) PI=50

Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.0001	1.000	0.0001	0.964
0.0002	1.000	0.0002	0.997
0.0005	1.000	0.0005	1.100
0.001	1.000	0.001	1.274
0.002	1.000	0.002	1.620
0.005	0.982	0.005	2.326
0.010	0.953	0.010	2.949
0.020	0.898	0.020	3.654
0.050	0.781	0.050	4.900
0.100	0.676	0.100	6.146
0.200	0.535	0.200	7.807
0.500	0.377	0.500	10.880
1.000	0.246	1.000	13.410
2.000	0.135	2.000	16.280
5.000	0.068	5.000	19.190
10.000	0.034	10.000	21.350



F. marnoso argilloso

Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.0001	1.000	0.0001	3.290
0.0002	1.000	0.0002	3.330
0.0005	1.000	0.0005	3.390
0.001	1.000	0.001	3.420
0.002	0.9972	0.002	3.440
0.005	0.9972	0.005	3.500
0.010	0.8802	0.010	4.660
0.020	0.687	0.020	7.840
0.050	0.4972	0.050	11.270
0.100	0.2936	0.100	18.000
0.200	0.1932	0.200	25.950
0.500	0.1932	0.500	25.950
1.000	0.1932	1.000	25.950



Dati generali

Descrizione	NUOVA PALAZZINA UFFICI E MOSTRA
Committente	GOLD ART Spa
Cantiere	Pavullo nel Frignano
Latitudine	44.38311 [°]
Longitudine	10.88035 [°]

Risultati derivanti dallo Studio

Numero di iterazioni	15
Rapporto tra deformazione a taglio effettiva e deformazione massima	0.5
Tipo di modulo elastico	Shake 91
Massimo errore percentuale di convergenza	1.36 E-04

Fattori di amplificazione ICMS 2018

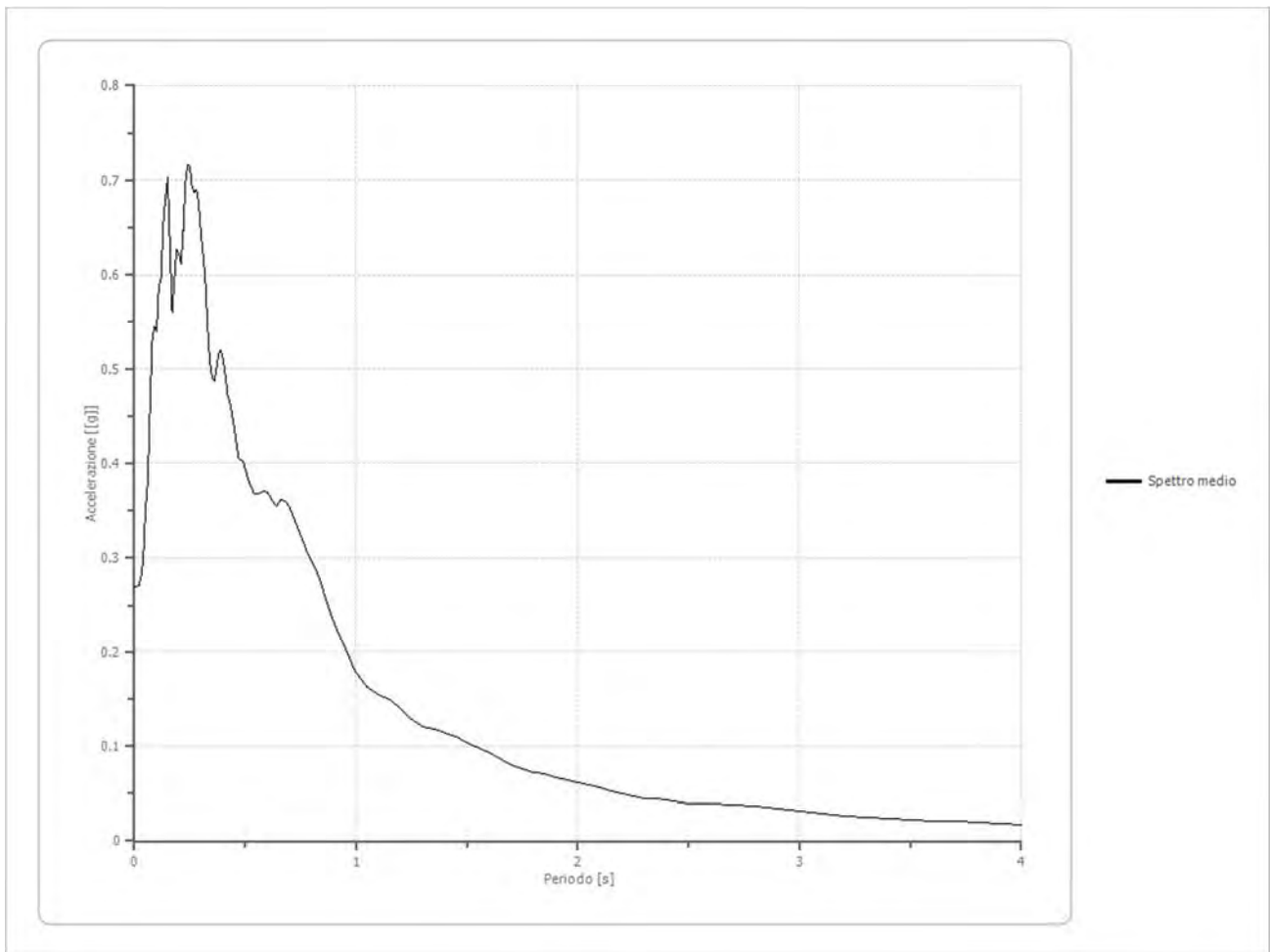
Tai	0.300 [s]
Tvi	0.860 [s]
Tao	0.240 [s]
Tvo	0.700 [s]
Sami	3.204 [m/s ²]
Svmi	0.215 [m/s]
Samo	6.192 [m/s ²]
Svmo	0.377 [m/s]
Fa	1.933 [-]
Fv	1.749 [-]
TB	0.127 [s]
TC	0.382 [s]
TD	2.554 [s]
SA(0)	0.238 [g]
SA(TB)	0.631 [g]

Fattori di amplificazione su intensità spettrale

Periodo minino [s]	Periodo massimo [s]	Int. Housner input [m]	Int. Housner output [m]	Int. Housner input/output [m]	FA
0.100	0.500	0.054	0.097	0.200	1.776
0.500	1.000	0.103	0.182	0.500	1.768

Spettro medio di risposta elastico

Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]
0.00	0.2692	0.26	0.6922	0.52	0.3789	0.98	0.1873	2.25	0.0475
0.01	0.2693	0.27	0.6870	0.53	0.3731	1.00	0.1776	2.30	0.0451
0.02	0.2707	0.28	0.6905	0.54	0.3674	1.05	0.1618	2.35	0.0440
0.03	0.2803	0.29	0.6760	0.55	0.3673	1.10	0.1544	2.40	0.0426
0.04	0.2986	0.30	0.6431	0.56	0.3685	1.15	0.1499	2.50	0.0395
0.05	0.3528	0.31	0.6204	0.57	0.3692	1.20	0.1403	2.60	0.0388
0.06	0.3791	0.32	0.5922	0.58	0.3703	1.25	0.1283	2.70	0.0377
0.07	0.4580	0.33	0.5451	0.60	0.3697	1.30	0.1203	2.80	0.0361
0.08	0.5290	0.34	0.5062	0.62	0.3609	1.35	0.1174	2.90	0.0339
0.09	0.5451	0.35	0.4905	0.64	0.3543	1.40	0.1140	3.00	0.0316
0.10	0.5395	0.36	0.4874	0.66	0.3608	1.45	0.1097	3.10	0.0292
0.11	0.5873	0.37	0.5001	0.68	0.3605	1.50	0.1038	3.20	0.0268
0.12	0.5967	0.38	0.5155	0.70	0.3534	1.55	0.0987	3.30	0.0249
0.13	0.6542	0.39	0.5201	0.72	0.3420	1.60	0.0926	3.40	0.0234
0.14	0.6823	0.40	0.5094	0.74	0.3297	1.65	0.0863	3.50	0.0222
0.15	0.7026	0.41	0.4935	0.76	0.3178	1.70	0.0805	3.60	0.0213
0.16	0.6315	0.42	0.4731	0.78	0.3056	1.75	0.0754	3.70	0.0205
0.17	0.5602	0.43	0.4648	0.80	0.2964	1.80	0.0725	3.80	0.0196
0.18	0.5964	0.44	0.4532	0.82	0.2865	1.85	0.0701	3.90	0.0186
0.19	0.6267	0.45	0.4376	0.84	0.2750	1.90	0.0674	4.00	0.0175
0.20	0.6235	0.46	0.4218	0.86	0.2593	1.95	0.0645		
0.21	0.6114	0.47	0.4062	0.88	0.2449	2.00	0.0617		
0.22	0.6472	0.48	0.4039	0.90	0.2317	2.05	0.0587		
0.23	0.6974	0.49	0.4017	0.92	0.2196	2.10	0.0557		
0.24	0.7160	0.50	0.3947	0.94	0.2098	2.15	0.0526		
0.25	0.7152	0.51	0.3849	0.96	0.1985	2.20	0.0500		



13.2 SPETTRO NORMALIZZATO DI RISPOSTA ELASTICO

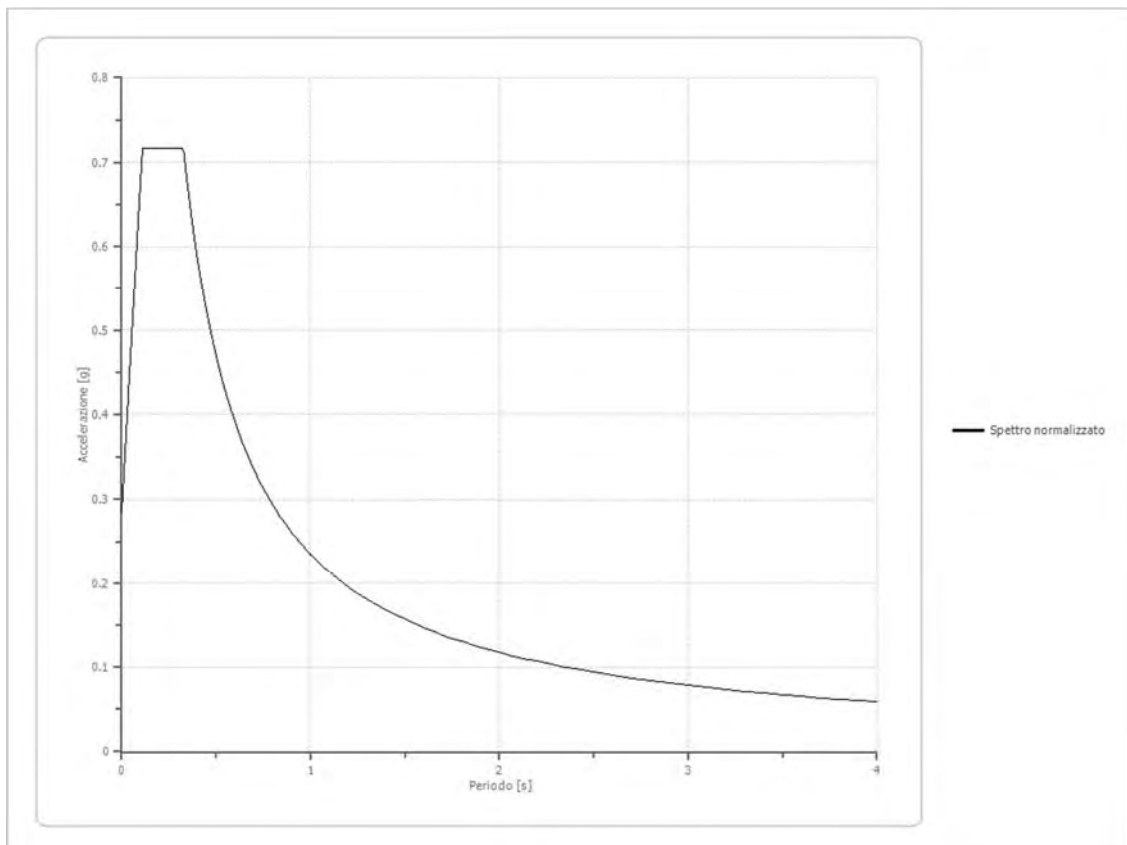
Per quanto riguarda la costruzione dello spettro normalizzato si sono utilizzati due metodi di normalizzazione e precisamente:

- Metodo di Valutazione Grafica
- Metodo secondo le Linee Guida di Protezione Civile

13.3 METODO DI NORMALIZZAZIONE CON VALUTAZIONI GRAFICHE - CONFRONTO TRA GLI SPETTRI DI NORMATIVA ALLO STATO DI SALVAGUARDIA VITA SLV - SUOLO DI TIPO A, SLV SUOLO TIPO C, SPETTRO MEDIO E SPETTRO NORMALIZZATO

Spettro normalizzato di risposta elastico

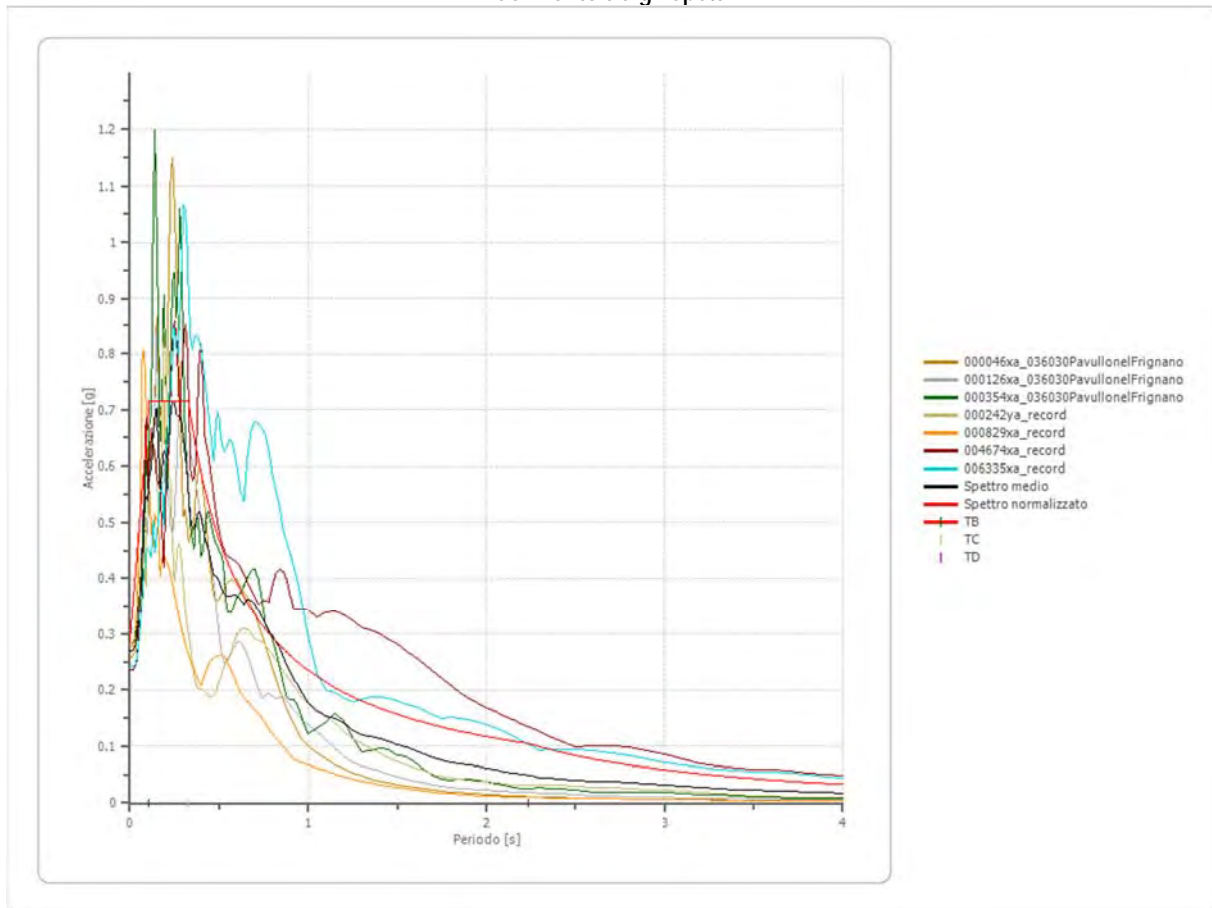
Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]
0.00	0.2858	0.26	0.7160	0.52	0.4516	0.98	0.2396	2.25	0.1044
0.01	0.3252	0.27	0.7160	0.53	0.4430	1.00	0.2348	2.30	0.1021
0.02	0.3645	0.28	0.7160	0.54	0.4348	1.05	0.2236	2.35	0.0999
0.03	0.4039	0.29	0.7160	0.55	0.4269	1.10	0.2135	2.40	0.0978
0.04	0.4432	0.30	0.7160	0.56	0.4193	1.15	0.2042	2.50	0.0939
0.05	0.4826	0.31	0.7160	0.57	0.4120	1.20	0.1957	2.60	0.0903
0.06	0.5219	0.32	0.7160	0.58	0.4048	1.25	0.1878	2.70	0.0870
0.07	0.5613	0.33	0.7116	0.60	0.3914	1.30	0.1806	2.80	0.0839
0.08	0.6006	0.34	0.6906	0.62	0.3787	1.35	0.1739	2.90	0.0810
0.09	0.6400	0.35	0.6709	0.64	0.3669	1.40	0.1677	3.00	0.0783
0.10	0.6794	0.36	0.6523	0.66	0.3558	1.45	0.1619	3.10	0.0757
0.11	0.7160	0.37	0.6346	0.68	0.3453	1.50	0.1565	3.20	0.0734
0.12	0.7160	0.38	0.6179	0.70	0.3354	1.55	0.1515	3.30	0.0712
0.13	0.7160	0.39	0.6021	0.72	0.3261	1.60	0.1468	3.40	0.0691
0.14	0.7160	0.40	0.5870	0.74	0.3173	1.65	0.1423	3.50	0.0671
0.15	0.7160	0.41	0.5727	0.76	0.3090	1.70	0.1381	3.60	0.0652
0.16	0.7160	0.42	0.5591	0.78	0.3010	1.75	0.1342	3.70	0.0635
0.17	0.7160	0.43	0.5461	0.80	0.2935	1.80	0.1305	3.80	0.0618
0.18	0.7160	0.44	0.5337	0.82	0.2864	1.85	0.1269	3.90	0.0602
0.19	0.7160	0.45	0.5218	0.84	0.2795	1.90	0.1236	4.00	0.0587
0.20	0.7160	0.46	0.5105	0.86	0.2730	1.95	0.1204		
0.21	0.7160	0.47	0.4996	0.88	0.2668	2.00	0.1174		
0.22	0.7160	0.48	0.4892	0.90	0.2609	2.05	0.1145		
0.23	0.7160	0.49	0.4792	0.92	0.2552	2.10	0.1118		
0.24	0.7160	0.50	0.4696	0.94	0.2498	2.15	0.1092		
0.25	0.7160	0.51	0.4604	0.96	0.2446	2.20	0.1067		



Parametri spettro normalizzato

Ag [g]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]	S
0.286	2.505	--	0.109	0.328	2.236	0.286	0.716	1.499

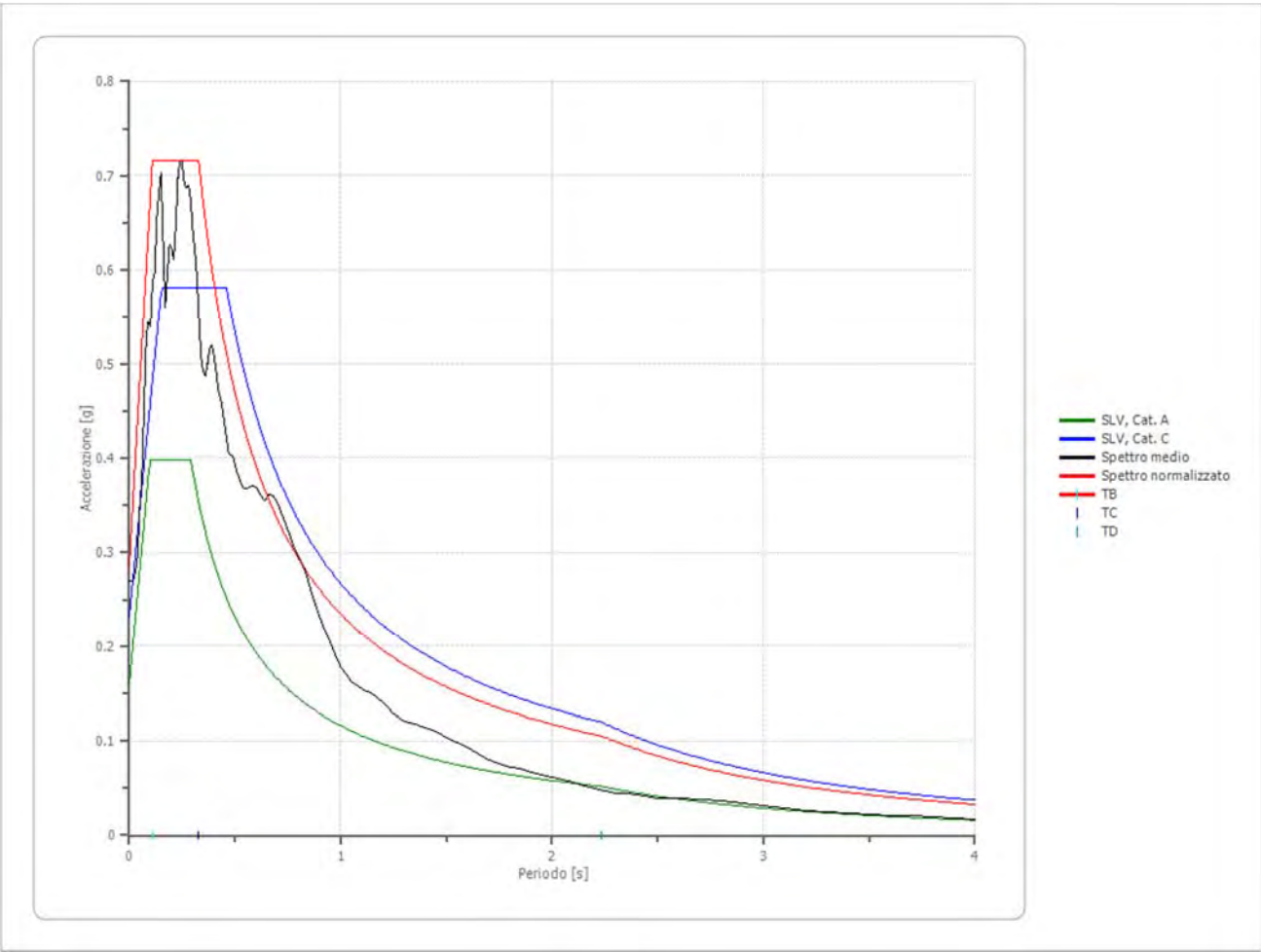
Confronto tra gli spettri



Confronto spettro normativa

Tipo di spettro: Spettro di risposta elastico

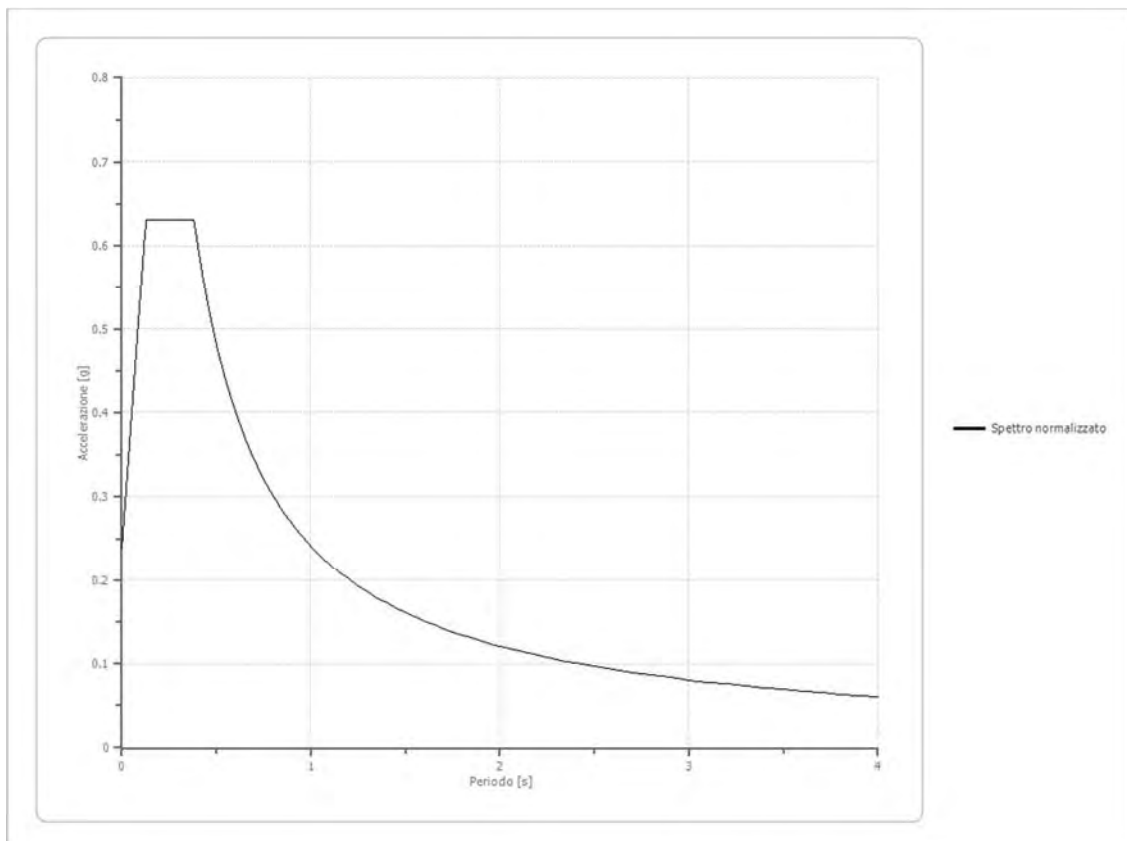
	Operatività SLO Cat. A	Danno SLD Cat. A	Salvaguardia vita SLV Cat. A	Prev. collasso SLC Cat. A	Operatività SLO Cat. C	Danno SLD Cat. C	Salvaguardia vita SLV Cat. C	Prev. collasso SLC Cat. C
Tr [anni]	30	50	475	975	30	50	475	975
ag [g]	0.055	0.069	0.159	0.199	0.055	0.069	0.159	0.199
Fo	2.5	2.496	2.505	2.513	2.5	2.496	2.505	2.513
Tc* [s]	0.251	0.264	0.291	0.3	0.251	0.264	0.291	0.3
Ss	1.00	1.00	1.00	1.00	1.50	1.50	1.46	1.40
St	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cc	1.00	1.00	1.00	1.00	1.66	1.63	1.58	1.56
TB [s]	0.084	0.088	0.097	0.100	0.139	0.143	0.153	0.156
TC [s]	0.251	0.264	0.291	0.300	0.416	0.430	0.459	0.469
TD [s]	1.820	1.876	2.236	2.396	1.820	1.876	2.236	2.396
Se(0) [g]	0.055	0.069	0.159	0.199	0.083	0.104	0.232	0.279
Se(TB) [g]	0.138	0.172	0.398	0.500	0.206	0.258	0.582	0.700



13.4 METODO DI NORMALIZZAZIONE CON LE LINEE GUIDA DI PROTEZIONE CIVILE - CONFRONTO TRA GLI SPETTRI DI NORMATIVA ALLO STATO DI SALVAGUARDIA VITA SLV - SUOLO DI TIPO A, SLV SUOLO TIPO C, SPETTRO MEDIO E SPETTRO NORMALIZZATO

Spettro normalizzato di risposta elastico

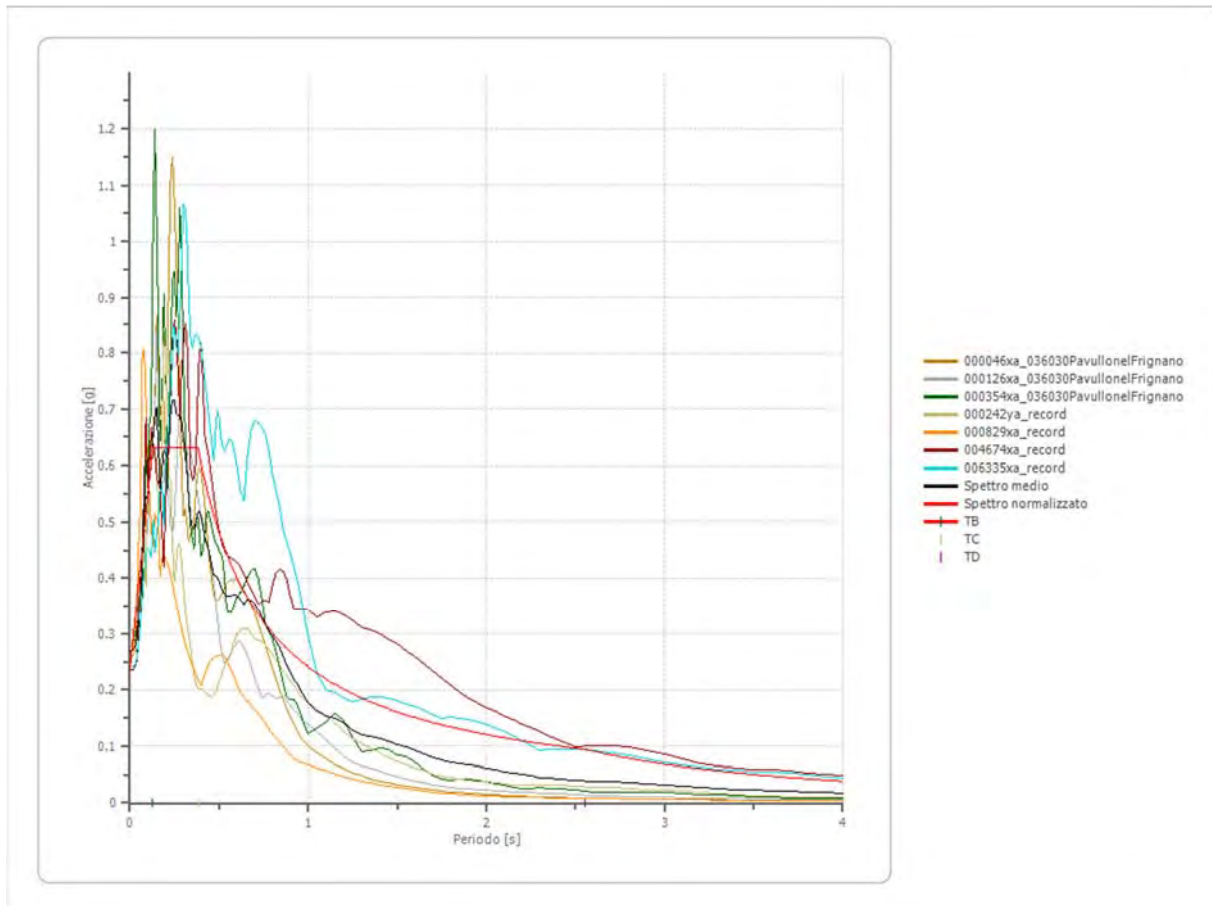
Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]
0.00	0.2384	0.26	0.6312	0.52	0.4638	0.98	0.2461	2.25	0.1072
0.01	0.2693	0.27	0.6312	0.53	0.4551	1.00	0.2412	2.30	0.1049
0.02	0.3001	0.28	0.6312	0.54	0.4467	1.05	0.2297	2.35	0.1026
0.03	0.3309	0.29	0.6312	0.55	0.4385	1.10	0.2193	2.40	0.1005
0.04	0.3618	0.30	0.6312	0.56	0.4307	1.15	0.2097	2.50	0.0965
0.05	0.3926	0.31	0.6312	0.57	0.4231	1.20	0.2010	2.60	0.0928
0.06	0.4235	0.32	0.6312	0.58	0.4159	1.25	0.1930	2.70	0.0893
0.07	0.4543	0.33	0.6312	0.60	0.4020	1.30	0.1855	2.80	0.0861
0.08	0.4851	0.34	0.6312	0.62	0.3890	1.35	0.1787	2.90	0.0832
0.09	0.5160	0.35	0.6312	0.64	0.3769	1.40	0.1723	3.00	0.0804
0.10	0.5468	0.36	0.6312	0.66	0.3654	1.45	0.1663	3.10	0.0778
0.11	0.5777	0.37	0.6312	0.68	0.3547	1.50	0.1608	3.20	0.0754
0.12	0.6085	0.38	0.6312	0.70	0.3446	1.55	0.1556	3.30	0.0731
0.13	0.6312	0.39	0.6184	0.72	0.3350	1.60	0.1507	3.40	0.0709
0.14	0.6312	0.40	0.6030	0.74	0.3259	1.65	0.1462	3.50	0.0689
0.15	0.6312	0.41	0.5883	0.76	0.3174	1.70	0.1419	3.60	0.0670
0.16	0.6312	0.42	0.5743	0.78	0.3092	1.75	0.1378	3.70	0.0652
0.17	0.6312	0.43	0.5609	0.80	0.3015	1.80	0.1340	3.80	0.0635
0.18	0.6312	0.44	0.5482	0.82	0.2941	1.85	0.1304	3.90	0.0618
0.19	0.6312	0.45	0.5360	0.84	0.2871	1.90	0.1269	4.00	0.0603
0.20	0.6312	0.46	0.5243	0.86	0.2805	1.95	0.1237		
0.21	0.6312	0.47	0.5132	0.88	0.2741	2.00	0.1206		
0.22	0.6312	0.48	0.5025	0.90	0.2680	2.05	0.1177		
0.23	0.6312	0.49	0.4922	0.92	0.2622	2.10	0.1149		
0.24	0.6312	0.50	0.4824	0.94	0.2566	2.15	0.1122		
0.25	0.6312	0.51	0.4729	0.96	0.2512	2.20	0.1096		



Parametri spettro normalizzato

Ag [g]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]	S
0.238	2.647634	--	0.127	0.382	2.554	0.238	0.631	1.499

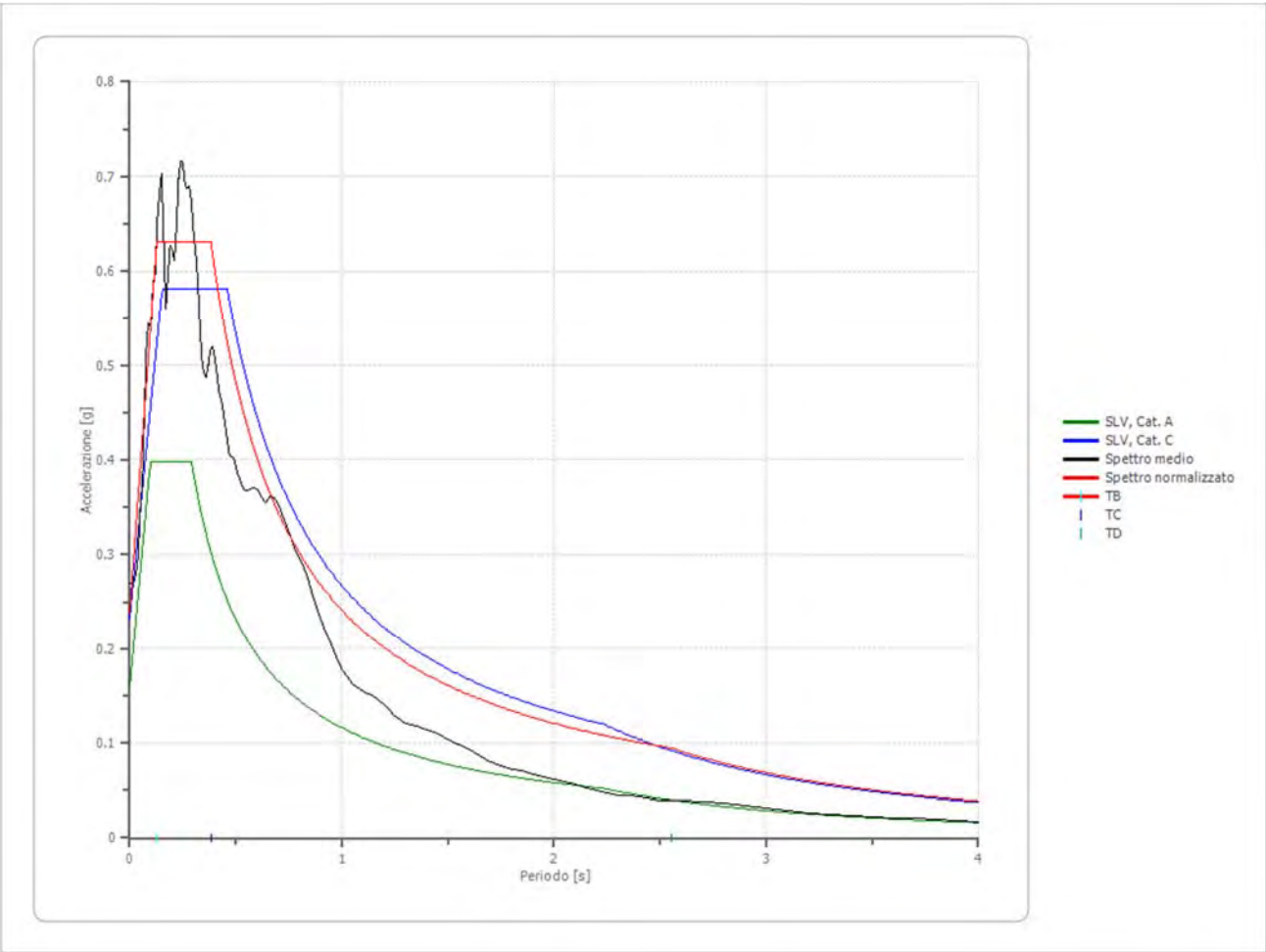
Confronto tra gli spettri



Confronto spettro normativa

Tipo di spettro: Spettro di risposta elastico

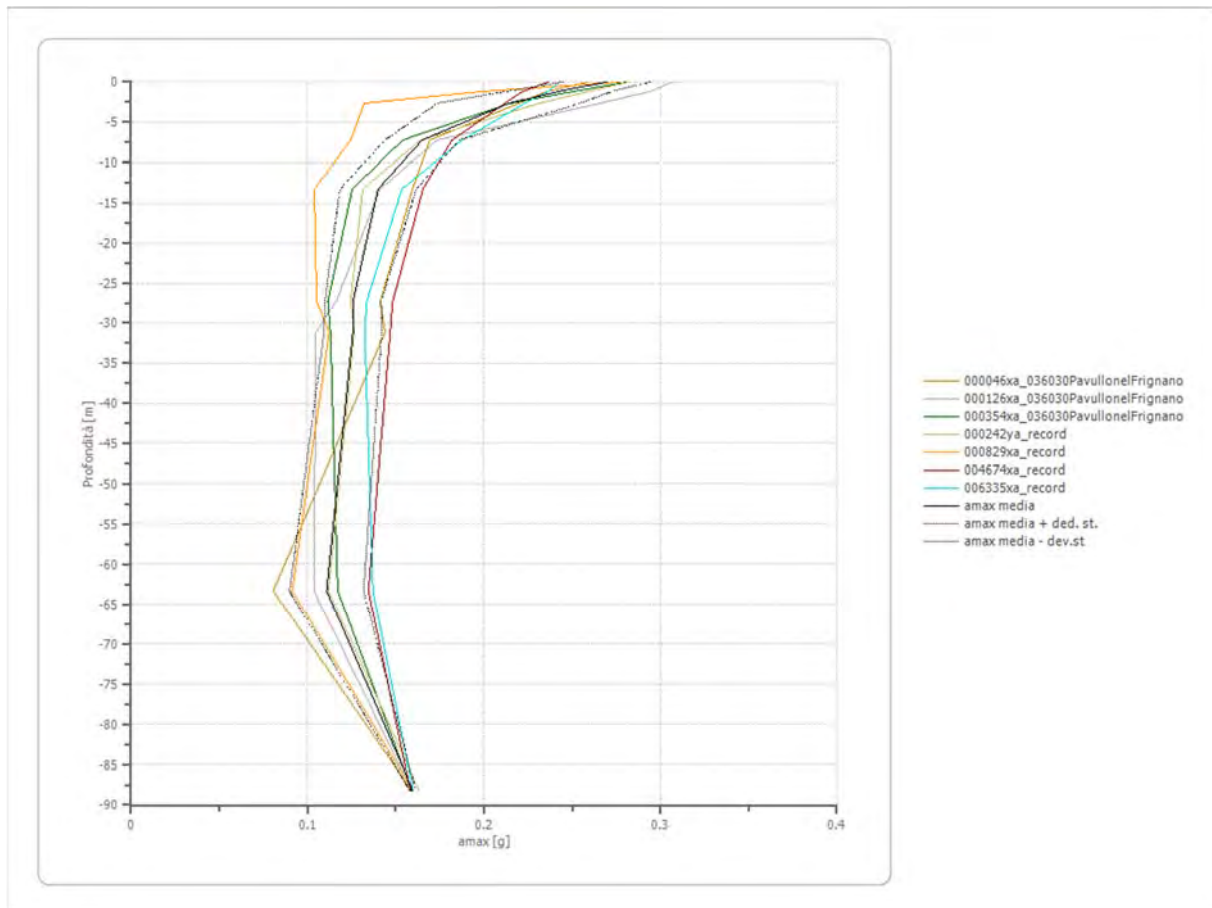
	Operatività SLO Cat. A	Danno SLD Cat. A	Salvaguardia vita SLV Cat. A	Prev. collasso SLC Cat. A	Operatività SLO Cat. C	Danno SLD Cat. C	Salvaguardia vita SLV Cat. C	Prev. collasso SLC Cat. C
Tr [anni]	30	50	475	975	30	50	475	975
ag [g]	0.055	0.069	0.159	0.199	0.055	0.069	0.159	0.199
Fo	2.5	2.496	2.505	2.513	2.5	2.496	2.505	2.513
Tc* [s]	0.251	0.264	0.291	0.3	0.251	0.264	0.291	0.3
Ss	1.00	1.00	1.00	1.00	1.50	1.50	1.46	1.40
St	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cc	1.00	1.00	1.00	1.00	1.66	1.63	1.58	1.56
TB [s]	0.084	0.088	0.097	0.100	0.139	0.143	0.153	0.156
TC [s]	0.251	0.264	0.291	0.300	0.416	0.430	0.459	0.469
TD [s]	1.820	1.876	2.236	2.396	1.820	1.876	2.236	2.396
Se(0) [g]	0.055	0.069	0.159	0.199	0.083	0.104	0.232	0.279
Se(TB) [g]	0.138	0.172	0.398	0.500	0.206	0.258	0.582	0.700



13.5 ANDAMENTO NEL SOTTOSUOLO DEI PROFILI DI ACCELERAZIONE MASSIMA

Profilo a max

	0.0 [m]	1.2 [m]	2.7 [m]	7.2 [m]	13.2 [m]	27.2 [m]	31.2 [m]	63.3 [m]	88.3 [m]
000046xa_036030PavullonelFrignano [g]	0.259	0.235	0.220	0.169	0.159	0.141	0.144	0.080	0.159
000126xa_036030PavullonelFrignano [g]	0.307	0.294	0.266	0.173	0.141	0.116	0.105	0.104	0.159
000354xa_036030PavullonelFrignano [g]	0.281	0.251	0.215	0.154	0.125	0.112	0.113	0.117	0.159
000242ya_record [g]	0.282	0.259	0.231	0.164	0.131	0.124	0.127	0.112	0.163
000829xa_record [g]	0.277	0.199	0.132	0.124	0.104	0.105	0.112	0.091	0.160
004674xa_record [g]	0.236	0.222	0.212	0.182	0.165	0.148	0.147	0.135	0.158
006335xa_record [g]	0.243	0.236	0.223	0.188	0.153	0.133	0.132	0.137	0.160
media [g]	0.269	0.242	0.214	0.165	0.140	0.126	0.126	0.111	0.160
Dev. St. [g]	0.025	0.030	0.040	0.021	0.022	0.016	0.016	0.021	0.002



14 CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA

Caratterizzazione Geologico-geotecnica

Le indagini geognostiche e geofisiche eseguite sull'area hanno evidenziato la presenza di una coltre eluvio-colluviale superficiale e depositi di tipo eolico seguiti in profondità da formazioni deposizionali riconducibili alla Formazione delle Arenarie di Scabiazza (SCB).

Dall'analisi delle resistenze alla punta e laterale rilevate durante le fasi di indagine geognostica si è riscontrata una discreta omogeneità dei dati rilevati.

Durante i sopralluoghi eseguiti non sono stati rilevati fenomeni di dissesto nell'area in esame e l'area risulta essere caratterizzata da una buona stabilità in relazione alla natura del substrato unitamente alla morfologia dell'area.

La normativa vigente per le costruzioni al punto 6.2.2 stabilisce che "i valori caratteristici delle grandezze fisiche e meccaniche da attribuire ai terreni devono essere ottenuti mediante specifiche prove di laboratorio su campioni indisturbati di terreno e attraverso l'interpretazione dei risultati di prove e misure in sito" e che per "valore caratteristico di un parametro geotecnico deve intendersi una stima ragionata e cautelativa del parametro nello stato limite considerato".

Al punto 2.3 stabilisce inoltre che *"nel metodo semiprobabilistico agli stati limite, la sicurezza strutturale deve essere verificata tramite il confronto tra la resistenza e l'effetto delle azioni. Per la sicurezza strutturale, la resistenza dei materiali e le azioni sono rappresentate dai valori caratteristici, R_{ki} e F_{kj} definiti, rispettivamente, come il frattile inferiore delle resistenze e il frattile (superiore o inferiore) delle azioni che minimizzano la sicurezza. In genere, i frattili sono assunti pari al 5%. Per le grandezze con piccoli coefficienti di variazione, ovvero per grandezze che non riguardino univocamente resistenze o azioni, si possono considerare frattili al 50% (valori mediani)".* Facendo riferimento ai risultati delle prove penetrometriche eseguite, sono stati pertanto stimati, per gli strati di soletta di soletta rilevati dalle indagini, i valori caratteristici dei principali parametri geotecnici utilizzando l'analisi statistica mediante la **distribuzione di Student a Due code con resistenze compensate** in quanto si presume vengano coinvolti dalle opere limitate volumetrie di terreno.

Si riportano di seguito i parametri caratteristici determinati per ogni indagine penetrometrica eseguita sia del tipo ad infissione statica che dinamica.

Valori Caratteristici Indagine Penetrometrica Statica (CPT1)												
Spessore medio [m]	Base dello strato [m]	Descrizione	Angolo di resistenza al taglio [°]	Coesione drenata [kN/mq]	Coesione non drenata [kN/mq]	Densità relativa [%]	Modulo di compressibilità edometrica [kN/mq]	Modulo di Young [kN/mq]	N spt [n.]	Peso di volume naturale [kN/mc]	Peso di volume saturo [kN/mc]	Modulo di Poisson [-]
1.20	1.20	Argille organiche e terreni misti	21.20	--	68.37	91.43	2441.63	--	--	18.02	19.51	--
6.00	7.20	Argilla inorganica molto compatta	31.71	--	115.98	30.36	5768.70	--	--	18.76	20.31	--
0.20	7.40	Sabbie addensate o cementate	42.00	--	--	100.00	8853.98	--	--	--	--	--

Valori Caratteristici Indagine Penetrometrica Statica (CPT6)												
Spessore medio [m]	Base dello strato [m]	Descrizione	Angolo di resistenza al taglio [°]	Coesione drenata [kN/mq]	Coesione non drenata [kN/mq]	Densità relativa [%]	Modulo di compressibilità edometrica [kN/mq]	Modulo di Young [kN/mq]	N spt [n.]	Peso di volume naturale [kN/mc]	Peso di volume saturo [kN/mc]	Modulo di Poisson [-]
1.60	1.60	Argille organiche e terreni misti	19.50	--	66.09	--	3809.12	--	--	17.95	19.44	--
1.40	3.00	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi	37.18	--	93.39	65.96	7371.58	--	--	17.49	20.10	--
4.80	7.80	Argilla inorganica molto compatta	23.90	--	89.05	--	4534.25	--	--	18.82	19.83	--
0.60	8.40	Sabbie addensate o cementate	37.96	--	--	72.85	6587.97	--	--	18.63	21.57	--

Valori Caratteristici Indagine Penetrometrica Statica (CPT7)												
Spessore medio [m]	Base dello strato [m]	Descrizione	Angolo di resistenza al taglio [°]	Coesione drenata [kN/mq]	Coesione non drenata [kN/mq]	Densità relativa [%]	Modulo di compressibilità edometrica [kN/mq]	Modulo di Young [kN/mq]	N spt [n.]	Peso di volume naturale [kN/mc]	Peso di volume saturo [kN/mc]	Modulo di Poisson [-]
1.00	1.00	Argille organiche e terreni misti	--	--	66.16	--	4127.77	--	--	18.71	19.50	--
5.40	6.40	Argilla inorganica molto compatta	30.85	--	140.37	24.89	6726.14	--	--	19.02	20.59	--
0.80	7.20	Sabbie addensate o cementate	34.71	--	--	50.76	--	--	--	19.33	20.02	--

Valori Caratteristici Indagine Penetrometrica Dinamica (PDM 2)												
Spessore medio [m]	Base dello strato [m]	Descrizione	Angolo di resistenza al taglio [°]	Coesione drenata [kN/mq]	Coesione non drenata [kN/mq]	Densità relativa [%]	Modulo di compressibilità edometrica [kN/mq]	Modulo di Young [kN/mq]	N spt [n.]	Peso di volume naturale [kN/mc]	Peso di volume saturo [kN/mc]	Modulo di Poisson [-]
2.70	2.70	deposito di origine eolica	--	--	16.96	--	2947.47	2717.53	2.77	15.75	18.21	--
1.40	4.10	limo argilloso	--	--	50.49	--	8202.86	7870.22	8.03	18.58	19.26	--
1.00	5.10	formazione delle argille a palombini	33.46	129.09	--	73.02	6621.52	16917.06	19.50	19.06	19.39	0.26

Valori Caratteristici Indagine Penetrometrica Dinamica (PDM 4)												
Spessore medio [m]	Base dello strato [m]	Descrizione	Angolo di resistenza al taglio [°]	Coesione drenata [kN/mq]	Coesione non drenata [kN/mq]	Densità relativa [%]	Modulo di compressibilità edometrica [kN/mq]	Modulo di Young [kN/mq]	N spt [n.]	Peso di volume naturale [kN/mc]	Peso di volume saturo [kN/mc]	Modulo di Poisson [-]
1.80	1.80	terreni di origine eolica	--	--	18.13	--	3163.15	2929.01	2.99	16.08	18.15	--
2.50	4.30	limo argilloso	--	--	46.33	--	7517.23	7197.99	7.34	18.29	19.22	--
3.50	7.80	Limo Argilloso	--	--	60.39	--	9536.63	9177.90	9.36	18.81	20.01	--
4.90	12.70	formazione stratificata delle arenarie di Scabiazza	31.45	88.17	--	45.25	5174.47	14481.25	13.43	17.45	18.95	0.33

15 PRESCRIZIONI TECNICHE RELATIVE ALLA ESECUZIONE DEGLI INTERVENTI

Per quanto riguarda la creazione dell'area sub-pianeggiante sulla quale verrà successivamente costruito il fabbricato industriale è prevista la realizzazione di un riporto di terreno mediante il riutilizzo delle terre derivante dalle opere di escavazione di monte.

Considerato lo spessore di terreni necessario per la realizzazione delle opere si ritiene necessario eseguire un rilevato mediante la stabilizzazione a calce dei terreni previa verifica tecnica mediante analisi di laboratorio geotecnico delle caratteristiche litologiche dei materiali al fine di valutare la corretta percentuale di calce da utilizzarsi.

Da analisi di laboratorio effettuare su terreni similari a quelli presenti nell'area, in via preliminare si ritiene idonea una percentuale di calce pari a 2% che dovrebbe permettere il raggiungimento dei parametri geomeccanici dei terreni sotto riportati:

Coesione: 42.0 kPa

Angolo di attrito: 30°

Si ritiene per quanto di competenza necessario effettuare preliminarmente alla esecuzione degli strati di riporto, la regolarizzazione dello strato di appoggio che deve necessariamente essere approfondito al di sotto del primo strato di terreno vegetale aventi caratteristiche geomeccaniche non conformi con successiva stesura di strati di terreno successivi aventi uno spessore massimo di 30 cm. regolarmente compattati mediante mezzi compattatori a rulli vibranti.

Per quanto riguarda lo spessore degli strati di riporto che dovranno essere trattati mediante stabilizzazione a calce si rimanda al tecnico progettista la valutazione sulla base delle caratteristiche prestazionali richieste dalla proprietà relativamente al sottofondo sia per la zona interna al capannone industriale sia sulle zone esterne che verranno interessate dalla viabilità ed aree cortilive di pertinenza.

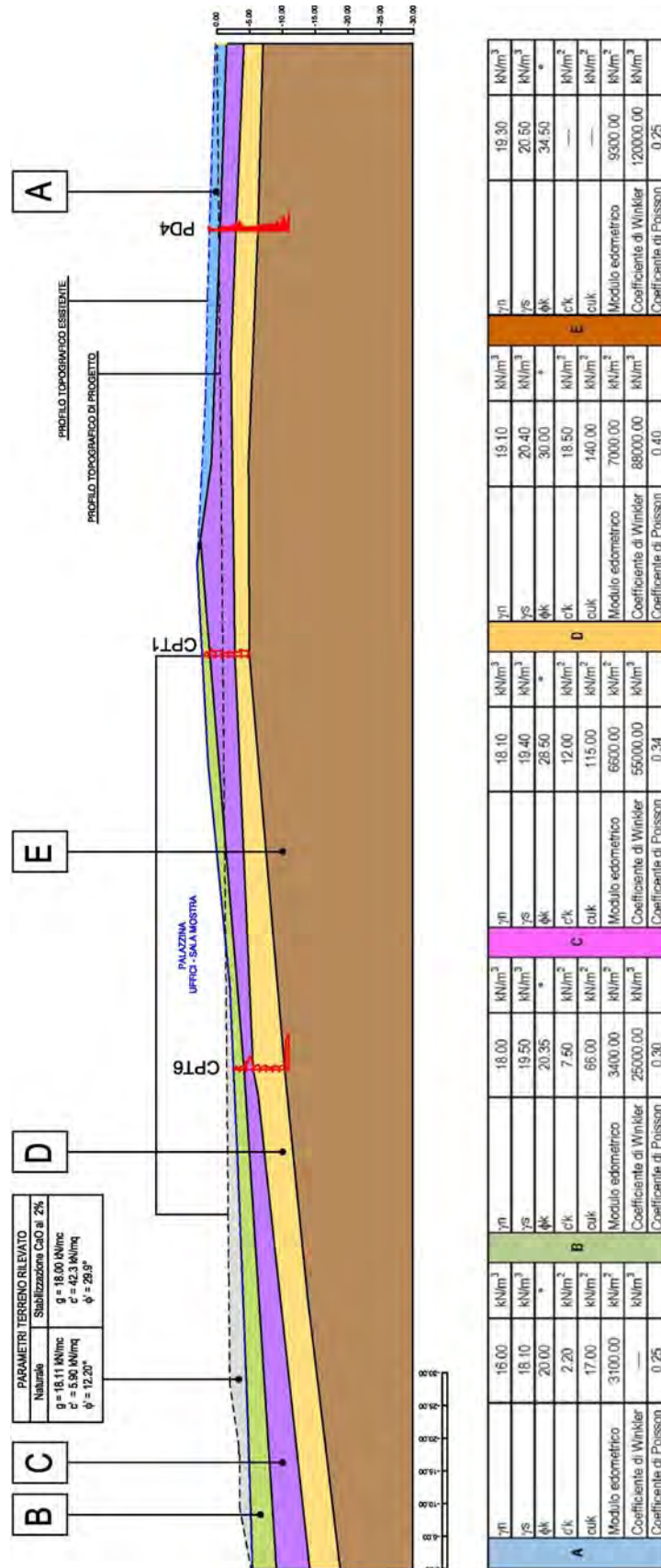
Lo spessore degli strati di riporto trattati mediante stabilizzazione a calce dovrà assicurare l'assenza di fenomeni di cedimento derivanti dalla consolidazione al fine di evitare avvallamento delle pavimentazioni interne ed esterne al fabbricato di progetto.

Per quanto riguarda la realizzazione del fabbricato industriale che verrà edificato successivamente alle operazioni di livellamento e riporto dell'area, si ritiene idoneo un sistema di fondazione del tipo su pali di diametro e lunghezza da verificarsi in fase esecutiva sulla base dei carichi effettivi derivanti dal calcolo strutturale.

La soluzione consigliata (fondazioni profonde) consente di scaricare le tensioni progettuali delle strutture in progetto, in profondità, con portanza sia per il contributo derivante dall'attrito laterale tra palo e litologia attraversata e dalla testa del palo.

In fase di progettazione esecutiva dovranno essere valutati i cedimenti assoluti e differenziali che dovranno essere compatibili con le strutture di progetto tenendo in considerazione dalle problematiche derivanti dalla posa dello strato di riporto stabilizzato a calce che produrrà nella porzione di valle del fabbricato fenomeni di attrito negativo per l'intero spessore attraversato con conseguente limitazione della capacità portante.

Figura 39: MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO PER LA PROGETTAZIONE STRUTTURALE



16 CONCLUSIONI

Nella presente relazione sono stati approfonditi gli aspetti geologici e sismici di un'area oggetto sita in comune di Pavullo nel Frignano (MO) – Via Montebonello ove i tecnici incaricati per la progettazione hanno previsto:

- rimodellazione del versante per la creazione di una superficie sub-pianeggiante per permettere l'inserimento del fabbricato di progetto
- esecuzione di nuova viabilità interna all'area
- esecuzione del fabbricato di progetto

Sulla base degli approfondimenti eseguiti sull'area vengono di seguito riassunti le considerazioni ottenute nel presente studio:

Caratterizzazione Sismica

- Le indagini geognostiche e geofisiche eseguite sull'area hanno evidenziato la presenza di una coltre eluvio-colluviale superficiale e depositi di tipo eolico seguiti in profondità da formazioni deposizionali riconducibili Formazione delle Arenarie di Scabiazza (SCB).
- La zona sismica di riferimento è la "Zona 3".
- Le indagini sismiche effettuate hanno fornito valori di $V_{S30} / V_{S,eq}$ compresi tra **248** e **303** m/s.
- L'indagine sismica passiva effettuata ha determinato una frequenza di risonanza principale del sito pari a **10.98 Hz**
- Le caratteristiche stratigrafiche comportano una amplificazione sismica locale per effetti litologici valutata mediante lo studio di risposta sismica locale pari a **1.693**
- La topografia dell'area non raggiunge acclività tali da assoggettarla a fattori di amplificazione topografica

Con riferimento a quanto reperito durante le fasi di ricerca bibliografica integrate successivamente con il rilievo geologico/geomorfologico e con le indagini geognostiche e geofisiche eseguite sull'area in esame si esprime **parere positivo** per quanto di competenza relativamente agli interventi previsti nel progetto.

- Durante l'esecuzione delle opere di scavo necessarie per la realizzazione delle opere di fondazione devono garantire le corrette pendenze in modo da evitare la formazione di ristagni d'acqua e consentire il corretto deflusso delle acque superficiali.
- a piano di sbancamento e livellamento ultimato sarà necessario accertare la litologia dei terreni di fondazione, finalizzata all'effettiva valutazione della capacità portante dei terreni.
- Considerata la tipologia del fabbricato di progetto si prescrive l'utilizzo di fondazioni del tipo su pali di fondazione gettati e trivellati in opera in modo da garantire l'assenza di cedimenti assoluti e differenziali derivanti dalla disomogeneità di appoggio delle strutture di progetto, rimandando al tecnico calcolatore la scelta tipologica delle fondazioni sulla base delle combinazioni di carico derivanti dal progetto strutturale.
- Il dimensionamento delle fondazioni del fabbricato di progetto dovrà essere effettuato mediante l'utilizzo dei parametri caratteristici riportati nel modello geologico di riferimento
- Il piano di fondazione deve essere situato sotto la coltre di terreno vegetale superficiale nonché sotto lo strato interessato dal gelo e da significative variazioni stagionali del contenuto d'acqua (NTC 2018 - Cap. 6.4.2)
- Deve essere realizzata una rete di raccolta delle acque meteoriche e reflue con condotte a tenuta con convogliamento alla rete di smaltimento previo adeguato trattamento secondo quanto prescritto dalla normativa vigente.
- L'esecuzione delle opere di progetto comporterà operazioni di sbancamento al fine di raggiungere la quota di imposta delle opere di fondazione di progetto le cui volumetrie dovranno essere valutate in fase esecutiva. La direzione lavori, dopo aver confermato l'assenza di materiali di riporto, potrà riutilizzare interamente in sito le volumetrie derivanti per la sistemazione e il livellamento dell'area cortiliva adiacente previa adeguata verifica analitica come richiesto dal D.P.R. n. 120 del 13/06/2017 "Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164.

- La superficie del piazzale/parcheeggi/viabilità deve garantire:
 - una adeguata pendenza per consentire il normale deflusso delle acque in direzione di valle senza che si verifichino zone con ristagno delle acque
 - una adeguata protezione all'infiltrazione delle acque nel sottosuolo mediante caditoie collegate ad una rete di raccolta a perfetta tenuta
 - allontanamento delle acque in direzione di valle in posizione idonea a non causare fenomeni di dissesto con smaltimento delle stesse secondo quanto previsto dalle vigenti normative
 - realizzazione di un fosso di guardia alla base del rilevato

La presente relazione è stata redatta ai sensi degli strumenti normativi riportati al capitolo 2 della presente relazione.

Vignola, 20/04/2020

La Ditta incaricata per l'esecuzione delle indagini in sito

Per gli aspetti tecnici professionali

Dott. Geol. Giorgio Masotti



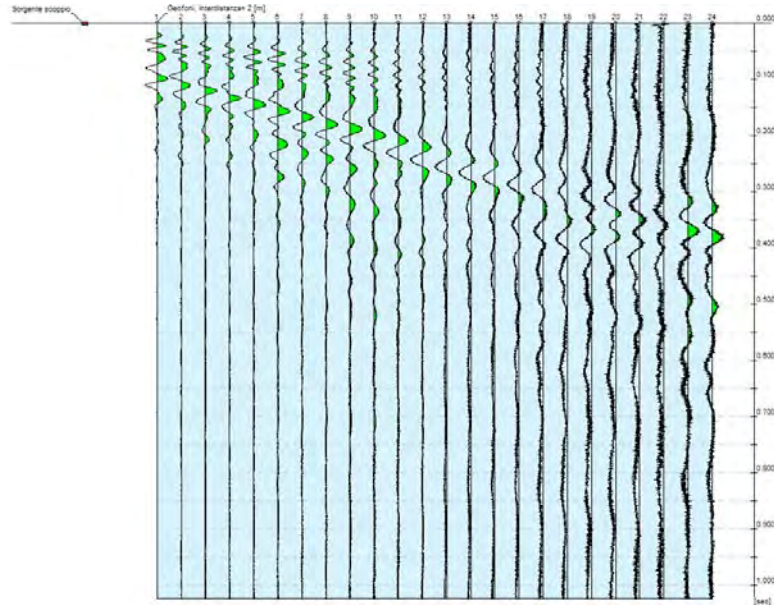
ALLEGATO 1

INDAGINI GEOFISICHE DI TIPO SISMICO A
RIFRAZIONE CON TECNICA M.A.S.W.
(Multichannel Analysis of Surface Waves)

BASE SISMICA M.A.S.W. - A

N. tracce	24
Durata acquisizione [ms]	1024.0
Interdistanza geofoni [m]	2.0
Periodo di campionamento [ms]	0.50

ANDAMENTO TRACCE SISMICHE RILEVATE



ANDAMENTO DELL'ANALISI SPETTRALE

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

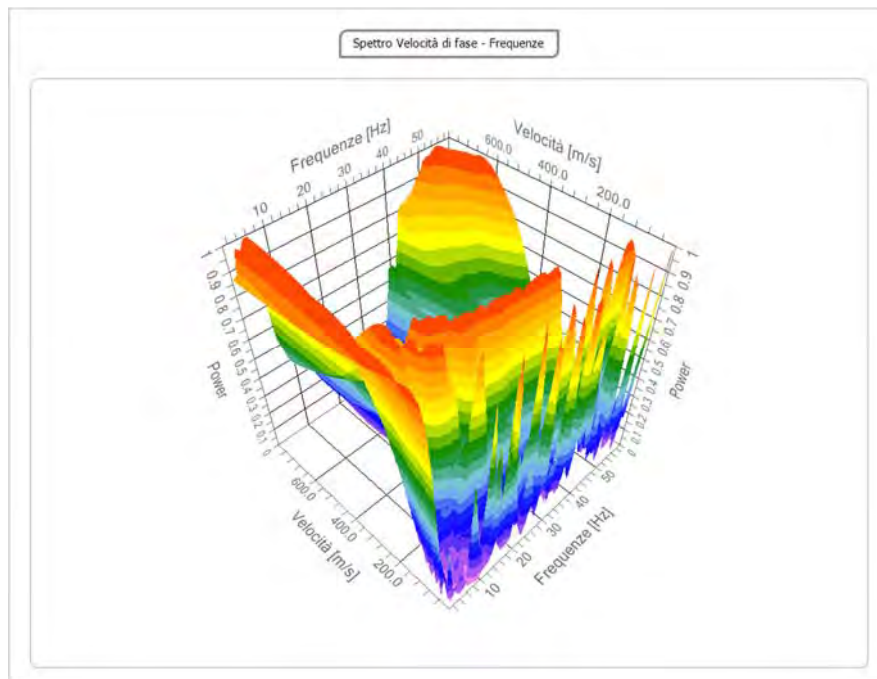
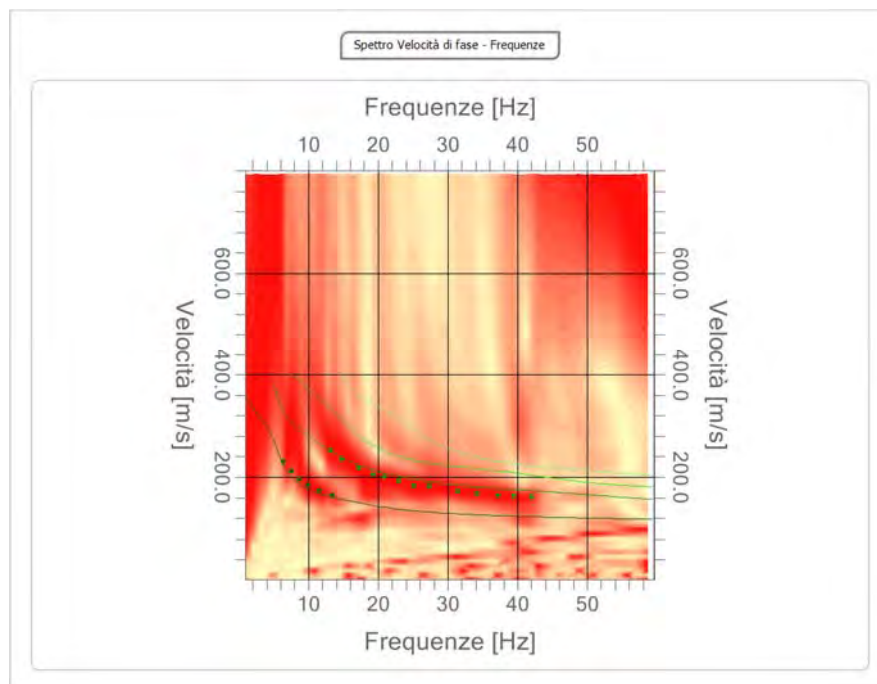
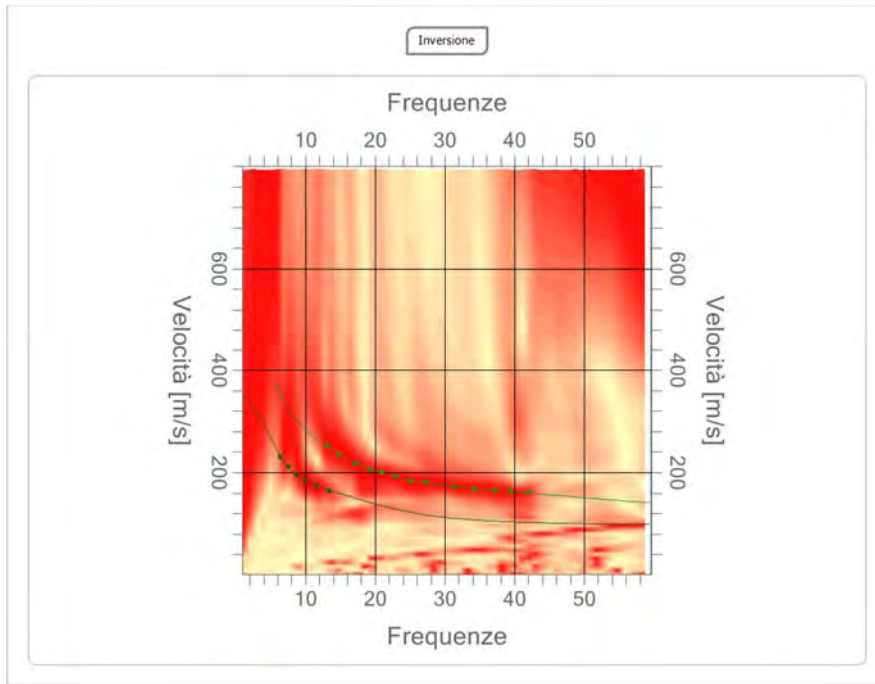


TABELLA RIPORTANTE I VALORI DELLA CURVA DI DISPERSIONE

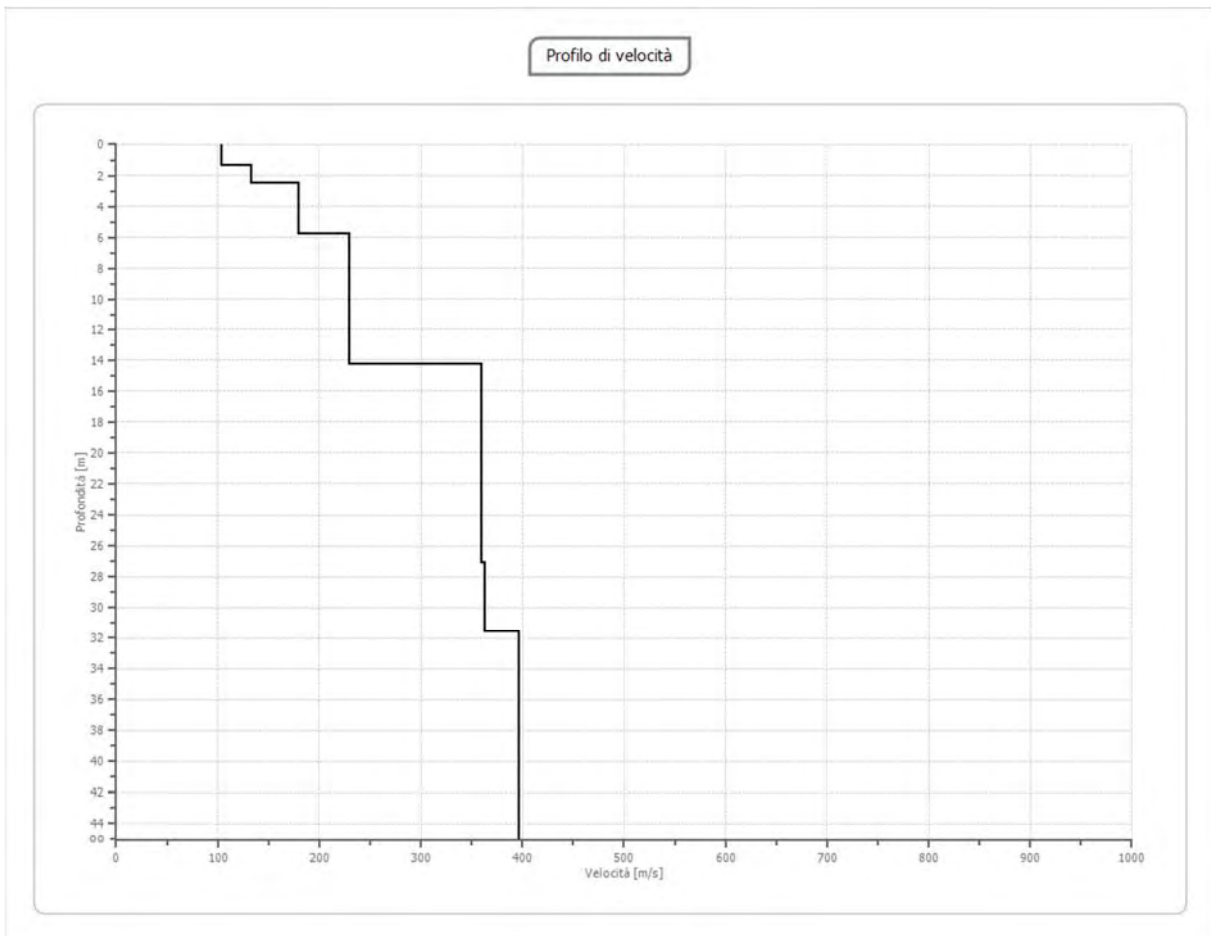
n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	6.4	229.8	0
2	7.6	211.8	0
3	8.7	195.4	0
4	10.0	185.6	0
5	11.6	174.2	0
6	13.1	252.6	1
7	13.4	164.4	0
8	14.8	234.7	1
9	17.2	218.3	1
10	19.3	205.2	1
11	20.9	200.3	1
12	23.0	192.2	1
13	25.1	184.0	1
14	27.3	182.4	1
15	31.5	172.6	1
16	34.3	167.7	1
17	37.1	164.4	1
18	39.5	162.8	1
19	42.1	161.1	1

ANDAMENTO DELLA CURVA DI DISPERSIONE

ANDAMENTO DELLA CURVA OTTENUTA CON IL PROCESSO DI INVERSIONE

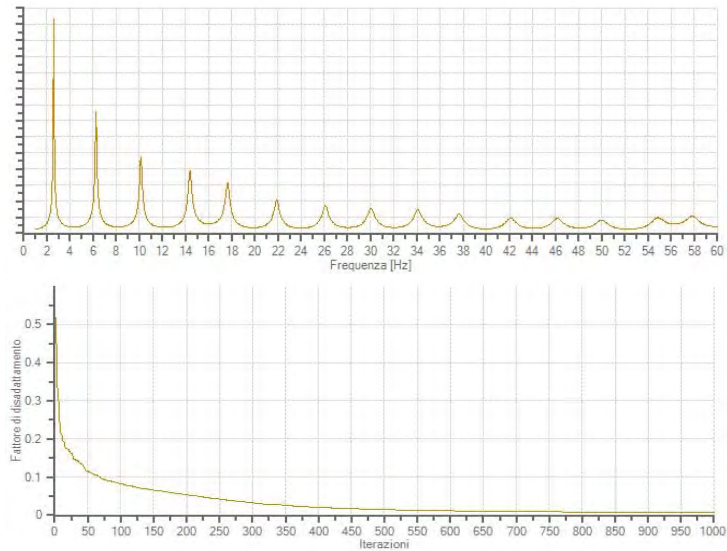
n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	1.35	1.35	1800.0	0.35	No	215.4	103.5
2	2.46	1.11	1810.0	0.40	No	324.7	132.6
3	5.77	3.31	1880.0	0.30	No	336.1	179.6
4	14.24	8.47	1900.0	0.30	No	428.2	228.9
5	27.12	12.87	1910.0	0.30	No	673.2	359.8
6	31.56	4.44	1920.0	0.30	No	678.3	362.6
7	oo	oo	1930.0	0.30	No	742.2	396.7



ANDAMENTO IN PROFONDITA' DELLA VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO



ANDAMENTO DELLA FUNZIONE DI TRASFERIMENTO E DISADATTAMENTO



Al termine della elaborazione si è riscontrata una convergenza dei valori (Errore dell'elaborazione) pari a **0,007%**, con un fattore di disadattamento della soluzione pari a **0,008**.

TABELLA DELLA VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO E CARATTERISTICHE DEGLI STRATI IN PROFONDITA'

G0: Modulo di deformazione al taglio (*);

Ed: Modulo edometrico (*);

M0: Modulo di compressibilità volumetrica (*);

Ey: Modulo di Young (*);

*) Valori validi per piccolissime deformazioni comprese nel tratto lineare elastico del legame costitutivo dei materiali (deformazioni tangenziali inferiori alla soglia elastica).

N.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	densità [Kg/cm ³]	Coefficiente di Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	1.35	1.35	103.49	215.43	1800.00	0.35	19.28	83.54	57.84	52.05	17.00	27.75
2	2.46	1.11	132.57	324.73	1810.00	0.40	31.81	190.86	148.45	89.07	22.00	96.31
3	5.77	3.31	179.64	336.08	1880.00	0.30	60.67	212.35	131.46	157.75	55.00	443.44
4	14.24	8.47	228.90	428.24	1900.00	0.30	99.55	348.44	215.70	258.84	82.00	1498.58
5	27.12	12.87	359.82	673.16	1910.00	0.30	247.29	865.51	535.79	642.95	N/A	N/A
6	31.56	4.44	362.58	678.32	1920.00	0.30	252.41	883.42	546.88	656.25	N/A	N/A
7	∞	∞	396.72	742.20	1930.00	0.30	303.76	1063.16	658.15	789.78	0.00	N/A

L'analisi dei risultati ottenuti dall'indagine MASW ha portato alla determinazione degli strati e delle velocità delle onde sismiche trasversali (V_s) fino a una profondità di circa **31,56 ml.** dal piano campagna.

Ai sensi del DM 17.01.2018, punto 3.2.2. "Categoria di suolo e condizioni topografiche", il valore della velocità media delle onde sismiche di taglio nei primi 30 metri ($V_{s,30}$) ottenuto mediante l'indagine M.A.S.W. è risultato, a partire dal p.d.c. attuale pari a **248,79 m/s**, il quale, tenuto in considerazione l'errore derivante dall'elaborazione dei dati, risulta essere compreso tra **248,77 e 248,80 m/s** come evidenziato nella tabella di seguito allegata:

Velocità onde Vs da elaborazione MASW				
Strato	Base strato [m]	h_i [m]	$V_{s,i}$ [m/s]	$h_i / V_{s,i}$ [s]
1	1.35	1.35	103.49	0.013045
2	2.46	1.11	132.57	0.008373
3	5.77	3.31	179.64	0.018426
4	14.24	8.47	228.90	0.037003
5	27.12	12.88	359.82	0.035796
6	31.56	2.88	362.58	0.007943

Calcolo del valore di $V_{s,30}$		
$V_{s,30}$ calcolato	248.79	[m/s]
Errore strumentale	0.007	[%]
$V_{s,30}$ - Max	248.80	[m/s]
$V_{s,30}$ - Min	248.77	[m/s]

ALLEGATO 2

INDAGINI GEOFISICHE DI TIPO SISMICO PASSIVO A STAZIONE SINGOLA (HVSR)

PAVULLO NEL FRIGNANO, PIAZZALE CERAMICA GOLD ART SPA

Instrument: TRZ-0010/01-09

Data format: 16 byte

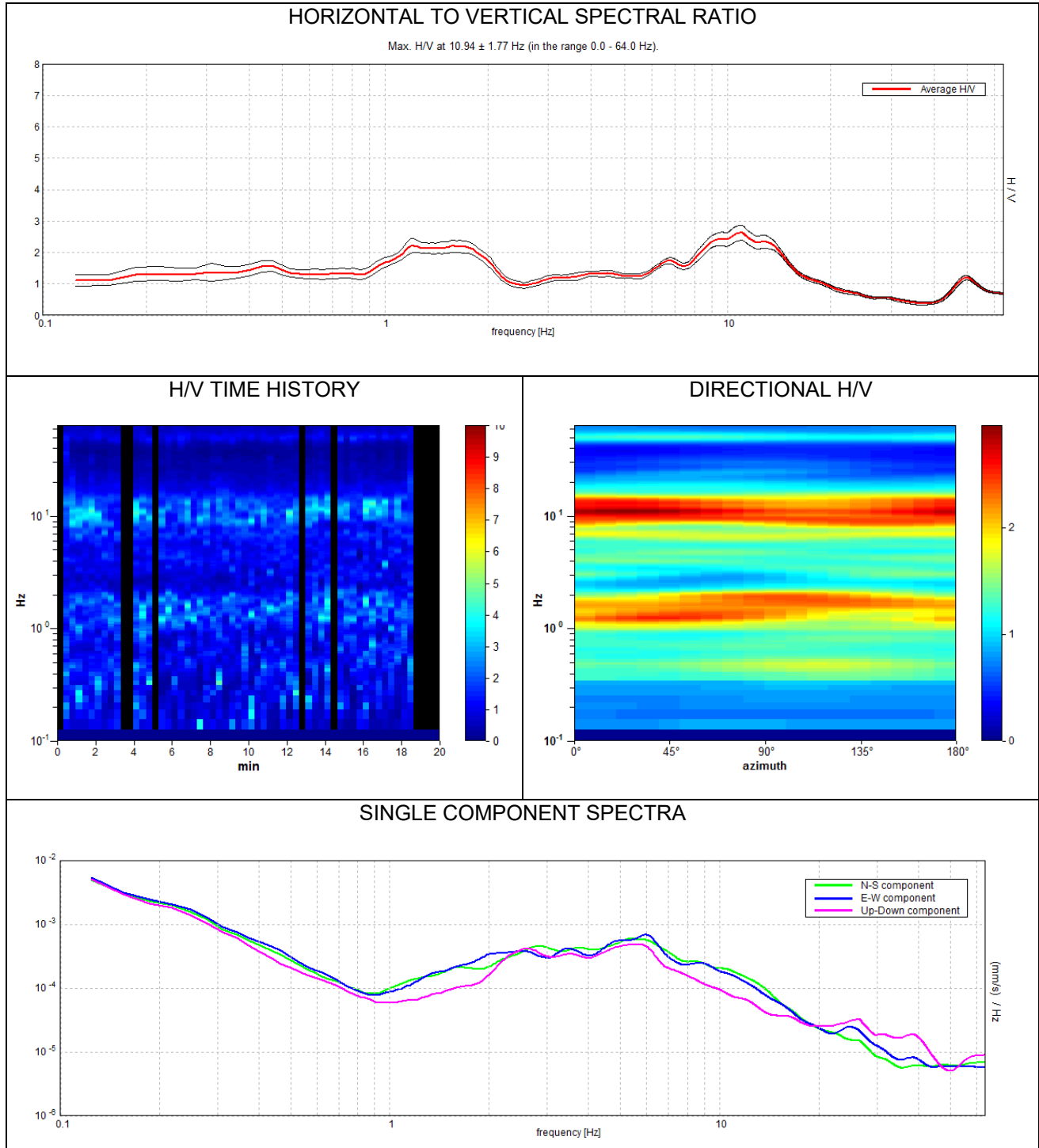
Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 20/02/20 14:52:29 End recording: 20/02/20 15:12:30

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

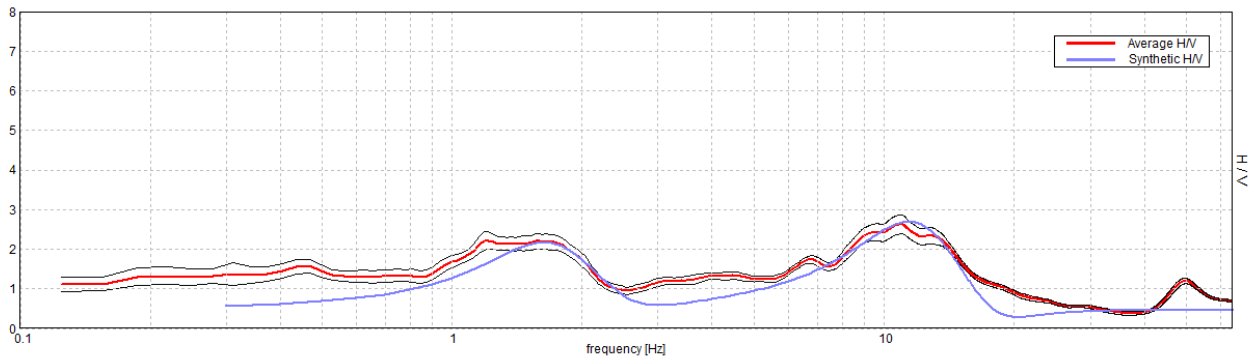
Trace length: 0h20'00". Analyzed 83% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz - Window size: 20 s - Smoothing type: Triangular window - Smoothing: 10%



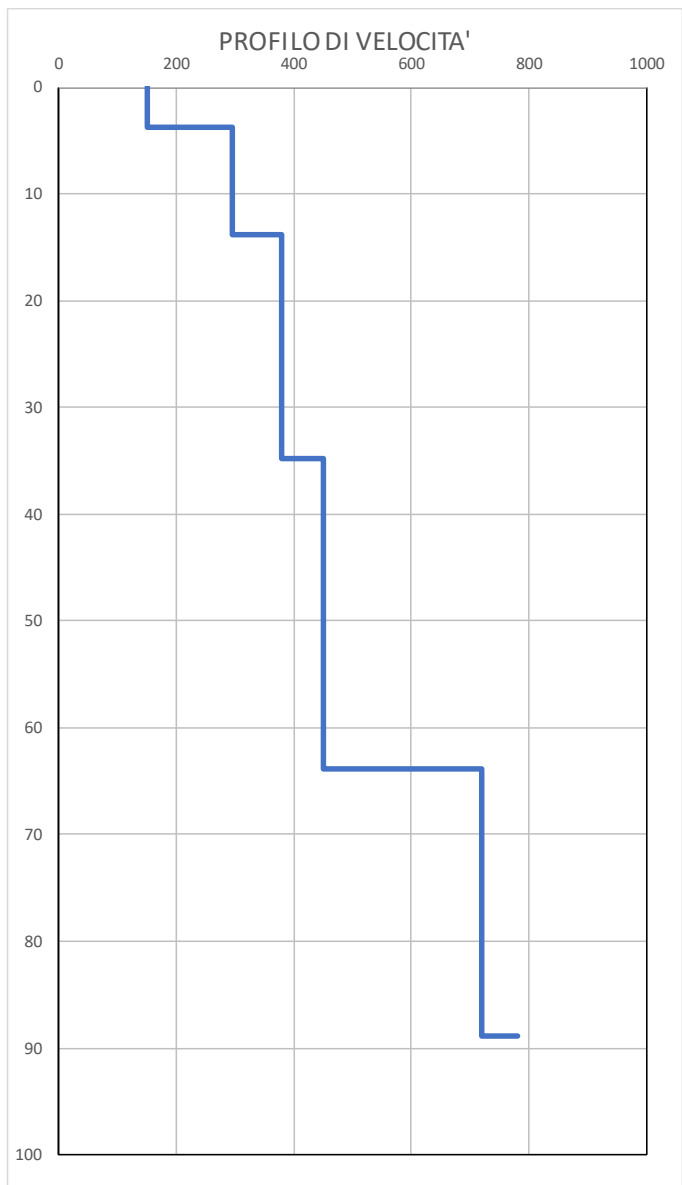
EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

Max. H/V at 10.94 ± 1.77 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
[m]	[m]	[m/s]	[---]
3.8	3.8	150	0.42
13.8	10	295	0.42
34.8	25	380	0.42
63.8	25	450	0.42
88.8	25	720	0.42
inf.	inf.	780	0.42
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0

Calcolo valore Vs,30		303 m/s	
Numero dello strato	h _i	V _{s,i}	h _i / V _{s,i}
	[m]	[m/s]	[s]
1	3.80	150	0.025333333
2	10.00	295	0.033898305
3	20.20	380	0.053157895
4	----	450	----
5	----	720	----
6	----	780	----
7	----	----	----
8	----	----	----
9	----	----	----
10	----	----	----
11	----	----	----
12	----	----	----
13	----	----	----
14	----	----	----
15	----	----	----



ALLEGATO 3

INDAGINI GEOGNOSTICHE DI TIPO
PENETROMETRICO AD INFISSIONE
STATICA CON PUNTA MECCANICA

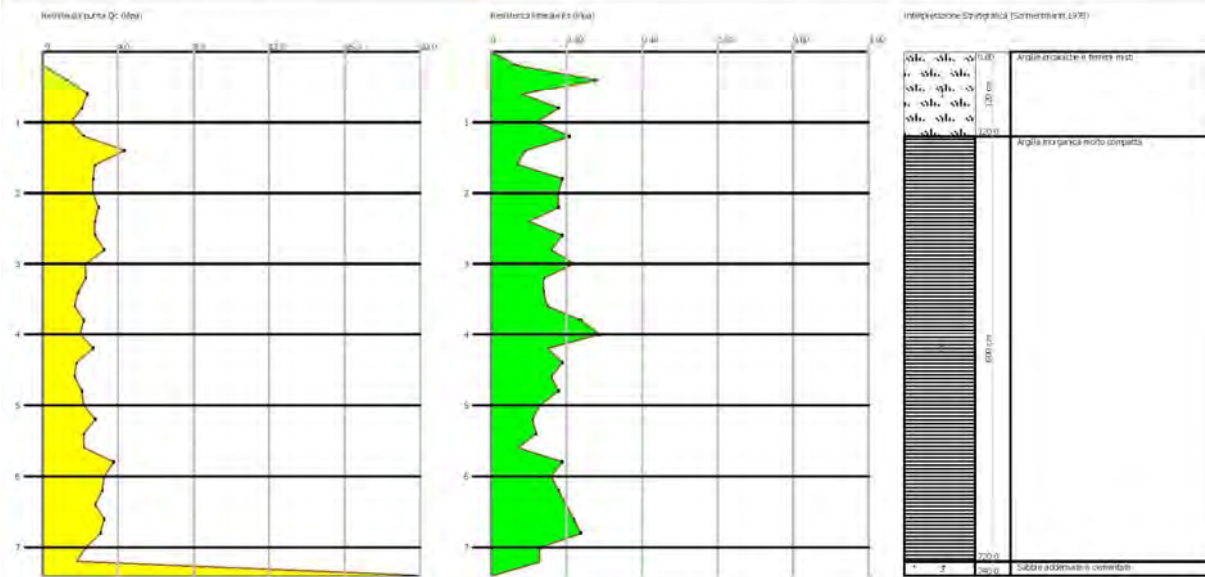
PROVA ... Nr.1

Committente: GOLD ART CERAMICA SPA
 Strumento utilizzato: PAGANI 100 kN
 Prova eseguita in data: 04/11/2017
 Profondità prova: 7.40 mt
 Località: PAVULLO NEL FRIGNANO

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

Committente: GOLD ART CERAMICA SPA
 Cantiere: COMPLETAMENTO DEL COMPARTO PRODUTTIVO
 Località: PAVULLO NEL FRIGNANO

Data: 04/11/2017



Profondità (m)	Letture punta (Mpa)	Letture laterale (Mpa)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	0.00	0.0	0.00	0.07	0.00	
0.40	1.27	2.3	1.27	0.28	4.54	22.0
0.60	2.35	6.6	2.35	0.08	29.38	3.4
0.80	2.06	3.2	2.06	0.18	11.44	8.7
1.00	1.47	4.2	1.47	0.12	12.25	8.2
1.20	2.16	4.0	2.16	0.21	10.29	9.7
1.40	4.31	7.5	4.31	0.09	47.89	2.1
1.60	2.75	4.0	2.75	0.07	39.29	2.5
1.80	2.65	3.7	2.65	0.19	13.95	7.2
2.00	2.65	5.5	2.65	0.18	14.72	6.8
2.20	2.94	5.7	2.94	0.18	16.33	6.1
2.40	2.75	5.5	2.75	0.10	27.50	3.6
2.60	2.75	4.2	2.75	0.19	14.47	6.9
2.80	3.24	6.1	3.24	0.16	20.25	4.9
3.00	2.26	4.7	2.26	0.22	10.27	9.7
3.20	2.26	5.5	2.26	0.14	16.14	6.2
3.40	1.86	3.9	1.86	0.14	13.29	7.5
3.60	1.67	3.7	1.67	0.15	11.13	9.0
3.80	2.16	4.4	2.16	0.24	9.00	11.1
4.00	1.96	5.6	1.96	0.29	6.76	14.8
4.20	2.65	7.1	2.65	0.15	17.67	5.7
4.40	1.77	4.0	1.77	0.19	9.32	10.7
4.60	1.67	4.5	1.67	0.16	10.44	9.6
4.80	2.06	4.4	2.06	0.18	11.44	8.7
5.00	2.16	4.9	2.16	0.13	16.62	6.0
5.20	2.75	4.7	2.75	0.11	25.00	4.0
5.40	2.16	3.8	2.16	0.12	18.00	5.6
5.60	2.16	4.0	2.16	0.07	30.86	3.2
5.80	3.73	4.8	3.73	0.19	19.63	5.1
6.00	3.24	6.1	3.24	0.16	20.25	4.9
6.20	3.14	5.5	3.14	0.18	17.44	5.7
6.40	2.75	5.5	2.75	0.20	13.75	7.3
6.60	3.24	6.2	3.24	0.22	14.73	6.8

6.80	3.04	6.4	3.04	0.24	12.67	7.9
7.00	2.26	5.9	2.26	0.13	17.38	5.8
7.20	1.77	3.7	1.77	0.13	13.62	7.3
7.40	32.36	34.3	32.36	0.00		0.0

Prof. Strato (m)	qc Media (Mpa)	fs Media (Mpa)	Gamma Medio (KN/m ³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
1.20	1.55	0.16	19.4	Coesivo	Argille organiche e terreni misti
7.20	2.56	0.16	19.6	Coesivo	Argilla inorganica molto compatta
7.40	32.36	0.00	19.6	Incoerente	Sabbie addensate o cementate

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Cu (KPa)
Strato 1	1.20	1.55	0.16	11.6	11.6	Terzaghi	77.5
Strato 2	7.20	2.56	0.16	82.1	82.1	Terzaghi	128.5

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Eed (Mpa)
Strato 1	1.20	1.55	0.16	11.6	11.6	Metodo generale del modulo Edometrico	4.7
Strato 2	7.20	2.56	0.16	82.1	82.1	Metodo generale del modulo Edometrico	5.1

Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Eu (Mpa)
Strato 1	1.20	1.55	0.16	11.6	11.6	Cancelli 1980	57.7
Strato 2	7.20	2.56	0.16	82.1	82.1	Cancelli 1980	92.9

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Mpa)
Strato 1	1.20	1.55	0.16	11.6	11.6	Imai & Tomauchi	14.8
Strato 2	7.20	2.56	0.16	82.1	82.1	Imai & Tomauchi	20.2

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Ocr
Strato 1	1.20	1.55	0.16	11.6	11.6	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 2	7.20	2.56	0.16	82.1	82.1	Piacentini Righi 1978	>9

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m ³)
Strato 1	1.20	1.55	0.16	11.6	11.6	Meyerhof	18.9
Strato 2	7.20	2.56	0.16	82.1	82.1	Meyerhof	19.7

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	C	Crn
Strato 1	1.20	1.55	0.16	11.6	11.6	0.15115	0.01965
Strato 2	7.20	2.56	0.16	82.1	82.1	0.11795	0.01533

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m³)
Strato 1	1.20	1.55	0.16	11.6	11.6	Meyerhof	19.7
Strato 2	7.20	2.56	0.16	82.1	82.1	Meyerhof	20.5

Velocità onde di taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Vs (m/s)
Strato 1	1.20	1.55	0.16	11.6	11.6	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	168.23
Strato 2	7.20	2.56	0.16	82.1	82.1	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	251.56

TERRENI INCOERENT I
Densità relativa

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 3	7.40	32.36	0.00	142.8	142.8	Harman	100.0

Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 3	7.40	32.36	0.00	142.8	142.8	Schmertmann	42.0

Modulo di Young

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato 3	7.40	32.36	0.00	142.8	142.8		0.0

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Modulo Edometrico (Mpa)
Strato 3	7.40	32.36	0.00	142.8	142.8	Buisman - Sanglerat	48.5

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	G (Mpa)
Strato 3	7.40	32.36	0.00	142.8	142.8	Imai & Tomauchi	94.9

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Ocr
Strato 3	7.40	32.36	0.00	142.8	142.8	Larsson 1991	0.8

S.G.I.

Modulo di reazione Ko

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Ko
Strato 3	7.40	32.36	0.00	142.8	142.8	Kulhawy & Mayne (1990)	1.03

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	C	Crn
Strato 3	7.40	32.36	0.00	142.8	142.8	0.05274	0.00686

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m ³)
Strato 3	7.40	32.36	0.00	142.8	142.8	Meyerhof	0.0

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m ³)
Strato 3	7.40	32.36	0.00	142.8	142.8	Meyerhof	0.0

Velocità onde di taglio.

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Vs (m/s)
Strato 3	7.40	32.36	0.00	142.8	142.8	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	549.81

Permeabilità

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	K (cm/s)
Strato 1	1.20	1.55	0.16	11.6	11.6	Piacentini-Righi 1988	1.00E-11
Strato 2	7.20	2.56	0.16	82.1	82.1	Piacentini-Righi 1988	1.00E-11
Strato 3	7.40	32.36	0.00	142.8	142.8	Piacentini-Righi 1988	*

Coefficiente di consolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Coefficiente di consolidazione (cm ² /s)
Strato 1	1.20	1.55	0.16	11.6	11.6	Piacentini-Righi 1988	4.74168E-07
Strato 2	7.20	2.56	0.16	82.1	82.1	Piacentini-Righi 1988	7.83142E-07
Strato 3	7.40	32.36	0.00	142.8	142.8	Piacentini-Righi 1988	0

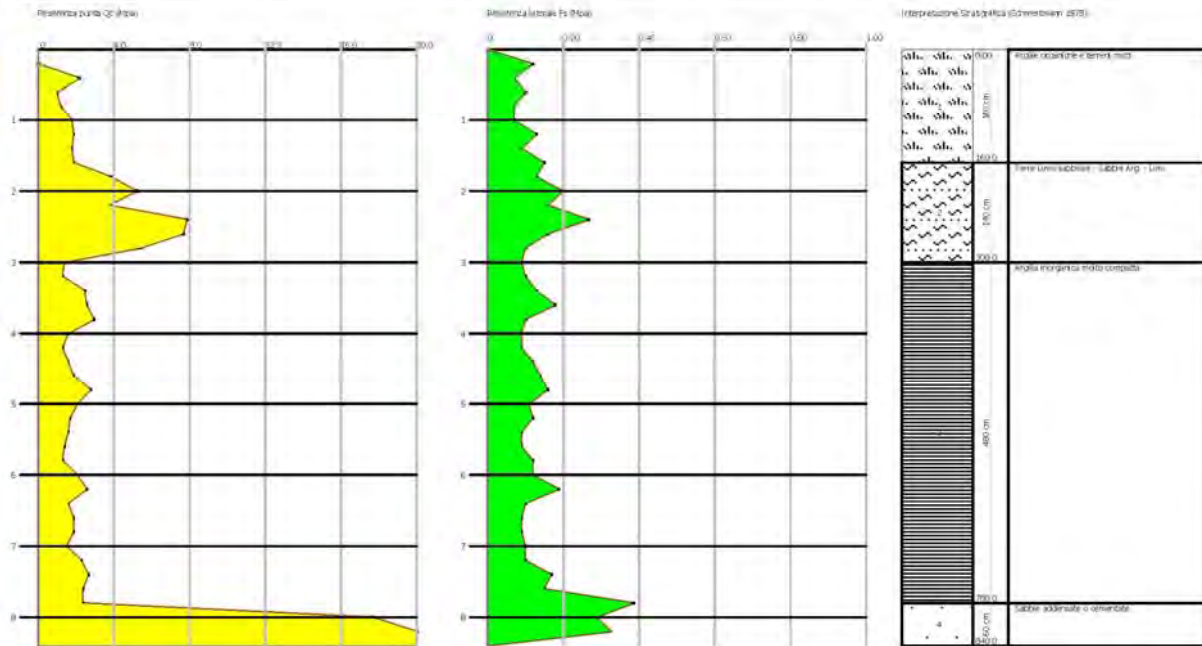
PROVA ... Nr.6

Committente: GOLD ART CERAMICA SPA
 Strumento utilizzato: PAGANI 100 kN
 Prova eseguita in data: 20/02/2020
 Profondità prova: 8.40 mt
 Località: PAVULLO NEL FRIGNANO

Probe CPT - Cone Penetration Nr.6
 Strumento utilizzato PAGANI 100 kN

Committente: GOLD ART CERAMICA SPA
 Cantiere: COMPLETAMENTO DEL COMPARTO PRODUTTIVO
 Località: PAVULLO NEL FRIGNANO

Data: 20/02/2020



Profondità (m)	Letture punta (Mpa)	Letture laterale (Mpa)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	0.00	0.0	0.00	0.12	0.00	
0.40	2.16	4.0	2.16	0.07	30.86	3.2
0.60	0.98	2.1	0.98	0.10	9.80	10.2
0.80	1.18	2.6	1.18	0.07	16.86	5.9
1.00	1.77	2.7	1.77	0.07	25.29	4.0
1.20	1.86	2.9	1.86	0.13	14.31	7.0
1.40	1.77	3.7	1.77	0.09	19.67	5.1
1.60	1.86	3.2	1.86	0.15	12.40	8.1
1.80	3.82	6.1	3.82	0.13	29.38	3.4
2.00	5.20	7.2	5.20	0.20	26.00	3.8
2.20	3.73	6.8	3.73	0.16	23.31	4.3
2.40	7.85	10.3	7.85	0.27	29.07	3.4
2.60	7.65	11.8	7.65	0.16	47.81	2.1
2.80	5.39	7.8	5.39	0.10	53.90	1.9
3.00	1.37	2.9	1.37	0.09	15.22	6.6
3.20	1.27	2.5	1.27	0.10	12.70	7.9
3.40	2.45	4.0	2.45	0.13	18.85	5.3
3.60	2.55	4.5	2.55	0.18	14.17	7.1
3.80	2.94	5.6	2.94	0.10	29.40	3.4
4.00	1.57	3.1	1.57	0.09	17.44	5.7
4.20	1.27	2.6	1.27	0.09	14.11	7.1
4.40	1.57	2.9	1.57	0.12	13.08	7.6
4.60	1.86	3.6	1.86	0.14	13.29	7.5
4.80	2.75	4.8	2.75	0.16	17.19	5.8
5.00	2.06	4.5	2.06	0.11	18.73	5.3
5.20	1.67	3.3	1.67	0.12	13.92	7.2
5.40	1.57	3.4	1.57	0.09	17.44	5.7
5.60	1.37	2.6	1.37	0.09	15.22	6.6
5.80	1.27	2.5	1.27	0.12	10.58	9.4

6.00	2.06	3.8	2.06	0.12	17.17	5.8
6.20	2.55	4.4	2.55	0.19	13.42	7.5
6.40	1.57	4.4	1.57	0.10	15.70	6.4
6.60	1.86	3.3	1.86	0.09	20.67	4.8
6.80	1.86	3.2	1.86	0.09	20.67	4.8
7.00	1.47	2.8	1.47	0.10	14.70	6.8
7.20	2.26	3.7	2.26	0.10	22.60	4.4
7.40	2.65	4.2	2.65	0.17	15.59	6.4
7.60	2.35	4.9	2.35	0.15	15.67	6.4
7.80	2.35	4.6	2.35	0.39	6.03	16.6
8.00	17.65	23.5	17.65	0.29	60.86	1.6
8.20	34.32	38.7	34.32	0.33	104.00	1.0
8.40	44.13	49.0	44.13	0.00		0.0

Prof. Strato (m)	qc Media (Mpa)	fs Media (Mpa)	Gamma Medio (KN/m ³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
1.60	1.45	0.10	19.3	Coesivo	Argille organiche e terreni misti
3.00	5.00	0.16	19.9	Incoerente-Coesivo	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
7.80	1.96	0.13	19.2	Coesivo	Argilla inorganica molto compatta
8.40	32.03	0.21	19.6	Incoerente	Sabbie addensate o cementate

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Cu (KPa)
Strato 1	1.60	1.45	0.10	15.4	15.4	Terzaghi	72.6
Strato 2	3.00	5.00	0.16	44.8	44.8	Terzaghi	250.1
Strato 3	7.80	1.96	0.13	104.8	104.8	Terzaghi	98.1

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Eed (Mpa)
Strato 1	1.60	1.45	0.10	15.4	15.4	Metodo generale del modulo Edometrico	4.7
Strato 2	3.00	5.00	0.16	44.8	44.8	Metodo generale del modulo Edometrico	10.0
Strato 3	7.80	1.96	0.13	104.8	104.8	Metodo generale del modulo Edometrico	4.1

Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Eu (Mpa)
Strato 1	1.60	1.45	0.10	15.4	15.4	Cancelli 1980	53.8
Strato 2	3.00	5.00	0.16	44.8	44.8	Cancelli 1980	185.8
Strato 3	7.80	1.96	0.13	104.8	104.8	Cancelli 1980	69.6

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Mpa)
Strato 1	1.60	1.45	0.10	15.4	15.4	Imai & Tomachi	14.2
Strato 2	3.00	5.00	0.16	44.8	44.8	Imai & Tomachi	30.3
Strato 3	7.80	1.96	0.13	104.8	104.8	Imai & Tomachi	17.1

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Ocr
Strato 1	1.60	1.45	0.10	15.4	15.4	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 2	3.00	5.00	0.16	44.8	44.8	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 3	7.80	1.96	0.13	104.8	104.8	Piacentini Righi 1978	8.71

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m ³)
Strato 1	1.60	1.45	0.10	15.4	15.4	Meyerhof	18.8
Strato 2	3.00	5.00	0.16	44.8	44.8	Meyerhof	20.9
Strato 3	7.80	1.96	0.13	104.8	104.8	Meyerhof	19.3

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	C	Crn
Strato 1	1.60	1.45	0.10	15.4	15.4	0.15695	0.0204
Strato 2	3.00	5.00	0.16	44.8	44.8	0.10521	0.01368
Strato 3	7.80	1.96	0.13	104.8	104.8	0.13355	0.01736

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m ³)
Strato 1	1.60	1.45	0.10	15.4	15.4	Meyerhof	19.6
Strato 2	3.00	5.00	0.16	44.8	44.8	Meyerhof	21.7
Strato 3	7.80	1.96	0.13	104.8	104.8	Meyerhof	20.0

Velocità onde di taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Vs (m/s)
Strato 1	1.60	1.45	0.10	15.4	15.4	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	173.87
Strato 2	3.00	5.00	0.16	44.8	44.8	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	257.83
Strato 3	7.80	1.96	0.13	104.8	104.8	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	249.22

TERRENI INCOERENT I
Densità relativa

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 2	3.00	5.00	0.16	44.8	44.8	Harman	67.7
Strato 4	8.40	32.03	0.21	156.8	156.8	Harman	100.0

Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 2	3.00	5.00	0.16	44.8	44.8	Schmertmann	37.4
Strato 4	8.40	32.03	0.21	156.8	156.8	Schmertmann	42.0

Modulo di Young

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato 2	3.00	5.00	0.16	44.8	44.8		0.0
Strato 4	8.40	32.03	0.21	156.8	156.8		0.0

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Modulo Edometrico (Mpa)
Strato 2	3.00	5.00	0.16	44.8	44.8	Buisman - Sanglerat	7.5
Strato 4	8.40	32.03	0.21	156.8	156.8	Buisman - Sanglerat	48.0

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	G (Mpa)
Strato 2	3.00	5.00	0.16	44.8	44.8	Imai & Tomauchi	30.3
Strato 4	8.40	32.03	0.21	156.8	156.8	Imai & Tomauchi	94.4

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Ocr
Strato 2	3.00	5.00	0.16	44.8	44.8	Larsson 1991 S.G.I.	1.2
Strato 4	8.40	32.03	0.21	156.8	156.8	Larsson 1991 S.G.I.	0.8

Modulo di reazione Ko

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Ko
Strato 2	3.00	5.00	0.16	44.8	44.8	Kulhawy & Mayne (1990)	0.65
Strato 4	8.40	32.03	0.21	156.8	156.8	Kulhawy & Mayne (1990)	0.96

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	C	Crn
Strato 2	3.00	5.00	0.16	44.8	44.8	0.10521	0.01368
Strato 4	8.40	32.03	0.21	156.8	156.8	0.05202	0.00676

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m³)
Strato 2	3.00	5.00	0.16	44.8	44.8	Meyerhof	17.7
Strato 4	8.40	32.03	0.21	156.8	156.8	Meyerhof	18.6

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m³)
Strato 2	3.00	5.00	0.16	44.8	44.8	Meyerhof	20.6
Strato 4	8.40	32.03	0.21	156.8	156.8	Meyerhof	21.6

Velocità onde di taglio.

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Vs (m/s)
Strato 2	3.00	5.00	0.16	44.8	44.8	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	297.83
Strato 4	8.40	32.03	0.21	156.8	156.8	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	554.80

Permeabilità

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	K (cm/s)
Strato 1	1.60	1.45	0.10	15.4	15.4	Piacentini-Righi 1988	1.00E-11
Strato 2	3.00	5.00	0.16	44.8	44.8	Piacentini-Righi 1988	1.75E-06
Strato 3	7.80	1.96	0.13	104.8	104.8	Piacentini-Righi 1988	1.00E-11
Strato 4	8.40	32.03	0.21	156.8	156.8	Piacentini-Righi 1988	1.00E-03

Coefficiente di consolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Coefficiente di consolidazione (cm ² /s)
Strato 1	1.60	1.45	0.10	15.4	15.4	Piacentini-Righi 1988	4.435765E-07
Strato 2	3.00	5.00	0.16	44.8	44.8	Piacentini-Righi 1988	0.2669239
Strato 3	7.80	1.96	0.13	104.8	104.8	Piacentini-Righi 1988	5.995931E-07
Strato 4	8.40	32.03	0.21	156.8	156.8	Piacentini-Righi 1988	0

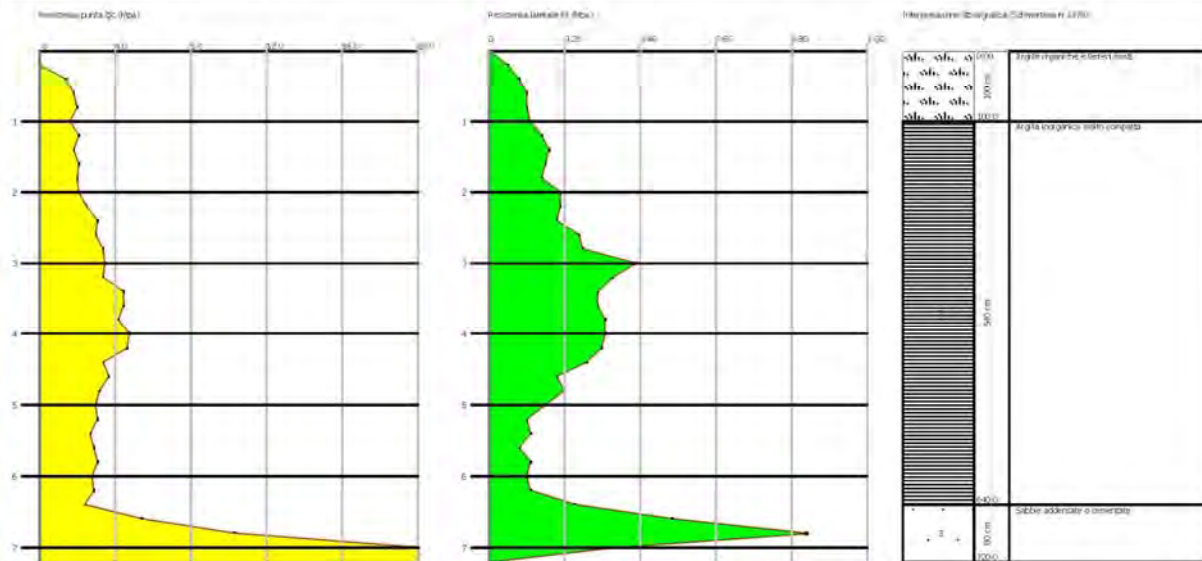
PROVA ... Nr.7

Committente: GOLD ART CERAMICA SPA
 Strumento utilizzato: PAGANI 100 kN
 Prova eseguita in data: 20/02/2020
 Profondità prova: 7.20 mt
 Località: PAVULLO NEL FRIGNANO

Probe CPT - Cone Penetration Nr.7
 Strumento utilizzato PAGANI 100 kN

Committente: GOLD ART CERAMICA SPA
 Cantiere: COMPLETAMENTO DEL COMPARTO PRODUTTIVO
 Località: PAVULLO NEL FRIGNANO

Data: 20/02/2020



Profondità (m)	Letture punta (Mpa)	Letture laterale (Mpa)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	0.00	0.0	0.00	0.05	0.00	
0.40	1.37	2.2	1.37	0.08	17.13	5.8
0.60	1.77	2.9	1.77	0.10	17.70	5.6
0.80	1.96	3.5	1.96	0.10	19.60	5.1
1.00	1.57	3.1	1.57	0.11	14.27	7.0
1.20	2.06	3.7	2.06	0.14	14.71	6.8
1.40	1.77	3.9	1.77	0.16	11.06	9.0
1.60	2.06	4.4	2.06	0.15	13.73	7.3
1.80	1.96	4.2	1.96	0.14	14.00	7.1
2.00	2.06	4.2	2.06	0.19	10.84	9.2
2.20	2.45	5.3	2.45	0.19	12.89	7.8
2.40	3.04	5.9	3.04	0.18	16.89	5.9
2.60	2.94	5.6	2.94	0.24	12.25	8.2
2.80	3.33	6.9	3.33	0.25	13.32	7.5
3.00	3.43	7.3	3.43	0.39	8.79	11.4
3.20	3.33	9.2	3.33	0.33	10.09	9.9
3.40	4.41	9.4	4.41	0.29	15.21	6.6
3.60	4.41	8.8	4.41	0.29	15.21	6.6
3.80	4.12	8.5	4.12	0.31	13.29	7.5
4.00	4.71	9.3	4.71	0.31	15.19	6.6
4.20	4.61	9.2	4.61	0.30	15.37	6.5
4.40	3.33	7.8	3.33	0.26	12.81	7.8
4.60	3.63	7.6	3.63	0.18	20.17	5.0
4.80	3.14	5.9	3.14	0.20	15.70	6.4
5.00	2.94	5.9	2.94	0.15	19.60	5.1
5.20	3.04	5.3	3.04	0.10	30.40	3.3
5.40	2.65	4.2	2.65	0.11	24.09	4.2
5.60	2.84	4.5	2.84	0.08	35.50	2.8
5.80	3.04	4.2	3.04	0.11	27.64	3.6
6.00	2.75	4.4	2.75	0.10	27.50	3.6
6.20	2.84	4.4	2.84	0.11	25.82	3.9
6.40	2.35	4.0	2.35	0.23	10.22	9.8

6.60	5.39	8.8	5.39	0.49	11.00	9.1
6.80	10.30	17.7	10.30	0.85	12.12	8.3
7.00	21.57	34.3	21.57	0.33	65.36	1.5
7.20	44.13	49.0	44.13	0.00		0.0

Prof. Strato (m)	qc Media (Mpa)	fs Media (Mpa)	Gamma Medio (KN/m ³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
1.00	1.33	0.09	19.3	Coesivo	Argille organiche e terreni misti
6.40	3.08	0.20	20.0	Coesivo	Argilla inorganica molto compatta
7.20	20.35	0.42	20.6	Incoerente	Sabbie addensate o cementate

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Cu (KPa)
Strato 1	1.00	1.33	0.09	9.7	9.7	Terzaghi	66.7
Strato 2	6.40	3.08	0.20	73.3	73.3	Terzaghi	154.0

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Eed (Mpa)
Strato 1	1.00	1.33	0.09	9.7	9.7	Metodo generale del modulo Edometrico	4.7
Strato 2	6.40	3.08	0.20	73.3	73.3	Metodo generale del modulo Edometrico	6.2

Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Eu (Mpa)
Strato 1	1.00	1.33	0.09	9.7	9.7	Cancelli 1980	49.5
Strato 2	6.40	3.08	0.20	73.3	73.3	Cancelli 1980	112.8

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Mpa)
Strato 1	1.00	1.33	0.09	9.7	9.7	Imai & Tomauchi	13.5
Strato 2	6.40	3.08	0.20	73.3	73.3	Imai & Tomauchi	22.6

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Ocr
Strato 1	1.00	1.33	0.09	9.7	9.7	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 2	6.40	3.08	0.20	73.3	73.3	Piacentini Righi 1978	>9

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m ³)
Strato 1	1.00	1.33	0.09	9.7	9.7	Meyerhof	18.7
Strato 2	6.40	3.08	0.20	73.3	73.3	Meyerhof	20.1

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	C	Crm
Strato 1	1.00	1.33	0.09	9.7	9.7	0.16507	0.02146
Strato 2	6.40	3.08	0.20	73.3	73.3	0.12	0.0156

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m³)
Strato 1	1.00	1.33	0.09	9.7	9.7	Meyerhof	19.5
Strato 2	6.40	3.08	0.20	73.3	73.3	Meyerhof	20.8

Velocità onde di taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Vs (m/s)
Strato 1	1.00	1.33	0.09	9.7	9.7	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	158.81
Strato 2	6.40	3.08	0.20	73.3	73.3	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	255.47

TERRENI INCOERENT I
Densità relativa

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 3	7.20	20.35	0.42	135.5	135.5	Harman	89.3

Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 3	7.20	20.35	0.42	135.5	135.5	Schmertmann	40.4

Modulo di Young

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato 3	7.20	20.35	0.42	135.5	135.5		0.0

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Modulo Edometrico (Mpa)
Strato 3	7.20	20.35	0.42	135.5	135.5	Buisman - Sanglerat	30.5

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	G (Mpa)
Strato 3	7.20	20.35	0.42	135.5	135.5	Imai & Tomauchi	71.5

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Ocr
Strato 3	7.20	20.35	0.42	135.5	135.5	Larsson 1991	1.0

S.G.I.

Modulo di reazione Ko

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Ko
Strato 3	7.20	20.35	0.42	135.5	135.5	Kulhawy & Mayne (1990)	0.79

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	C	Crn
Strato 3	7.20	20.35	0.42	135.5	135.5	0.12175	0.01583

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m ³)
Strato 3	7.20	20.35	0.42	135.5	135.5	Meyerhof	17.7

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m ³)
Strato 3	7.20	20.35	0.42	135.5	135.5	Meyerhof	20.6

Velocità onde di taglio.

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Vs (m/s)
Strato 3	7.20	20.35	0.42	135.5	135.5	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	486.20

Permeabilità

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	K (cm/s)
Strato 1	1.00	1.33	0.09	9.7	9.7	Piacentini-Righi 1988	1.00E-11
Strato 2	6.40	3.08	0.20	73.3	73.3	Piacentini-Righi 1988	1.00E-11
Strato 3	7.20	20.35	0.42	135.5	135.5	Piacentini-Righi 1988	1.50E-04

Coefficiente di consolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Coefficiente di consolidazione (cm ² /s)
Strato 1	1.00	1.33	0.09	9.7	9.7	Piacentini-Righi 1988	4.068667E-07
Strato 2	6.40	3.08	0.20	73.3	73.3	Piacentini-Righi 1988	9.422178E-07
Strato 3	7.20	20.35	0.42	135.5	135.5	Piacentini-Righi 1988	0

ALLEGATO 4

INDAGINI GEOGNOSTICHE DI TIPO
PENETROMETRICO AD INFISSIONE
DINAMICA

PROVA ... Nr.2

Strumento utilizzato... DMP 3020 PAGANI
 Prova eseguita in data 24/04/2018
 Profondità prova 5.10 mt
 Falda non rilevata
 Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0.10	1	0.857	0.32	0.37	15.87	18.52
0.20	1	0.855	0.32	0.37	15.83	18.52
0.30	1	0.853	0.32	0.37	15.79	18.52
0.40	2	0.851	0.63	0.74	31.52	37.05
0.50	3	0.849	0.94	1.11	47.17	55.57
0.60	3	0.847	0.94	1.11	47.07	55.57
0.70	3	0.845	0.94	1.11	46.96	55.57
0.80	3	0.843	0.94	1.11	46.86	55.57
0.90	2	0.842	0.59	0.71	29.68	35.27
1.00	3	0.840	0.89	1.06	44.43	52.90
1.10	2	0.838	0.59	0.71	29.56	35.27
1.20	3	0.836	0.88	1.06	44.24	52.90
1.30	2	0.835	0.59	0.71	29.43	35.27
1.40	3	0.833	0.88	1.06	44.06	52.90
1.50	5	0.831	1.47	1.76	73.29	88.17
1.60	5	0.830	1.46	1.76	73.14	88.17
1.70	6	0.828	1.75	2.12	87.60	105.81
1.80	6	0.826	1.75	2.12	87.43	105.81
1.90	6	0.825	1.67	2.02	83.27	100.96
2.00	8	0.823	2.22	2.69	110.82	134.62
2.10	7	0.822	1.94	2.36	96.78	117.79
2.20	6	0.820	1.66	2.02	82.80	100.96
2.30	7	0.819	1.93	2.36	96.43	117.79
2.40	9	0.817	2.48	3.03	123.75	151.45
2.50	9	0.816	2.47	3.03	123.53	151.45
2.60	8	0.814	2.19	2.69	109.61	134.62
2.70	8	0.813	2.19	2.69	109.42	134.62
2.80	10	0.811	2.73	3.37	136.54	168.27
2.90	13	0.760	3.18	4.18	158.99	209.18
3.00	10	0.809	2.60	3.22	130.12	160.91
3.10	10	0.807	2.60	3.22	129.91	160.91
3.20	14	0.756	3.41	4.51	170.31	225.28
3.30	10	0.805	2.59	3.22	129.48	160.91
3.40	13	0.753	3.15	4.18	157.60	209.18
3.50	13	0.752	3.15	4.18	157.33	209.18
3.60	12	0.801	3.09	3.86	154.64	193.09
3.70	14	0.750	3.38	4.51	168.87	225.28
3.80	16	0.748	3.85	5.15	192.69	257.46
3.90	10	0.797	2.46	3.08	122.90	154.17
4.00	9	0.796	2.21	2.77	110.45	138.75
4.10	9	0.795	2.21	2.77	110.28	138.75
4.20	18	0.744	4.13	5.55	206.37	277.50
4.30	22	0.693	4.70	6.78	234.89	339.16
4.40	26	0.691	5.54	8.02	277.15	400.83
4.50	19	0.740	4.34	5.86	216.85	292.91
4.60	21	0.689	4.46	6.47	223.14	323.75
4.70	29	0.688	6.15	8.94	307.66	447.08
4.80	60	0.587	10.86	18.50	543.07	924.99
4.90	68	0.586	11.79	20.12	589.66	1006.15
5.00	70	0.585	12.12	20.71	605.93	1035.74
5.10	100	0.584	17.28	29.59	864.11	1479.63

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (KN/m³)	Peso unità di volume saturo (KN/m³)	Tensione efficace (KPa)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
2.7	4.52	1.56	Coesivo	0	16.28	18.24	21.98	0.76	3.44	deposito di

										origine eolica
4.1	11.64	3.73	Coesivo	0	18.93	20.79	57.21	0.76	8.85	limo argilloso
5.1	43.3	13.06	Incoerente - coesivo	0	21.77	24.22	81.34	0.76	32.91	formazione delle argille a palombini

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (KPa)
Strato (1) deposito di origine eolica	3.44	0.00-2.70	Terzaghi-Peck	21.08
Strato (2) limo argilloso	8.85	2.70-4.10	Terzaghi-Peck	58.55
Strato (3) formazione delle argille a palombini	32.91	4.10-5.10	Terzaghi-Peck	217.81

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Mpa)
Strato (1) deposito di origine eolica	3.44	0.00-2.70	Robertson (1983)	0.67
Strato (2) limo argilloso	8.85	2.70-4.10	Robertson (1983)	1.74
Strato (3) formazione delle argille a palombini	32.91	4.10-5.10	Robertson (1983)	6.45

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Mpa)
Strato (1) deposito di origine eolica	3.44	0.00-2.70	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	3.62
Strato (2) limo argilloso	8.85	2.70-4.10	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	9.03
Strato (3) formazione delle argille a palombini	32.91	4.10-5.10	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	33.09

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Mpa)
Strato (1) deposito di origine eolica	3.44	0.00-2.70	Apollonia	3.37
Strato (2) limo argilloso	8.85	2.70-4.10	Apollonia	8.68
Strato (3) formazione delle argille a palombini	32.91	4.10-5.10	Apollonia	32.27

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (1) deposito di origine eolica	3.44	0.00-2.70	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
Strato (2) limo argilloso	8.85	2.70-4.10	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
Strato (3) formazione delle argille a palombini	32.91	4.10-5.10	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m ³)
Strato (1) deposito di origine eolica	3.44	0.00-2.70	Meyerhof	16.28
Strato (2)	8.85	2.70-4.10	Meyerhof	18.93

limo argilloso Strato (3) formazione delle argille a palombini	32.91	4.10-5.10	Meyerhof	21.77
---	-------	-----------	----------	-------

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m ³)
Strato (1) deposito di origine eolica	3.44	0.00-2.70	Meyerhof	18.24
Strato (2) limo argilloso	8.85	2.70-4.10	Meyerhof	20.79
Strato (3) formazione delle argille a palombini	32.91	4.10-5.10	Meyerhof	24.22

Velocità onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) deposito di origine eolica	3.44	0.00-2.70	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	89.76
Strato (2) limo argilloso	8.85	2.70-4.10	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	126.33
Strato (3) formazione delle argille a palombini	32.91	4.10-5.10	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	168.09

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (3) formazione delle argille a palombini	32.91	4.10-5.10	32.91	Meyerhof 1957	97.41

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (3) formazione delle argille a palombini	32.91	4.10-5.10	32.91	Sowers (1961)	37.21

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato (3) formazione delle argille a palombini	32.91	4.10-5.10	32.91	Bowles (1982) Sabbia Media	23.49

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Mpa)
Strato (3) formazione delle argille a palombini	32.91	4.10-5.10	32.91	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	9.32

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (3) formazione delle argille a palombini	32.91	4.10-5.10	32.91	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m ³)
Strato (3) formazione delle argille a palombini	32.91	4.10-5.10	32.91	Meyerhof et al.	21.18

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m ³)
Strato (3) formazione delle argille a palombini	32.91	4.10-5.10	32.91	Terzaghi-Peck 1948-1967	20.20

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (3) formazione delle argille a palombini	32.91	4.10-5.10	32.91	(A.G.I.)	0.29

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Mpa)
Strato (3) formazione delle argille a palombini	32.91	4.10-5.10	32.91	Ohsaki (Sabbie pulite)	170.11

Velocità onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (3) formazione delle argille a palombini	32.91	4.10-5.10	32.91	Ohta & Goto (1978) Limi	168.09

Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_h / \sigma_v$

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	K_0
Strato (3) formazione delle argille a palombini	32.91	4.10-5.10	32.91	Navfac 1971-1982	6.00

Q_c (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Q_c (Mpa)
Strato (3) formazione delle argille a palombini	32.91	4.10-5.10	32.91	Robertson 1983	6.45

PROVA ... Nr.4

Strumento utilizzato... DMP 3020 PAGANI
 Prova eseguita in data 24/04/2018
 Profondità prova 12.70 mt
 Falda rilevata
 Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0.10	13	0.807	3.88	4.82	194.22	240.79
0.20	8	0.855	2.53	2.96	126.64	148.18
0.30	5	0.853	1.58	1.85	78.97	92.61
0.40	4	0.851	1.26	1.48	63.03	74.09
0.50	4	0.849	1.26	1.48	62.89	74.09
0.60	4	0.847	1.26	1.48	62.75	74.09
0.70	4	0.845	1.25	1.48	62.62	74.09
0.80	4	0.843	1.25	1.48	62.48	74.09
0.90	4	0.842	1.19	1.41	59.36	70.54
1.00	4	0.840	1.18	1.41	59.23	70.54
1.10	3	0.838	0.89	1.06	44.33	52.90
1.20	4	0.836	1.18	1.41	58.99	70.54
1.30	4	0.835	1.18	1.41	58.87	70.54
1.40	4	0.833	1.17	1.41	58.75	70.54
1.50	4	0.831	1.17	1.41	58.63	70.54
1.60	5	0.830	1.46	1.76	73.14	88.17
1.70	5	0.828	1.46	1.76	73.00	88.17
1.80	5	0.826	1.46	1.76	72.86	88.17
1.90	7	0.825	1.94	2.36	97.15	117.79
2.00	6	0.823	1.66	2.02	83.11	100.96
2.10	11	0.822	3.04	3.70	152.09	185.10
2.20	9	0.820	2.48	3.03	124.21	151.45
2.30	8	0.819	2.20	2.69	110.20	134.62
2.40	11	0.817	3.03	3.70	151.25	185.10
2.50	9	0.816	2.47	3.03	123.53	151.45
2.60	10	0.814	2.74	3.37	137.02	168.27
2.70	9	0.813	2.46	3.03	123.10	151.45
2.80	9	0.811	2.46	3.03	122.89	151.45
2.90	8	0.810	2.09	2.57	104.28	128.73
3.00	8	0.809	2.08	2.57	104.10	128.73
3.10	8	0.807	2.08	2.57	103.93	128.73
3.20	10	0.806	2.59	3.22	129.69	160.91
3.30	13	0.755	3.16	4.18	157.87	209.18
3.40	10	0.803	2.59	3.22	129.28	160.91
3.50	10	0.802	2.58	3.22	129.07	160.91
3.60	13	0.751	3.14	4.18	157.07	209.18
3.70	15	0.750	3.62	4.83	180.94	241.37
3.80	11	0.798	2.83	3.54	141.32	177.00
3.90	12	0.797	2.95	3.70	147.48	185.00
4.00	14	0.746	3.22	4.32	161.02	215.83
4.10	14	0.745	3.22	4.32	160.76	215.83
4.20	15	0.744	3.44	4.62	171.98	231.25
4.30	14	0.743	3.21	4.32	160.27	215.83
4.40	21	0.691	4.48	6.47	223.85	323.75
4.50	16	0.740	3.65	4.93	182.61	246.67
4.60	20	0.739	4.56	6.17	227.93	308.33
4.70	17	0.738	3.87	5.24	193.46	262.08
4.80	18	0.737	4.09	5.55	204.54	277.50
4.90	27	0.686	5.48	7.99	274.08	399.50
5.00	21	0.685	4.26	6.21	212.85	310.72
5.10	22	0.684	4.45	6.51	222.66	325.52
5.20	17	0.733	3.69	5.03	184.38	251.54
5.30	13	0.732	2.82	3.85	140.80	192.35
5.40	9	0.781	2.08	2.66	104.01	133.17
5.50	12	0.780	2.77	3.55	138.51	177.56
5.60	10	0.779	2.31	2.96	115.28	147.96
5.70	9	0.778	2.07	2.66	103.63	133.17

5.80	13	0.727	2.80	3.85	139.89	192.35
5.90	7	0.776	1.55	1.99	77.30	99.57
6.00	8	0.775	1.76	2.28	88.24	113.79
6.10	8	0.775	1.76	2.28	88.14	113.79
6.20	7	0.774	1.54	1.99	77.04	99.57
6.30	8	0.773	1.76	2.28	87.95	113.79
6.40	10	0.772	2.20	2.84	109.81	142.24
6.50	10	0.771	2.19	2.84	109.69	142.24
6.60	11	0.770	2.41	3.13	120.53	156.46
6.70	7	0.770	1.53	1.99	76.62	99.57
6.80	11	0.769	2.41	3.13	120.28	156.46
6.90	11	0.768	2.31	3.01	115.68	150.64
7.00	9	0.767	1.89	2.46	94.55	123.25
7.10	10	0.766	2.10	2.74	104.95	136.94
7.20	11	0.766	2.31	3.01	115.33	150.64
7.30	11	0.765	2.30	3.01	115.22	150.64
7.40	7	0.764	1.47	1.92	73.25	95.86
7.50	10	0.763	2.09	2.74	104.55	136.94
7.60	9	0.763	1.88	2.46	94.00	123.25
7.70	12	0.762	2.50	3.29	125.22	164.33
7.80	9	0.761	1.88	2.46	93.83	123.25
7.90	16	0.711	3.00	4.22	150.11	211.24
8.00	17	0.710	3.19	4.49	159.34	224.45
8.10	19	0.709	3.56	5.02	177.91	250.85
8.20	16	0.709	2.99	4.22	149.68	211.24
8.30	9	0.758	1.80	2.38	90.06	118.82
8.40	8	0.757	1.60	2.11	79.98	105.62
8.50	7	0.757	1.40	1.85	69.92	92.42
8.60	8	0.756	1.60	2.11	79.85	105.62
8.70	14	0.705	2.61	3.70	130.37	184.84
8.80	18	0.705	3.35	4.75	167.47	237.65
8.90	16	0.704	2.87	4.08	143.58	203.92
9.00	9	0.753	1.73	2.29	86.43	114.71
9.10	14	0.703	2.51	3.57	125.42	178.43
9.20	15	0.702	2.69	3.82	134.26	191.18
9.30	14	0.702	2.50	3.57	125.20	178.43
9.40	20	0.701	3.57	5.10	178.71	254.90
9.50	15	0.701	2.68	3.82	133.92	191.18
9.60	10	0.750	1.91	2.55	95.58	127.45
9.70	10	0.749	1.91	2.55	95.51	127.45
9.80	15	0.699	2.67	3.82	133.60	191.18
9.90	18	0.698	3.10	4.43	154.82	221.73
10.00	11	0.748	2.03	2.71	101.31	135.50
10.10	8	0.747	1.47	1.97	73.63	98.55
10.20	11	0.747	2.02	2.71	101.16	135.50
10.30	10	0.746	1.84	2.46	91.90	123.18
10.40	17	0.696	2.91	4.19	145.65	209.41
10.50	14	0.695	2.40	3.45	119.85	172.45
10.60	9	0.744	1.65	2.22	82.53	110.86
10.70	18	0.694	3.08	4.43	153.86	221.73
10.80	12	0.743	2.20	2.96	109.89	147.82
10.90	27	0.643	4.14	6.44	206.88	321.81
11.00	24	0.642	3.67	5.72	183.74	286.05
11.10	15	0.692	2.47	3.58	123.69	178.78
11.20	14	0.691	2.31	3.34	115.35	166.87
11.30	16	0.691	2.63	3.81	131.74	190.70
11.40	22	0.640	3.36	5.24	167.89	262.22
11.50	15	0.690	2.47	3.58	123.32	178.78
11.60	9	0.739	1.59	2.15	79.30	107.27
11.70	19	0.689	3.12	4.53	155.97	226.46
11.80	39	0.538	5.00	9.30	250.19	464.84
11.90	41	0.538	5.09	9.47	254.52	473.34
12.00	15	0.687	2.38	3.46	119.01	173.17
12.10	28	0.637	4.12	6.47	205.82	323.25
12.20	20	0.686	3.17	4.62	158.44	230.90
12.30	13	0.686	2.06	3.00	102.91	150.08
12.40	15	0.685	2.37	3.46	118.65	173.17
12.50	16	0.685	2.53	3.69	126.47	184.72
12.60	20	0.684	3.16	4.62	157.97	230.90
12.70	100	0.534	12.32	23.09	616.08	1154.48

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (KN/m ³)	Peso unità di volume saturo (KN/m ³)	Tensione efficace (KPa)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
1.8	4.89	1.77	Coesivo	0	16.48	18.34	14.83	0.76	3.72	terreni di origine eolica
4.3	10.56	3.42	Coesivo	0	18.63	18.73	52.95	0.76	8.03	limo argilloso
7.8	12.31	3.59	Coesivo	0	19.12	20.99	109.7	0.76	9.36	Limo Argilloso
12.7	17.67	4.31	Incoerente - coesivo	0	20.01	21.97	180.02	0.76	13.43	formazione stratificata delle arenarie di Scabiazza

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.4

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (KPa)
Strato (1) terreni di origine eolica	3.72	0.00-1.80	Terzaghi-Peck	22.85
Strato (2) limo argilloso	8.03	1.80-4.30	Terzaghi-Peck	53.15
Strato (3) Limo Argilloso	9.36	4.30-7.80	Terzaghi-Peck	61.98
Strato (4) formazione stratificata delle arenarie di Scabiazza	13.43	7.80-12.70	Terzaghi-Peck	88.95

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Mpa)
Strato (1) terreni di origine eolica	3.72	0.00-1.80	Robertson (1983)	0.73
Strato (2) limo argilloso	8.03	1.80-4.30	Robertson (1983)	1.57
Strato (3) Limo Argilloso	9.36	4.30-7.80	Robertson (1983)	1.84
Strato (4) formazione stratificata delle arenarie di Scabiazza	13.43	7.80-12.70	Robertson (1983)	2.63

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Mpa)
Strato (1) terreni di origine eolica	3.72	0.00-1.80	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	3.90
Strato (2) limo argilloso	8.03	1.80-4.30	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	8.21
Strato (3) Limo Argilloso	9.36	4.30-7.80	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	9.54
Strato (4) formazione stratificata delle arenarie di Scabiazza	13.43	7.80-12.70	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	13.61

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Mpa)
Strato (1) terreni di origine eolica	3.72	0.00-1.80	Apollonia	3.65
Strato (2) limo argilloso	8.03	1.80-4.30	Apollonia	7.87
Strato (3) Limo Argilloso	9.36	4.30-7.80	Apollonia	9.18
Strato (4) formazione stratificata delle arenarie di Scabiazza	13.43	7.80-12.70	Apollonia	13.17

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (1) terreni di origine eolica	3.72	0.00-1.80	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
Strato (2) limo argilloso	8.03	1.80-4.30	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
Strato (3) Limo Argilloso	9.36	4.30-7.80	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
Strato (4) formazione stratificata delle arenarie di Scabiazza	13.43	7.80-12.70	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m ³)
Strato (1) terreni di origine eolica	3.72	0.00-1.80	Meyerhof	16.48
Strato (2) limo argilloso	8.03	1.80-4.30	Meyerhof	18.63
Strato (3) Limo Argilloso	9.36	4.30-7.80	Meyerhof	19.12
Strato (4) formazione stratificata delle arenarie di Scabiazza	13.43	7.80-12.70	Meyerhof	20.01

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m ³)
Strato (1) terreni di origine eolica	3.72	0.00-1.80	Meyerhof	18.34
Strato (2) limo argilloso	8.03	1.80-4.30	Meyerhof	18.73
Strato (3) Limo Argilloso	9.36	4.30-7.80	Meyerhof	20.99
Strato (4) formazione stratificata delle arenarie di Scabiazza	13.43	7.80-12.70	Meyerhof	21.97

Velocità onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) terreni di origine eolica	3.72	0.00-1.80	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	84.14
Strato (2) limo argilloso	8.03	1.80-4.30	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	121.65
Strato (3) Limo Argilloso	9.36	4.30-7.80	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	142.57
Strato (4) formazione stratificata delle arenarie di Scabiazza	13.43	7.80-12.70	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	168.02

TERRENI INCOERENT I
Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (4) formazione stratificata delle arenarie di Scabiazza	13.43	7.80-12.70	13.43	Meyerhof 1957	48.33

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (4) formazione stratificata delle arenarie di	13.43	7.80-12.70	13.43	Sowers (1961)	31.76

Scabiazza					
-----------	--	--	--	--	--

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato (4) formazione stratificata delle arenarie di Scabiazza	13.43	7.80-12.70	13.43	Bowles (1982) Sabbia Media	13.94

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Mpa)
Strato (4) formazione stratificata delle arenarie di Scabiazza	13.43	7.80-12.70	13.43	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	5.40

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (4) formazione stratificata delle arenarie di Scabiazza	13.43	7.80-12.70	13.43	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m³)
Strato (4) formazione stratificata delle arenarie di Scabiazza	13.43	7.80-12.70	13.43	Meyerhof et al.	18.04

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m³)
Strato (4) formazione stratificata delle arenarie di Scabiazza	13.43	7.80-12.70	13.43	Terzaghi-Peck 1948-1967	19.02

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (4) formazione stratificata delle arenarie di Scabiazza	13.43	7.80-12.70	13.43	(A.G.I.)	0.33

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Mpa)
Strato (4) formazione stratificata delle arenarie di Scabiazza	13.43	7.80-12.70	13.43	Ohsaki (Sabbie pulite)	73.25

Velocità onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (4) formazione stratificata delle arenarie di Scabiazza	13.43	7.80-12.70	13.43	Ohta & Goto (1978) Limi	168.02

Liquefazione

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Fs liquefazione
Strato (4)	13.43	7.80-12.70	13.43	Seed e Idriss (1971)	--

formazione stratificata delle arenarie di Scabiazza					
---	--	--	--	--	--

Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_H / \sigma_V$

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	K_0
Strato (4) formazione stratificata delle arenarie di Scabiazza	13.43	7.80-12.70	13.43	Navfac 1971-1982	2.81

 Q_c (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Q_c (Mpa)
Strato (4) formazione stratificata delle arenarie di Scabiazza	13.43	7.80-12.70	13.43	Robertson 1983	2.63

Spett.le
GEO-XPert ITALIA SRL
Via di Mezzo, 90
41058 Vignola (MO)
Email: info@geo-xpert.com
Fax +39 059 779111

c.a. Dott. Geol. Giorgio Masotti

OGGETTO: COMUNICAZIONI INIZIO LAVORI OPERE DI PROGETTO

Vs. riferimento – **Pratica nr. 4128**

Siamo con la presente a comunicarVi che in data ____/____/____ è previsto l'inizio dei lavori di scavo per l'esecuzione delle opere di progetto e pertanto siamo con la presente la presente a richiederVi il sopralluogo tecnico finalizzato alla verifica in sito delle considerazioni geotecniche redatte nella Vs. relazione datata 20/04/2020.

Si riportano di seguito i Ns. recapiti telefonici per eventuali accordo in merito al sopralluogo:

Sig. _____

Telefono _____

Telefono Cellulare _____

Sig. _____

Telefono _____

Telefono Cellulare _____

Sig. _____

Telefono _____

Telefono Cellulare _____