



OGGETTO

**MIGLIORAMENTO SISMICO SCUOLA BAROZZI – VIA
LIBERTA' – UNITA' STRUTTURALE N.2 – LOTTI 1 e 3**



02

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

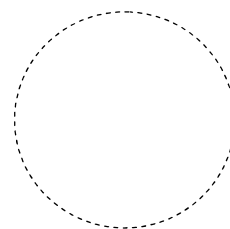
art. 34 del D.P.R. 5 ottobre 2010, n. 207

Il Progettista e D.L.:

Ing. Ernesto Pagano

*Ordine degli Ingegneri di Modena n.3155
Area Tecnica dell'Unione Terre di Castelli*

Timbro e Firma:



REVISIONE: N. 1

DATA DI EMISSIONE: 10/12/2019

PROPRIETA'

AMMINISTRAZIONE COMUNALE DI VIGNOLA
Via Bellucci, 1
41058 VIGNOLA (MO)

TIPOLOGIA DELL'INTERVENTO

STUDIO GEOLOGICO E SISMICO RELATIVO AGLI INTERVENTI DI "MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA J. BAROZZI ALA DI VIA LIBERTA'".

OGGETTO DELL'ELABORATO**RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA****LOCALIZZAZIONE**

STATO	ITALIA
REGIONE	EMILIA ROMAGNA
PROVINCIA	MODENA
COMUNE	VIGNOLA
INDIRIZZO	VIA LIBERTA'

CODIFICA GENERALE ELABORATO

CODICE INTERNO	VERSIONE	DATA	AREA DI PROGETTAZIONE	TIPO DI DOCUMENTO	NUMERAZIONE ELABORATO
4054	1	20/07/2019	A	REL	1

LA DITTA ESECUTRICE DELLE INDAGINI IN SITO

GEO-XPert ITALIA SRL
Via di Mezzo, 90 – 41058 VIGNOLA (MO) - ITALY
PIVA 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 DEL FABBRICATO OGGETTO DI INTERVENTI	11
5	INQUADRAMENTO TETTONICO - GEOLOGICO E GEOLITOLOGICO	11
5.1	INQUADRAMENTO STRUTTURALE	11
5.2	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOLITOLOGICO	12
5.3	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO-IDROLOGICO	16
5.4	IDROLOGIA	17
6	ASPETTI SISMICI DEL TERRITORIO DI VIGNOLA	18
6.1	PERICOLOSITA' SISMICA	18
6.2	ZONAZIONE SISMOGENETICA	18
7	NORMATIVE DI RIFERIMENTO RELATIVE AGLI ASPETTI SISMICI	19
7.1	ORDINANZA P.C.M. 3274/2003	19
7.2	ORDINANZA P.C.M. 3519/2006	20
7.3	DELIBERA DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA N. 112/2007	22
7.4	NTC 2018 - AGGIORNAMENTO DELLE NORME TECNICHE SULLE COSTRUZIONI	23
7.4.1	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO DA NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI (RIF. 3.2.2 NTC 2018)	23
8	VINCOLI E ZONIZZAZIONE DI TUTELA SULLA BASE DEL P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA	24
9	MICROZONAZIONE SISMICA DEL COMUNE DI VIGNOLA	34
10	VARIANTE LA PIANO STRUTTURALE COMUNALE DI VIGNOLA	40
11	INDAGINI GEOTECNICHE E GEOFISICHE	41
11.1	PROVE PENETROMETRICHE AD INFISSIONE DINAMICA PDM	41
11.2	PROVE PENETROMETRICHE AD INFISSIONE DINAMICA SCPT (anno 2008)	47
11.3	INDAGINE SISMICA PASSIVA - HVSR	48
11.4	INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE – TECNICA M.A.S.W.	51
11.5	ELABORAZIONE ONDE SISMICHE – Vs – METODO M.A.S.W.	52
12	AZIONE SISMICA DA NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI (NTC 2018)	58
12.1	VITA NOMINALE DELL'OPERA	58
12.2	PARAMETRI SISMICI APPROCCIO SEMPLIFICATO – NTC 2018	59
13	CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA E SISMICA MEDIANTE L'APPROCCIO SEMPLIFICATO (NTC 2018)	62
14	CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA MEDIANTE STUDIO DI RISPOSTA SISMICA LOCALE CON IL III° LIVELLO DI APPROFONDIMENTO	62
14.1	DATI DI INPUT SISMICO	65
15	CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA	75
16	CONCLUSIONI	79

INDICE DELLE FIGURE

FIGURA 1:	ESTRATTO DI CARTA TOPOGRAFICA R.E.R. NR. 220SO DENOMINATA "VIGNOLA" - SCALA 1:25.000	6
FIGURA 2:	ESTRATTO DI CARTA TECNICA REGIONALE N. 220094 "VIGNOLA EST" - SCALA 1:5.000	8
FIGURA 3:	ESTRATTO DI ORTOFOTO SATELLITARE DELL'AREA – SCALA 1:2.000	9
FIGURA 4:	ESTRATTO DI MAPPA CATASTALE DEL COMUNE DI VIGNOLA – SCALA 1:2.000	10
FIGURA 5:	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFIA DEL FABBRICATO ATTUALMENTE ESISTENTE SULL'AREA	11
FIGURA 6:	SCHEMA TETTONICO DELLA PIANURA PADANA ESTRATTO DALLE NOTE ILLUSTRATIVE DELLA CARTA SISMOTETTONICA DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA	12
FIGURA 7:	ESTRATTO DI CARTA GEOLOGICA DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA CON COPERTURE QUATERNARIE	14
FIGURA 8:	ESTRATTO DI CARTA GEOLOGICA DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA CON ESCLUSIONE DELLE COPERTURE QUATERNARIE	15
FIGURA 9:	SCHEMA STRATIGRAFICO DEL MARGINE APPENNINICO DELLA PIANURA EMILIANO-ROMAGNOLA (DA PUBBLICAZIONE ARPAE)	16

FIGURA 10: SEZIONE GEOLOGICA DEL FIUME PANARO (DA PUBBLICAZIONE ARPAE)	16
FIGURA 11: ANDAMENTO DELLA PIEZOMETRIA (M.S.L.M.) E SOGGIACENZA (M. DA P.C.) - MEDIA ANNO 2015 (DA PUBBLICAZIONE ARPAE)	17
FIGURA 12: ESTRATTO DI CARTA SISMO-TETTONICA (R.E.R. 2017)	18
FIGURA 13: ZONIZZAZIONE SISMOGENETICA ZS9	19
FIGURA 14: MAPPA DELLA RICLASSIFICAZIONE SISMICA DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA – ORDINANZA DEL PCM N. 3247/2003 - – AGGIORNAMENTO LUGLIO 2018	20
FIGURA 15: CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA ESPRESSA IN ACCELERAZIONE ORIZZONTALE DI PICCO PGA CON TEMPO DI RITORNO 475 ANNI	21
FIGURA 16: MAPPA DELLE MASSIME INTENSITA' MACROSISMICHE OSSERVATE NEI COMUNI ITALIANI - PARTICOLARE DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA	21
FIGURA 17: SPETTRO DI RISPOSTA NORMALIZZATO (TR=475 ANNI, SMORZAMENTO 5%) E VALORI DI DEFINIZIONE PREVISTI DALLA REGIONE EMILIA ROMAGNA	22
FIGURA 18: ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 1.1 – TUTELA DELLE RISORSE PAESISTICHE E STORICO-CULTURALI	25
FIGURA 19: ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 1.2– TUTELA DELLE RISORSE NATURALI, FORESTALI E DELLA BIODIVERSITÀ DEL TERRITORIO	26
FIGURA 20: ESTRATTO DI P.T.C.P. PROVINCIA DI MODENA TAV. 2.2 RISCHIO SISMICO: CARTA DELLE AREE SUSCETTIBILI DI EFFETTI LOCALI	27
FIGURA 21: ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 2.3– RISCHIO IDRAULICO: CARTA DELLA PERICOLOSITA' E DELLA CRITICITA' IDRAULICA	28
FIGURA 22: ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 3.1 – RISCHIO INQUINAMENTO ACQUE: VULNERABILITA' ALL'INQUINAMENTO DELL'ACQUIFERO PRINCIPALE	29
FIGURA 23: ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 3.2– RISCHIO INQUINAMENTO ACQUE: ZONE DI PROTEZIONE DELLE ACQUE SUPERFICIALI E SOTTERRANEE DESTINATE AL CONSUMO UMANO	30
FIGURA 24: 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	31
FIGURA 25: ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 6 – CARTA FORESTALE E DELLE ATTIVITA' ESTRATTIVE – SCALA 1:5.000	32
FIGURA 26: ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 7 – UNITA' DEL PAESAGGIO	33
FIGURA 27: ESTRATTO STUDIO DI CARTA GEOLOGICO TECNICA ALLEGATA ALLO STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL COMUNE DI VIGNOLA	35
FIGURA 28: ESTRATTO DELLA CARTA I LIVELLO DI APPROFONDIMENTO – MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA DEL COMUNE DI VIGNOLA	36
FIGURA 29: ESTRATTO DELLA CARTA II LIVELLO DI APPROFONDIMENTO ALLEGATA ALLO STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL COMUNE DI VIGNOLA – FA – PGA	37
FIGURA 30: ESTRATTO DELLA CARTA II LIVELLO DI APPROFONDIMENTO – FA – IS (0.1 – 0.5 S) ALLEGATA ALLO STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL COMUNE DI VIGNOLA	38
FIGURA 31: ESTRATTO DELLA CARTA II LIVELLO DI APPROFONDIMENTO – FA – IS (0.5 – 1.0 S) ALLEGATA ALLO STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL COMUNE DI VIGNOLA	39
FIGURA 32: ESTRATTO DI TAVOLA DEL QUADRO CONOSCITIVO ALLEGATO AL PIANO STRUTTURALE COMUNALE (PSC) DEL COMUNE DI VIGNOLA - TAVOLA QC03.5C-VIGNOLA - CARTA COMUNALE DELLE AREE SUSCETTIBILI DI EFFETTI LOCALI	40
FIGURA 33: UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE	41
FIGURA 34: SCHEMA DEL SISTEMA DI ACQUISIZIONE	51
FIGURA 35: PARAMETRI DI ELABORAZIONE ED ANDAMENTO DELL'ANALISI SPETTRALE	52
FIGURA 36: ANDAMENTO DELLE TRACCE RILEVATE DURANTE L'ACQUISIZIONE	53
FIGURA 37: TABELLA RIPORTANTE I VALORI DELLA CURVA DI DISPERSIONE	54
FIGURA 38: ANDAMENTO DELLA CURVA DI DISPERSIONE	54
FIGURA 39: ANDAMENTO DELLA CURVA OTTENUTA CON IL PROCESSO DI INVERSIONE	55
FIGURA 40: ANDAMENTO DELLA FUNZIONE DI TRASFERIMENTO E DISADATTAMENTO	55
FIGURA 41: ANDAMENTO IN PROFONDITA' DELLA VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO	56
FIGURA 42: TABELLA DELLA VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO E CARATTERISTICHE DEGLI STRATI IN PROFONDITA'	56
FIGURA 43: TABELLA VITA NOMINALE DELL'OPERA (DA N.T.C. 2018)	58
FIGURA 44: TABELLA CLASSI D'USO DELLE COSTRUZIONI (DA N.T.C. 2018)	58
FIGURA 45: TABELLA COEFFICIENTI D'USO (DA N.T.C. 2018)	58
FIGURA 46: PUNTI DELLA GRIGLIA UTILIZZATI PER IL CALCOLO DEI VALORI DEI PARAMETRI	59
FIGURA 47: GRAFICO DI DISAGGREGAZIONE E TABELLE DI CORRELAZIONE MAGNITUDO/DISTANZA	63
FIGURA 48: MODELLO STRATIGRAFICO CON TRACCE DI SEZIONE	75
FIGURA 49: SEZIONI STRATIGRAFICHE	76

1 PREMESSA

Per incarico ricevuto dalla **Amministrazione Comunale di Vignola** mediante Determinazione nr. 335 del 28/06/2019 del Servizio Patrimonio e Progettazione e in accordo con il tecnico incaricato per gli interventi di progetto si è proceduto alla stesura della presente relazione geologica e sismica relativa ad un'area sita in **Comune di Vignola (MO) – Via Libertà** ove sono previsti lavori di **MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA J. BAROZZI ALA DI VIA LIBERTA'.**

Le indagini in sito sono state effettuate dalla ditta GEO-XPert ITALIA Srl con sede in Vignola ((MO) – Via di Mezzo, 90, mentre gli aspetti professionali sono stati approfonditi dal Dott. Giorgio Masotti regolarmente iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione Emilia-Romagna al nr. 588 – Sezione "A".

In sito sono state effettuate le sotto riportate indagini:

- esecuzione di nr. 5 indagini geognostiche di tipo penetrometrico ad infissione dinamica
- esecuzione di nr. 1 rilievo sismico passivo tecnica HVSR
- esecuzione di un rilievo sismico attivo a rifrazione con tecnica MASW

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 Ministeriale del 17.01.2018

Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni (G.U. 20.02.2018 – S.O. n. 42);

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 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 **Vignola (MO)**, ove è presente un fabbricato a destinazione scolastica denominato Scuola J. Barozzi.

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

Cartografia Regionale:

- **Carta Topografica n. 220-SO denominata "VIGNOLA" – scala 1:25.000**
- **Sezione n. 220090 denominata "VIGNOLA EST" – scala 1:10.000**
- **Elementi n. 220094 denominato "VIGNOLA EST" – scala 1:5.000**

Cartografia Catastale:

- **Foglio** 25
- **Particella** 350

Figura 1: ESTRATTO DI CARTA TOPOGRAFICA R.E.R. NR. 220SO DENOMINATA "VIGNOLA" - SCALA 1:25.000

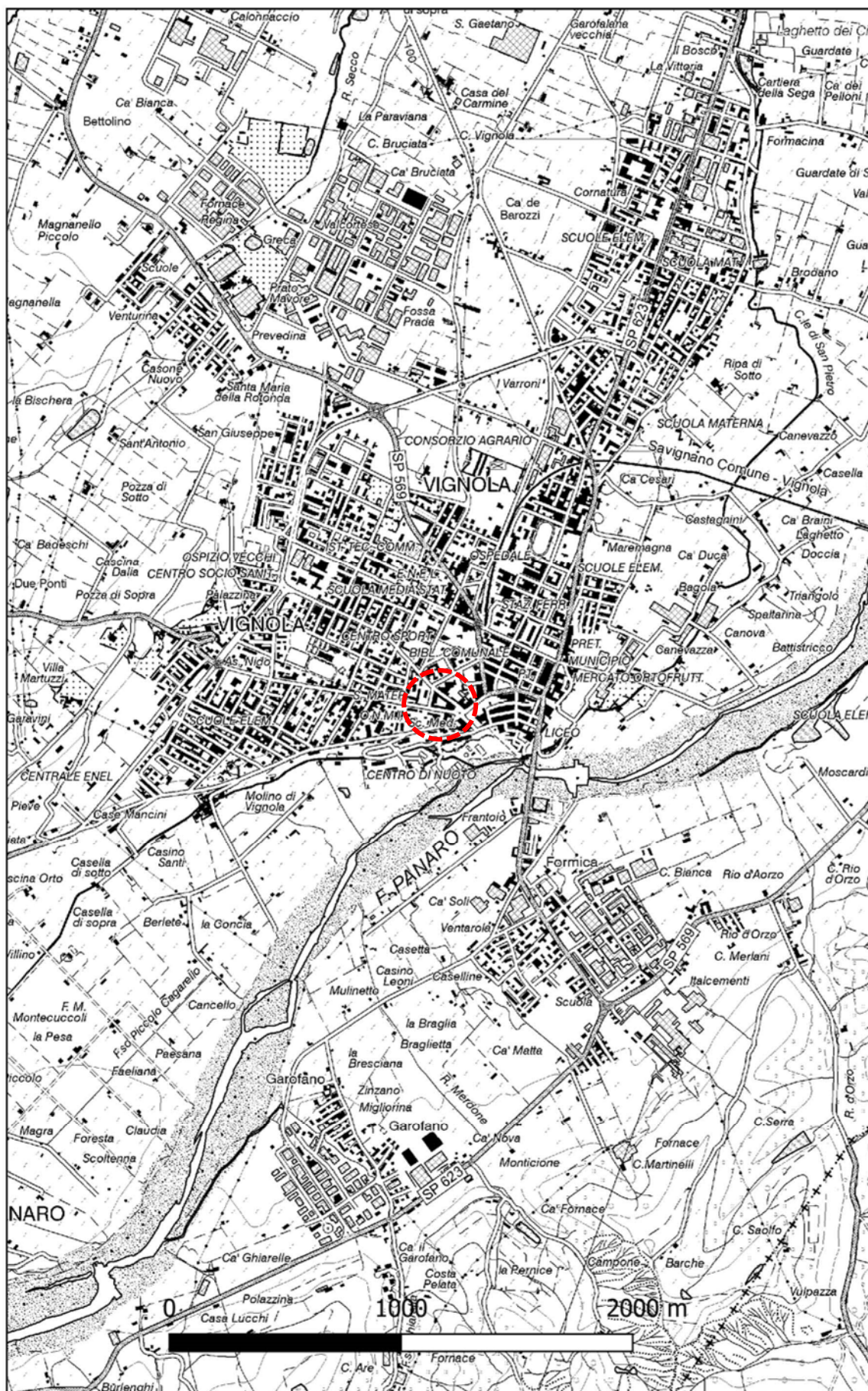


Figura 2: ESTRATTO DI CARTA TECNICA REGIONALE N. 220094 "VIGNOLA EST" - SCALA 1:5.000

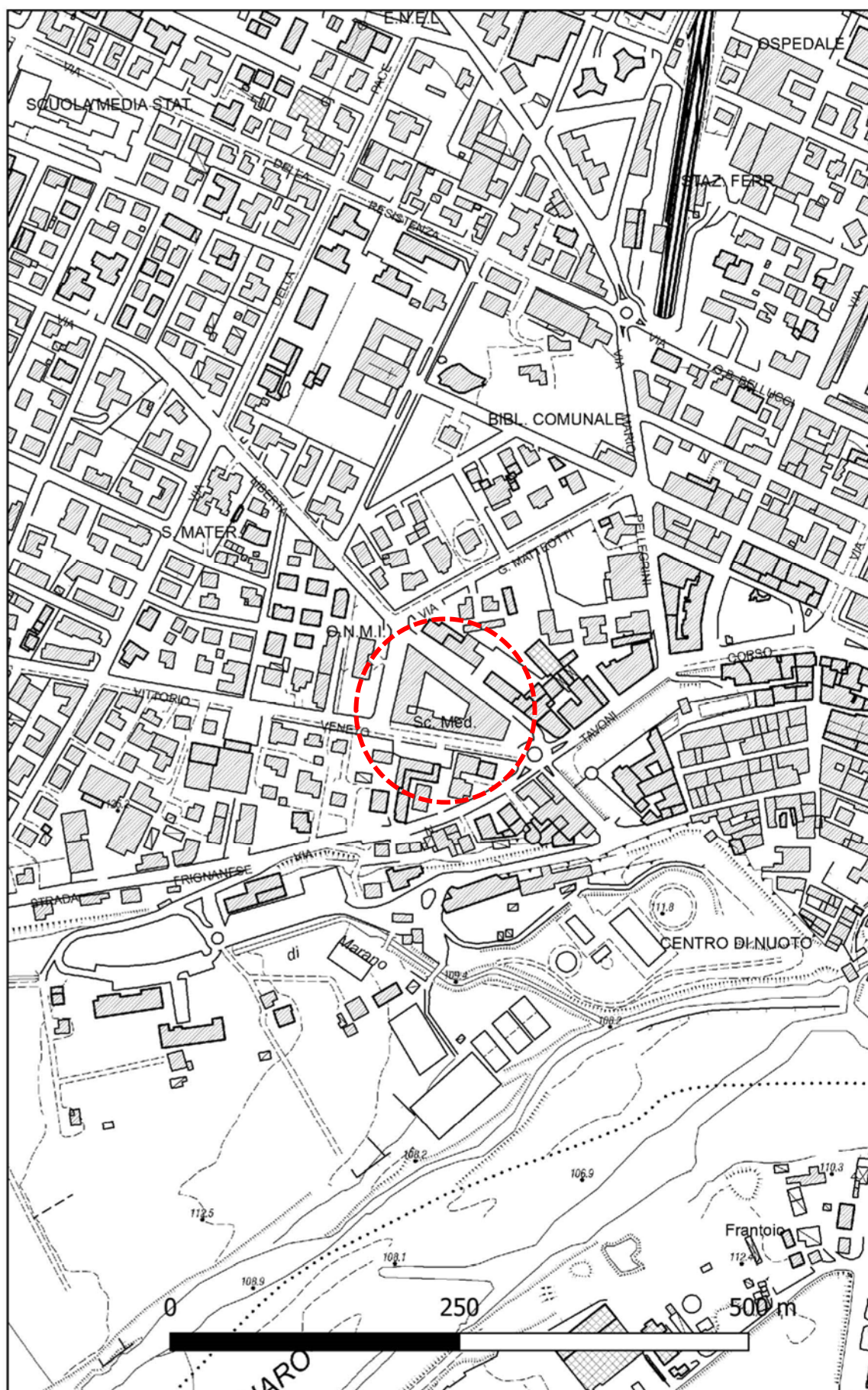
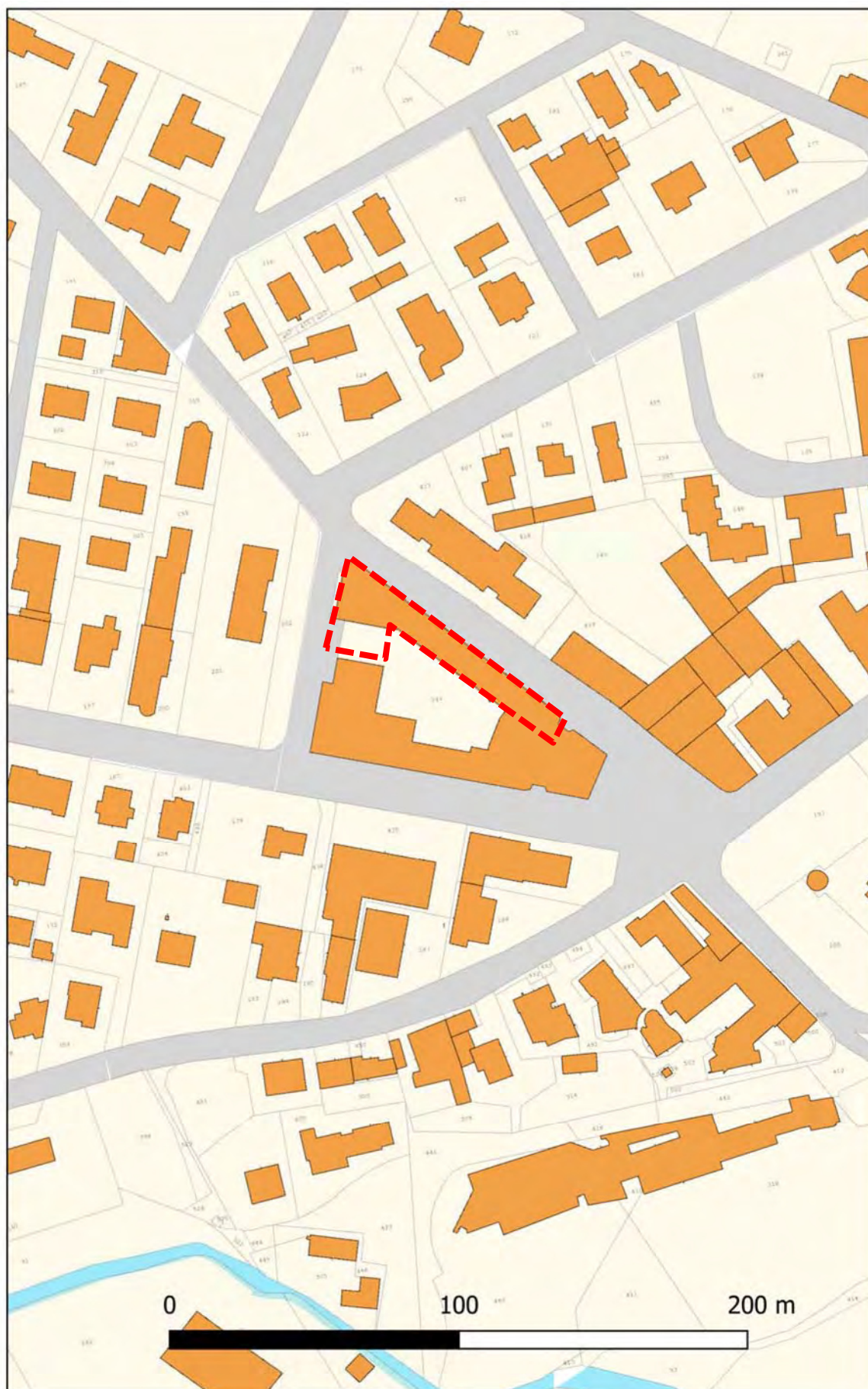


Figura 3: ESTRATTO DI ORTOFOTO SATELLITARE DELL'AREA – SCALA 1:2.000



Figura 4: ESTRATTO DI MAPPA CATASTALE DEL COMUNE DI VIGNOLA – SCALA 1:2.000



4 CARATTERISTICHE DEL FABBRICATO OGGETTO DI INTERVENTI

La presente relazione è stata redatta dallo scrivente con riferimento ai lavori previsti relativi al miglioramento sismico della Scuola J. Barozzi in Vignola (MO) – Ala di Via Libertà.

Il fabbricato scolastico presenta in pianta una forma riconducibile alla lettera “V” con vertice orientato in direzione est.

Figura 5: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFIA DEL FABBRICATO ATTUALMENTE ESISTENTE SULL’AREA



5 INQUADRAMENTO TETTONICO - GEOLOGICO E GEOLITOLOGICO

5.1 INQUADRAMENTO STRUTTURALE

Il sito in oggetto di studio si colloca nel settore centro-orientale della Pianura Padana ove è presente bacino d'avanzfossa di rilevante superficie areale con caratteristiche di subsidenza, compreso tra la catena appenninica a sud e quella alpina a nord che. L'evoluzione dell'area inizia nell'era Terziaria, con graduale accumulo dei sedimenti derivanti dallo smantellamento delle catene alpina e appenninica in sollevamento. Nell'ambito del bacino, i terreni databili all'era olocenica sono di origine alluvionale e sono geometricamente soprastanti alle formazioni Pleistoceniche continentali e/o marine. Dal punto di vista strutturale l'area è stata definita con un alto livello di dettaglio mediante esplorazioni geognostiche e geofisiche profonde effettuate per la ricerca idrica e petrolifera.

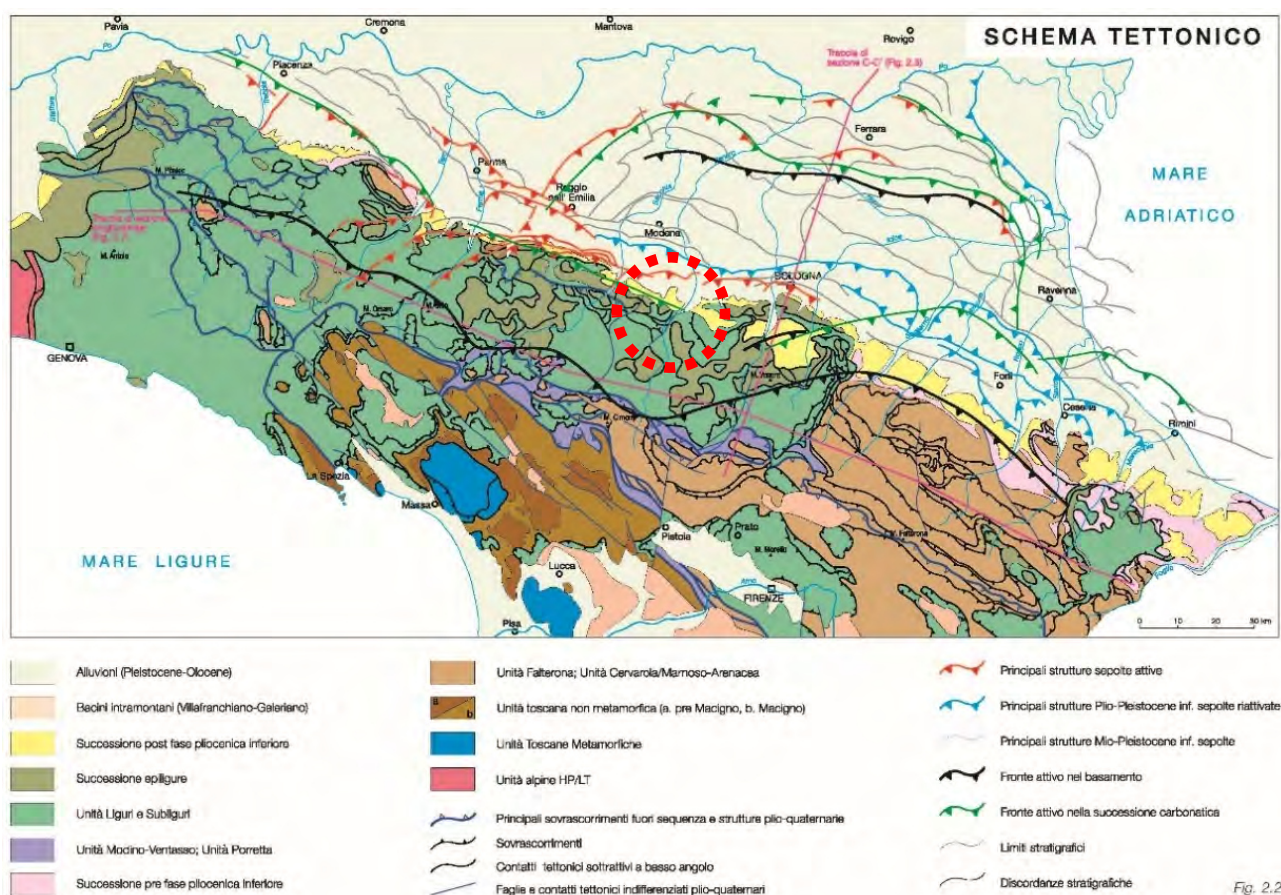
Da tali studi si è constatato che la Pianura Padana non costituisce una unità omogenea in quanto nel sottosuolo sono presenti strutture sepolte appartenenti alle pieghe e falde si sovrascorrimiento più esterne dell'Appennino settentrionale e delle Alpi meridionali lombarde, l'avampaese comune alle due catene e, nel Veneto, l'avampaese delle Alpi meridionali orientali e della catena dinarica; su questi elementi è impostata l'avanfossa pliocenico-quadernaria dell'Appennino.

Per quanto concerne il territorio di interesse, in Figura 6 si riporta un estratto dello Schema tettonico della Pianura padana, che in evidenza la presenza di un ampio bacino sedimentario, fortemente subsidente ed attivo sin dal Plio-Pleistocenico, che si estende tra Carpi e Cento di Ferrara, denominato "Bacino di Carpi-Cento" oppure come "Sinclinale di Bologna-Bomporto-Reggio Emilia".

Tale bacino, è caratterizzato una copertura plio-quadernaria avente uno spessore massimo pari a 8 km ma che in corrispondenza del Comune di Carpi presenta uno spessore di circa 3,5 km. in quanto si colloca tra due elementi tettonici costituenti archi e pieghe a largo raggio correlabili al movimento di rotazione antioraria della catena appenninica. Il comune di Carpi si colloca in posizione intermedia tra le pieghe del Margine pedeappenninico poste a sud e la Dorsale Ferrarese posta a nord, quest'ultima completamente sepolta e che in alcune zone di "alto strutturale" si rinviene a modesta profondità (80/90 m) con conseguente diminuzione di spessore dei terreni di copertura di età pliocenica e quadernaria.

La continua evoluzione di tali strutture geologiche genera un'attività sismica che è testimoniata sia su base storica, che da episodi più recenti (eventi sismici maggio 2012).

Figura 6: SCHEMA TETTONICO DELLA PIANURA PADANA ESTRATTO DALLE NOTE ILLUSTRATIVE DELLA CARTA SISMOTETTONICA DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA



5.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOLITOLOGICO

Il ritiro delle acque dal bacino Padano è avvenuto da Ovest verso Est e dai margini delle catene verso l'asse della pianura (Gasperi e Pellegrini, 1984) si è verificato con movimenti alterni che hanno determinato situazioni sedimentarie con alternanze di depositi marini e/o di transizione e di episodi di deposizione continentale (Colombetti e altri, 1975). Il riempimento del bacino marino, fino alle condizioni di continentalità, avviene attraverso eventi tettonico-sedimentari separati nel tempo da periodi di forte subsidenza bacinale.

Questo andamento è testimoniato da superfici di discontinuità stratigrafica le quali indicano diverse fasi ed affiorano sul margine appenninico. Nell'area oggetto di studio sono presenti litologie deposizionali di tipo sedimentario che hanno avuto inizio in era pleistocenica caratterizzato dal riempimento del Bacino Padano e che in età media pleistocenica a causa del sollevamento tettonico si verificano episodi deposizionali di origine continentale in quanto il sollevamento della catena appenninica con il suo rapido smantellamento e modellamento delle catene montuose danno luogo a sedimenti fluviali e fluvioglaciali. La fase deposizionale precedentemente descritta è denominata Supersistema Emiliano Romagnolo.

La zona oggetto di studio si colloca nella fascia di alta pianura modenese, in un settore deposizionalmente influenzato sia dai fenomeni deposizionali alluvionali del Torrente Guero che durante le fasi di esondazione ha depositato sedimenti a granulometria variabile da grossolana a fine con variabilità laterale molto elevata relativamente allo spessore dei sedimenti.

Sottostanti alle formazioni quaternarie sono presenti le formazioni geologiche di ambiente deposizionale marino costituite dalla formazione delle argille azzurre la cui profondità tende ad aumentare proseguendo verso la bassa pianura.

La caratterizzazione geologica dell'area oggetto di studio è stata desunta sia dal rilievo geologico effettuato sia dalla bibliografia esistente in materia costituita da:

- Carta geologica del margine appenninico tra i fiumi Secchia e Panaro
- Carta geologica d'Italia foglio nr. 87 "Bologna"
- Carta geologica del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna

Con riferimento alla carta geologica edita dalla Regione Emilia-Romagna, nell'area in esame affiorano depositi appartenenti alle sotto riportate formazioni e coperture quaternarie:

Coperture Quaternarie

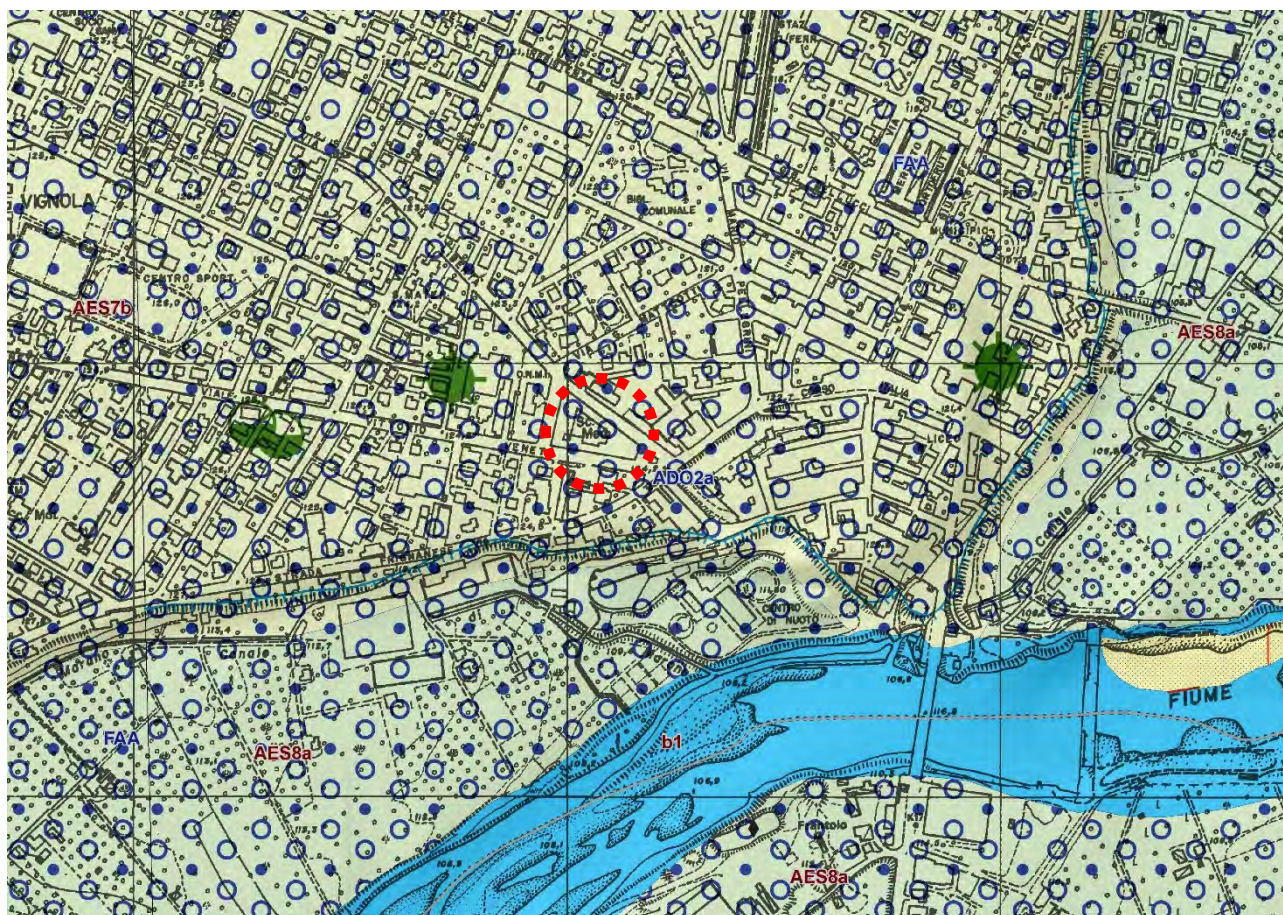
AES7b – Unità di Vignola: Ghiaie e ghiaie sabbiose, passanti a sabbie e limi organizzate in numerosi ordini di terrazzi alluvionali. Limi prevalenti nelle fasce pedecollinari di interconoide. A tetto suoli a basso grado di alterazione con fronte di alterazione potente fino a 150 cm e parziale decarbonatazione; orizzonti superficiali di colore giallo-bruno. Contengono frequenti reperti archeologici di età del Bronzo, del Ferro e Romana. Potenza fino a oltre 25 m. Età Olocene (età radiometrica della base: 11.000 - 8.000 anni).

Unità Geologiche

ADO2a - Formazione di Monte Adone - membro delle Ganzole -litofacies pelitica-arenaceo: Areniti fini e subordinate peliti sabbiose bioturbate in strati da medi a molto spessi; geometria tabulare, cuneiforme e concava. La comparsa di livelli pelitici oltre a rendere più marcata ed evidente la stratificazione, permette di cartografare una litofacies pelitico-arenacea (ADO2a) di transizione verso le sovrastanti FAA. Localmente distinta una litofacies arenaceo-conglomeratica (ADO2c). Talora presenti livelli di peliti grigio scure. Macrofossili concentrati in letti. Potenza massima di circa 650m.

Con riferimento alla carta geologica edita dalla Regione Emilia-Romagna, nell'area in esame affiorano depositi appartenenti alle sotto riportate formazioni e coperture quaternarie:

Figura 7: ESTRATTO DI CARTA GEOLOGICA DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA CON COPERTURE QUATERNARIE



Legenda

Province



Comuni



Griglia 10.000



Prove puntuali

- pozzo per acqua
- prova dinamica generica

Prove geomorf./antrop. (10K)



orlo di terrazzo fluviale

Punti di osservaz. e misura (10K)



stratificazione dritta

Ambienti deposiz. e litologie (10K)



Ghiaia Sabbiosa - Piana alluvionale

Coperture quaternarie (10K)



AES7b - Unità di Vignola



AES8a - Unità di Modena



b1 - Deposito alluvionale in evoluzione

Limiti di unità geologiche (10K)



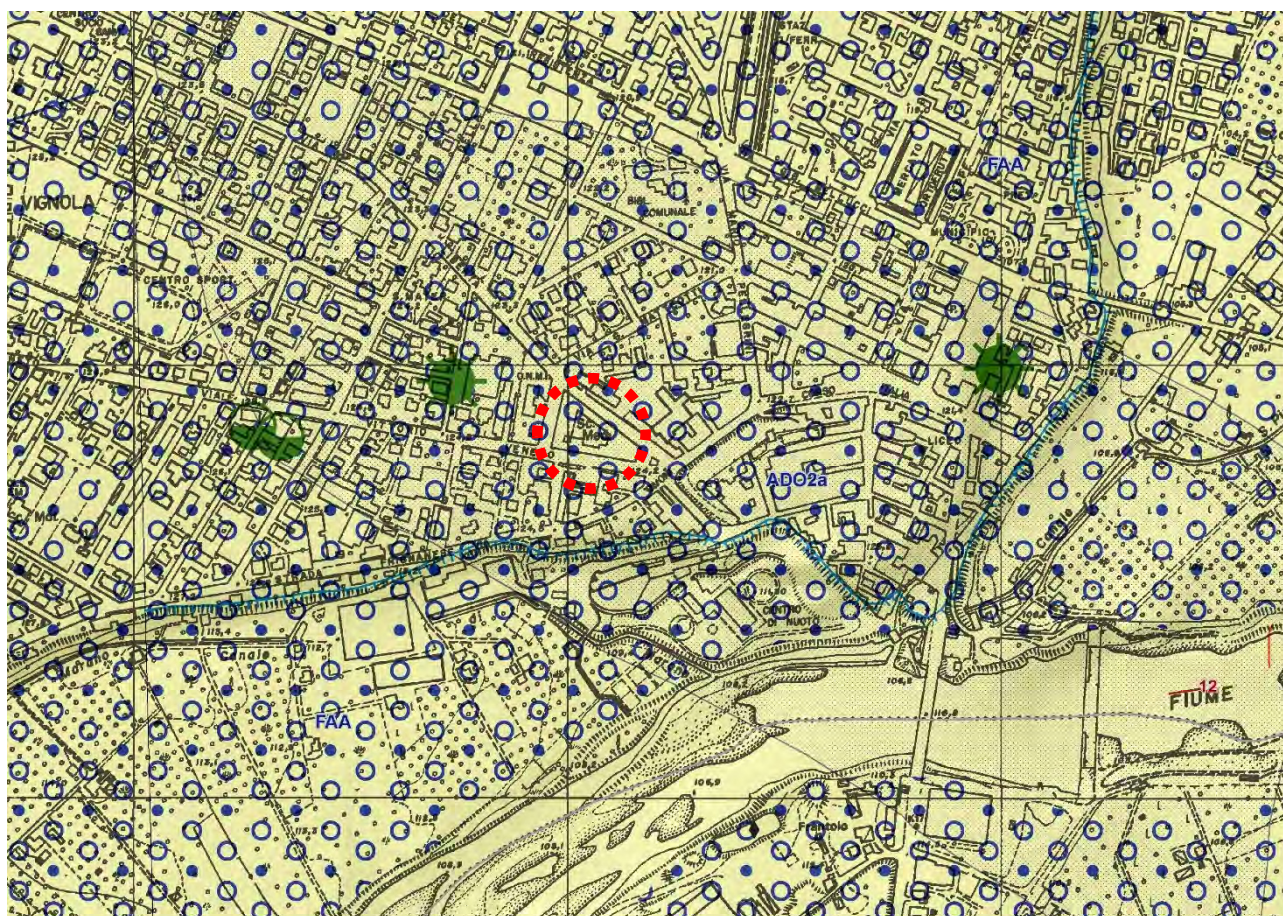
limite di natura incerta

Unità geologiche (10K)

ADO2a - Formazione di Monte Adone
- membro delle Ganzole - litofacies pelitica-arenaceo

FAA - Argille Azzurre

Figura 8: ESTRATTO DI CARTA GEOLOGICA DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA CON ESCLUSIONE DELLE COPERTURE QUATERNARIE



Legenda

Province



Comuni



Griglia 10.000



Prove puntuali

• pozzo per acqua

• prova dinamica generica

ee geomorf./antrop. (10K)

orlo di terrazzo fluviale

Punti di osservaz. e misura (10K)



stratificazione dritta

Ambienti deposiz. e litologie (10K)

Ghiaia Sabbiosa - Piana alluvionale

Limiti di unità geologiche (10K)

—limite di natura incerta

Unità geologiche (10K)

ADO2a - Formazione di Monte Adone

- membro delle Ganzole -litofacies pelittica-arenaceo

FAA - Argille Azzurre

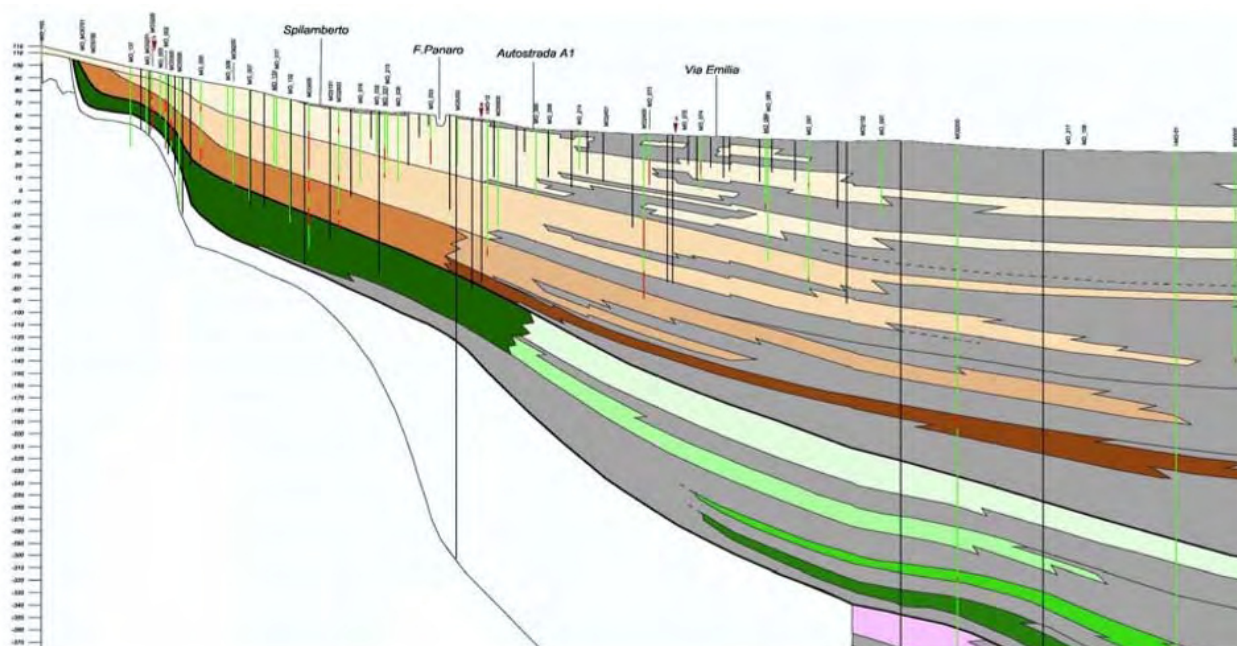
5.3 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO-IDROLOGICO

Lo studio geologico del sottosuolo della pianura emiliano romagnola effettuato dal Servizio Geologico della Regione Emilia Romagna in collaborazione con l'AGIP, ha portato alla realizzazione del volume "Riserve Idriche Sotterranee della Regione Emilia Romagna" (RER & ENI AGIP 1998) con definizione dello schema stratigrafico nel quale sono definite le unità idrostratigrafiche denominate Gruppi Acquiferi Principali A, B, C che sono sede degli acquiferi di possibile utilizzo che a loro volta sono stati suddivisi in 13 unità idrostratigrafiche inferiori denominate complessi acquiferi.

Figura 9: SCHEMA STRATIGRAFICO DEL MARGINE APPENNINICO DELLA PIANURA EMILIANO-ROMAGNOLA (DA PUBBLICAZIONE ARPAE)

PRINCIPALI UNITA' STRATIGRAFICHE					ETA' (milioni di anni)	SCALA CROOSTRATIGRAFICA (milioni di anni)	UNITA' IDROSTRATIGRAFICHE				
AFFRIANTI			SEPOLTE				GRUPPO ACQUIFERO	COMPLESSO ACQUIFERO			
QUATERNARIO CONTINENTALE	TERRE ROSSE DILUVIALI, ALLUVIUM, TERRAZZI E ALLUVIONI	DILUVIUM p.p.	FORMAZIONE FLUVIO - LACUSTRE	UNITA' DI CA DI SOLA	SUPERSTESMA EMILIANO-ROMAGNOLA SUPERIORE	SISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLA SUPERIORE			UNITA' DI BORGO PANIGALE	A	A0
							GRIZZONTE DI FORSOLO	A1			
								SISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLA INFERIORE			A2
											A3
QUATERNARIO MARINO	MILAZZANO SABBIE DI CASTELVETRO p.p.	SUPERSTESMA DEL QUATERNARIO MARINO	SISTEMA QUATERNARIO MARINO 3	UNITA' ALLUVIONALE INFERIORE	SISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLA INFERIORE	SISTEMA QUATERNARIO MARINO 3	UNITA' ALLUVIONALE INFERIORE	B	A4		
	SABBIE GIALLE DI IMOLA p.p.								B1		
	MILAZZANO e CALABRIANO p.p.								B2		
	SABBIE DI CASTELVETRO p.p.								B3		
	SABBIE GIALLE DI IMOLA p.p.								B4		
	CALABRIANO p.p.								C1		
	SABBIE DI MONTERICCO								C2		
	FORMAZIONE DI TERRA DEI SOLE p.p.								C3		
P2	CALABRIANO p.p.	SUPERSTESMA DEL QUATERNARIO MARINO	SISTEMA QUATERNARIO MARINO 2	UNITA' ALLUVIONALE INFERIORE	SISTEMA QUATERNARIO MARINO 1	SISTEMA QUATERNARIO MARINO 2	UNITA' ALLUVIONALE INFERIORE	C	C4		
	FORMAZIONE DI CASTELL'ARQUATO p.p.								C5		
	FORMAZIONE DI CASTELL'ARQUATO p.p.										
ALLUVIONI / QUATERNARIO MARINO E SABBIE DI ASTI					PLIOCENE MEDIO SUPERIORE	3.55					
					PLIOCENE MEDIO SUPERIORE	3.9					
					ACQUEDOTTO BASALE						

Figura 10: SEZIONE GEOLOGICA DEL FIUME PANARO (DA PUBBLICAZIONE ARPAE)

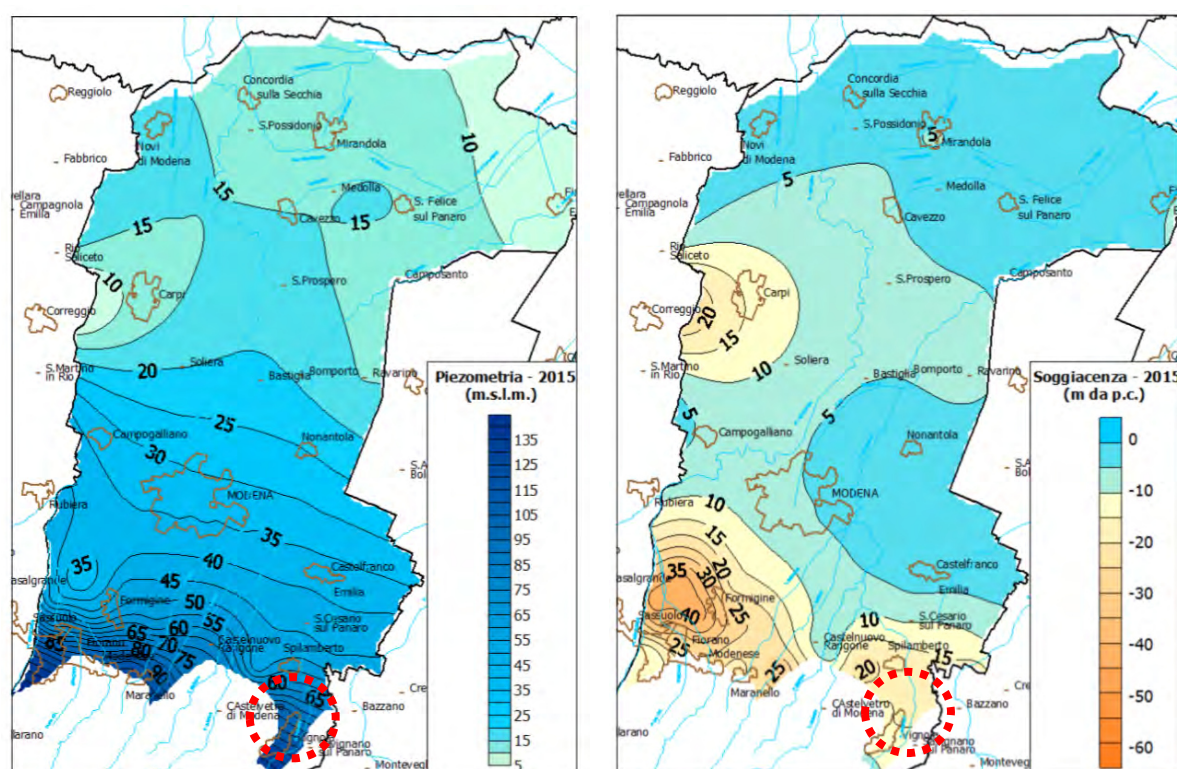


I gruppi acquiferi principali (Gruppo acquifero "A", Gruppo acquifero "B" e Gruppo acquifero "C"), coincidenti con i depositi grossolani afferenti alle più recenti sequenze deposizionali a prevalente carattere continentale del Quaternario, le quali risultano poggianti in discordanza (ed in profondità nell'asse della pianura) sulle sequenze più antiche del Pliocene superiore. I gruppi acquiferi sono sede

di importanti falde idriche che risultano interconnesse e di tipo freatico nella fascia delle conoidi appenniniche, mentre divengono in pressione (confinante) e relativamente compartimentalizzate spostandosi dal margine pedecollinare verso l'asse della pianura. In quest'ultimo ambito i tre gruppi sono suddivisi da barriere di permeabilità, ad estensione regionale. Il gruppo acquifero "A" rappresenta l'unità idrostratigrafica più prossima alla superficie. Esso risulta sub-affiorante nei settori meridionali del territorio comunale di Castelfranco (zona di Piumazzo, confine comunale di Valsamoggia), immergendosi verso sud al di sotto di depositi fini limoso-argillosi. I depositi ad elevata trasmissività, in questa zona, direttamente connessi alla deposizione di ghiaie e sabbie da parte della conoide del Fiume Panaro la quale si interdigita con quella del T. Samoggia situata a est. Lo spessore di questi depositi è variabile da 20-40 mt nelle zone più prossime alla fascia pedecollinare sino ad oltre 70-80 m a nord del capoluogo.

Il livello statico si attesta, nella zona studiata, a circa 80 mt. s.l.m. con una soggiacenza che risulta pari a circa 30 m dal piano campagna, che esclude la possibilità di una interferenza diretta con gli edifici in progetto.

Figura 11: ANDAMENTO DELLA PIEZOMETRIA (M.S.L.M.) E SOGGIACENZA (M. DA P.C.) - MEDIA ANNO 2015 (DA PUBBLICAZIONE ARPAE)



Oltre ai complessi idrogeologici regionali, possono essere menzionati gli acquiferi minori che in questo settore della pianura possono coincidere con falde sospese, vale a dire depositi relativamente permeabili quali locali lenti di sabbia in connessione con aree di ricarica ma isolate da barriere di permeabilità sia orizzontali che verticali.

5.4 IDROLOGIA

L'idrografia dell'area è piuttosto complessa definendo oltre al Fiume Panaro, il cui alveo scorre ad est dell'area oggetto d'intervento, la presenza di fossi minori, più o meno interconnessi, i cui percorsi sono il prodotto di modificazioni sia artificiali che naturali, a diversa funzionalità, utilizzati a scopo o puramente irriguo, o esclusivamente di scolo, o ad uso promiscuo, per i quali si menziona il Rio Secco e il Torrente Guerro e quest'ultimo confluisce in Panaro in località San Damaso.

Il Fiume Panaro che costituisce l'asta idrograficamente più importante nella zona, è l'elemento di maggiore criticità morfologicamente presenta un alveo a canale tipo braided con una larghezza piuttosto ampia con canalizzazioni intrecciate da barre longitudinali. In concomitanza con la brusca diminuzione del gradiente topografico presente poco a sud di Castelfranco l'alveo si restringe notevolmente assumendo la configurazione di canale meandrizzato e pensile, con imponenti arginature realizzate per impedirne la

divagazione. La piana in questo settore è caratterizzata dalle strutture morfologiche rialzate, che coincidono sia con le aree golenali e le arginature del fiume, sia con i paleodossi originati dalla dinamica fluviale medio-olocenica.

L'analisi della distribuzione altimetrica delle zone interessate dall'alveo del Fiume Panaro è possibile determinare con sufficiente approssimazione le aree che risultano a rischio di esondazione in coincidenza con episodi di rotta fluviale, determinati da eventi di piena eccezionale.

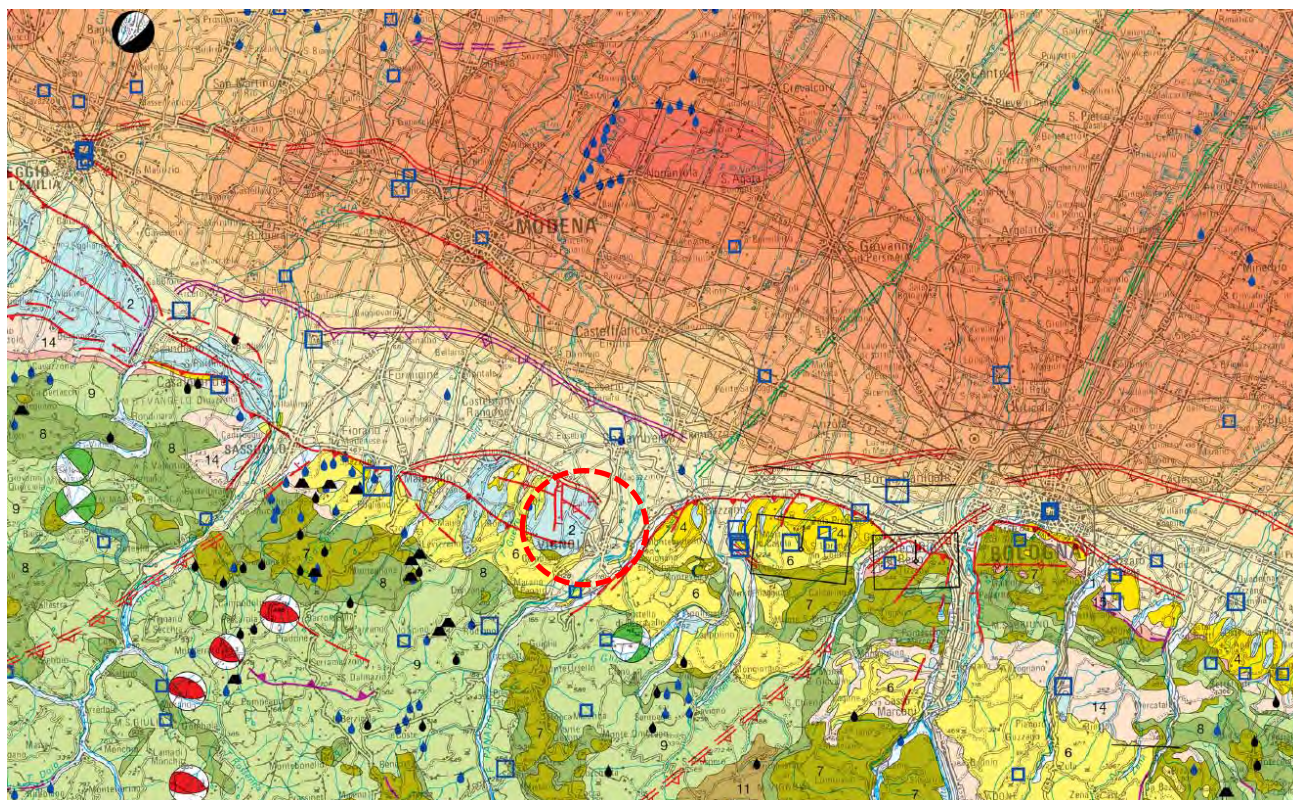
Da questi studi è stata estrapolata la carta del rischio idraulico la quale evidenzia che l'area indagata si trova al di fuori della zona di probabile inondazione a seguito di evento di piena con un tempo di ritorno pari a 200 anni.

6 ASPETTI SISMICI DEL TERRITORIO DI VIGNOLA

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 **Vignola** si colloca geograficamente nella zona di raccordo delle formazioni alluvionali con il margine appenninico con presenza di strutture sepolte fortemente tettonizzate dalle formazioni caratterizzate da sorgenti sismiche che si attivano mediante meccanismi focali distensivi costituiti da faglie dirette, trascorrenti distensive).

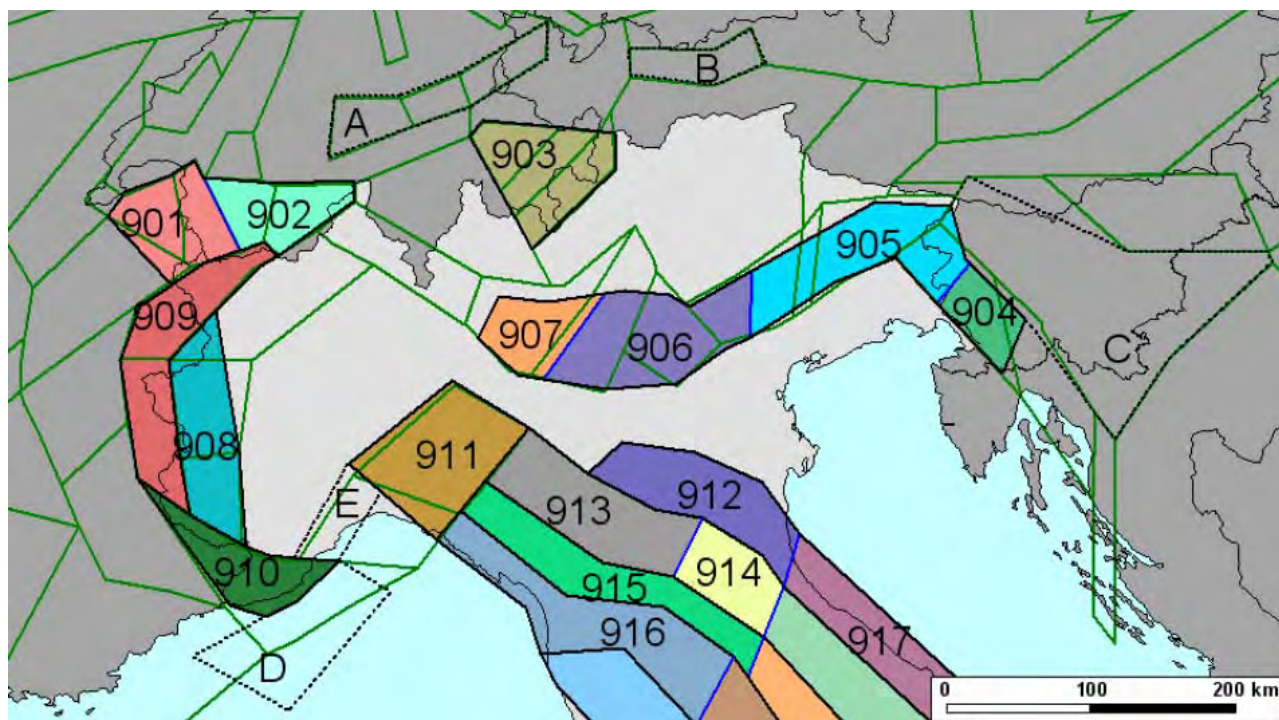
Figura 12: ESTRATTO DI CARTA SISMO-TETTONICA (R.E.R. 2017)



6.2 ZONAZIONE SISMOGENETICA

Negli ultimi anni il punto di riferimento per le valutazioni di pericolosità sismica è stato rappresentato dalla zonazione sismoγενetica 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 13: 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 sismo-genetiche. 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

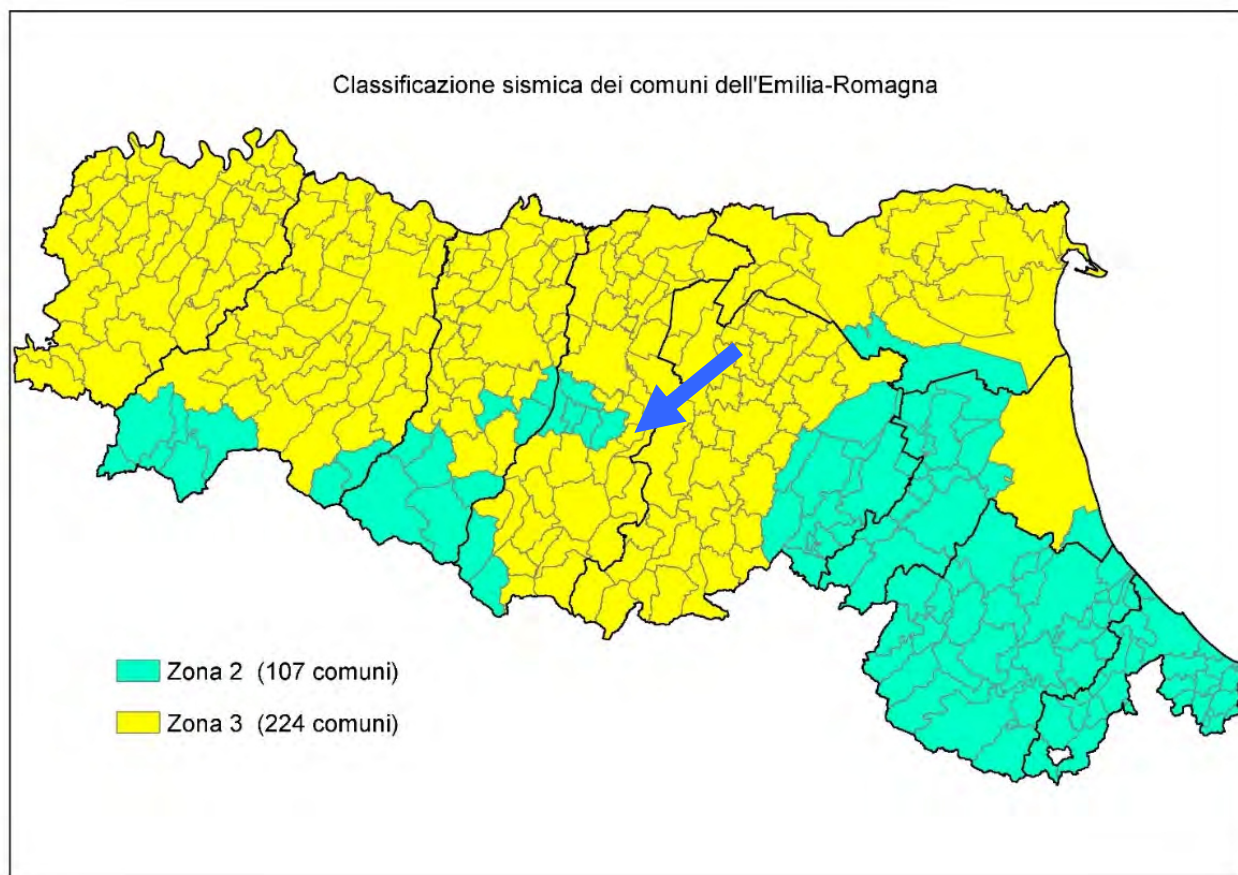
7.1 ORDINANZA P.C.M. 3274/2003

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



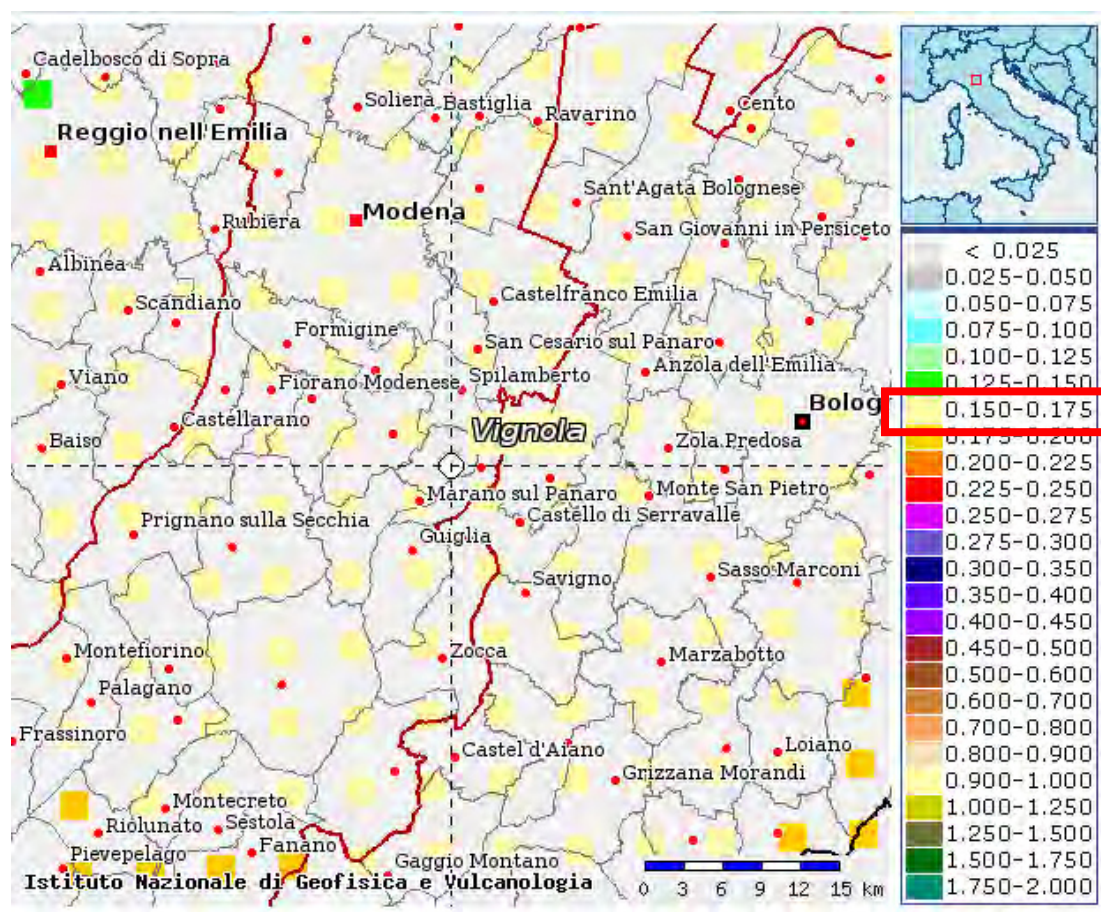
In base all'Ordinanza P.C.M. del 20.03.2003 n. 3274 il **Comune di Vignola (MO)** ricade in **zona sismica 3**, e pertanto corrispondente ad una accelerazione massima convenzionale pari a 0.15 g riferita ad un suolo di tipo "A" con una probabilità di superamento pari al 10% in un arco temporale di 50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

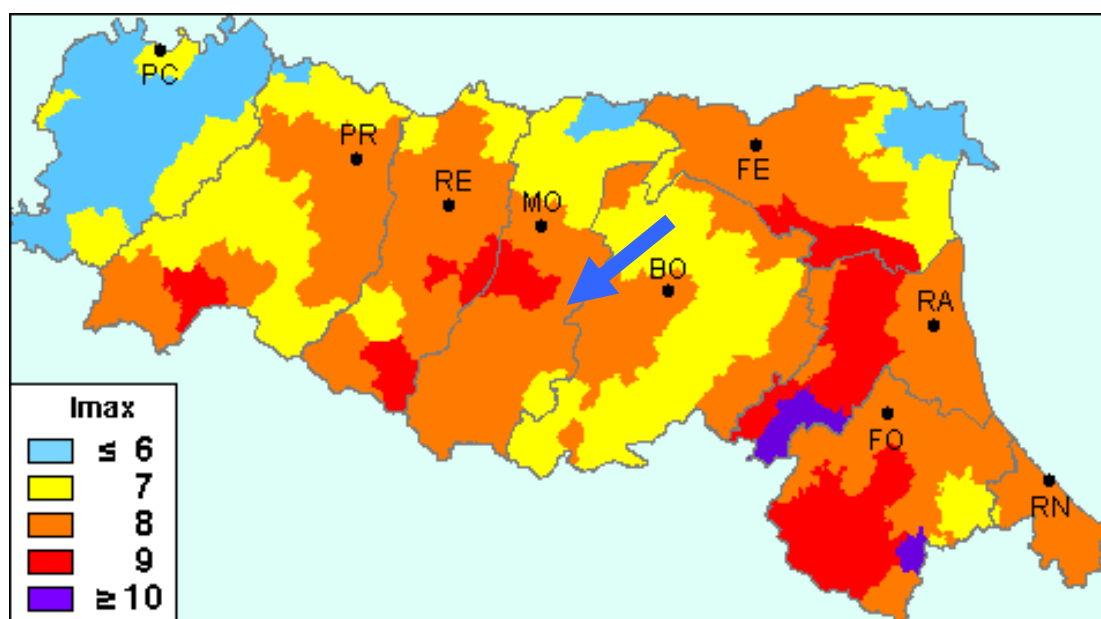
Con riferimento all'area oggetto di studio il **Comune di Vignola (MO)** è compreso all'interno di una zona ove si prevede un valore di accelerazione massima al suolo (a_{max}) compreso tra **0.150-0.175** accelerazione

Figura 15: 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 Vignola (MO)** presenta un'intensità macrosismica I_{max} pari a 8.

Figura 16: MAPPA DELLE MASSIME INTENSITA' MACROSISMICHE OSSERVATE NEI COMUNI ITALIANI - PARTICOLARE DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA



7.3 **DELIBERA DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA N. 112/2007**

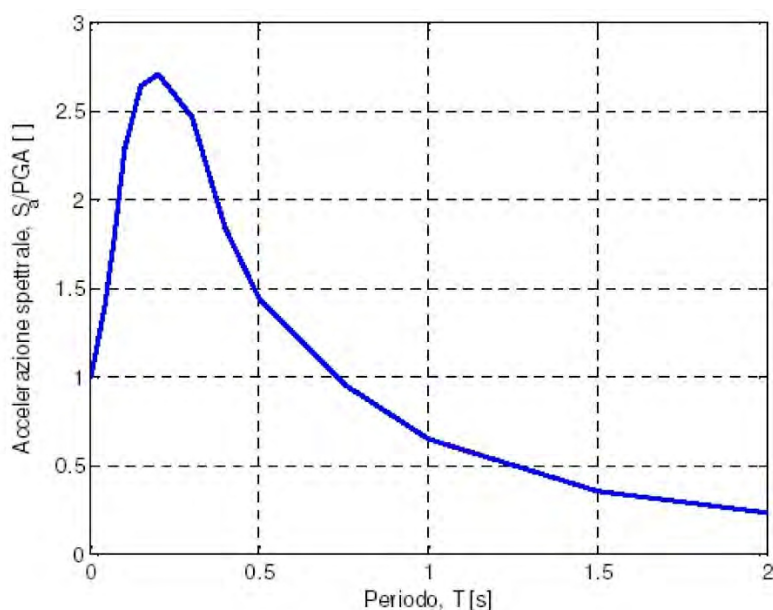
Con l'approvazione dell'atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, comma 1, della L.R. 20/2000 "Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio", in merito a "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica", 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 Vignola (MO)** il valore di a_{refg} è pari a **0.163**

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 Delivera 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_{refg} di ogni comune.

Figura 17: SPETTRO DI RISPOSTA NORMALIZZATO (TR=475 ANNI, SMORZAMENTO 5%) E VALORI DI DEFINIZIONE PREVISTI DALLA REGIONE EMILIA ROMAGNA



T (s)	Sa/ a_{ref}
0,00000	1,00000
0,04000	1,38865
0,07000	1,75927
0,10000	2,28349
0,15000	2,63726
0,20000	2,70745
0,30000	2,46642
0,40000	1,84047
0,50000	1,44476
0,75000	0,95494
1,00000	0,64546
1,50000	0,35479
2,00000	0,23070

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 riportata 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.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
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.*”

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

8 VINCOLI E ZONIZZAZIONE 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 18/03/09 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 non risulta soggetta a vincoli.

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

L'area è interna all'area urbanizzata all'anno 2006

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

La zona in oggetto si colloca all'interno di un'area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche.

TAV. 2.3 – RISCHIO IDRAULICO: CARTA DELLA PERICOLOSITA' E DELLA CRITICITA' IDRAULICA

L'area non risulta soggetta a vincoli.

TAV. 3.1 – RISCHIO INQUINAMENTO ACQUE: VULNERABILITA' ALL'INQUINAMENTO DELL'ACQUIFERO PRINCIPALE

L'area di intervento è interna ad una zona definita con un grado di vulnerabilità estremamente elevato (EE).

TAV. 3.2 – RISCHIO INQUINAMENTO ACQUE: ZONE DI PROTEZIONE DELLE ACQUE SUPERFICIALI E SOTTERRANEE DESTINATE AL CONSUMO UMANO

L'area è classificata come settore di ricarica di tipo A – aree di ricarica diretta della falda (art. 12A)

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

L'area risulta interna a zone vulnerabile da nitrati di origine agricola (art. 13B)

TAV. 6 – CARTA DELLE AREE FORESTATE E DELLE ATTIVITA' ESTRATTIVE

L'area non risulta soggetta a vincoli.

TAV. 7 – CARTA DELLE UNITA' DI PAESAGGIO

La zona in oggetto risulta all'interno di un'area di Paesaggio pedecollinare dei principali centri di Spilamberto, Vignola e Marano sul Panaro (Zona 17).

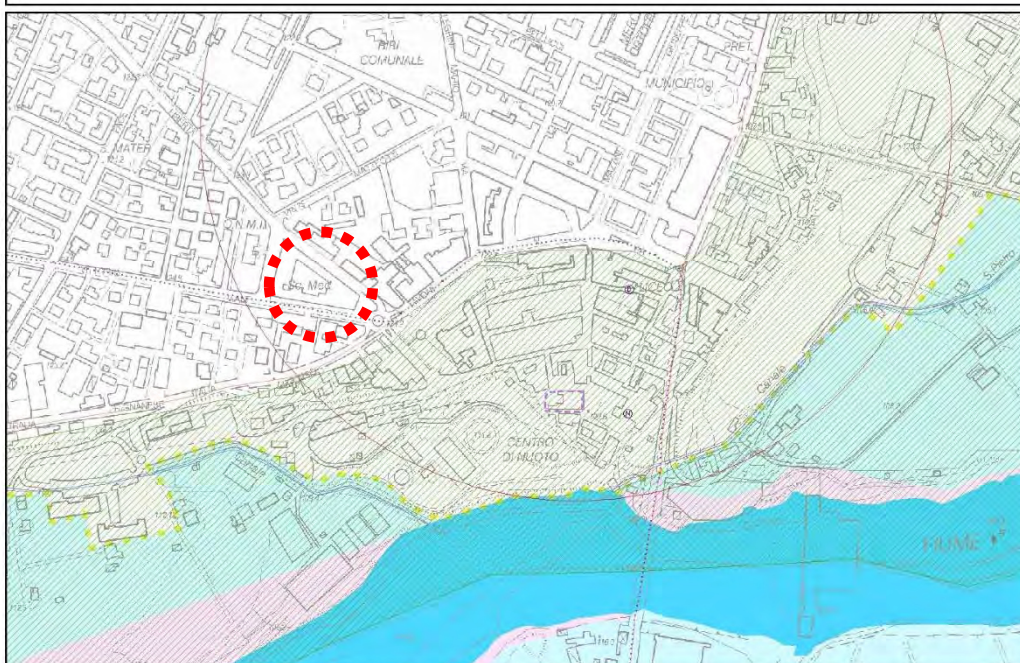
Figura 18: ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 1.1 – TUTELA DELLE RISORSE PAESISTICHE E STORICO-CULTURALI



mapp@Mondo

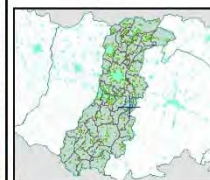
Provincia di Modena

Estratto di mappa



Provincia di Modena

Inquadramento
territoriale



Scala 1:5000

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



mapp@Mondo

Provincia di Modena

Estratto di mappa

Legenda

Carta 1.1-Tutela paesaggistica e

Principali ambiti di paesaggio:
ambito fluviale di alta pianura
(Art. 34, comma 4c)

Strutture di interesse storico
testimoniale (Art. 44D): N =
castello

Viabilità panoramica (Art. 44B)

Zone di tutela ordinaria (Art. 9,
comma 2, lettera b)

Progetti di tutela, recupero e
valorizzazione (Art.32, comma 1)

Insedimenti urbani storici e
strutture insediative storiche non
urbane (Art.42)

Invasi ed alvei di laghi, bacini e
corsi d'acqua (Art. 10)

Viabilità storica (Art. 44B)

Canali storici (Art. 44C)

Fasce di espansione inondabili
(Art. 9, comma 2, lettera a)

Strutture di interesse storico
testimoniale (Art. 44D): D =
cimitero

Invasi ed alvei di laghi, bacini e
corsi d'acqua (Art. 10)

Zona di tutela dei corpi idrici
superficiali e sotterranei (Art. 12)

Zone di particolare interesse
paesaggistico e ambientale
soggette a vincolo (Art.40)

Patrimonio geologico (Art. 23 D)
1:25.000 (1985-1986)

Carta Topografica Regionale 1:
25.000

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

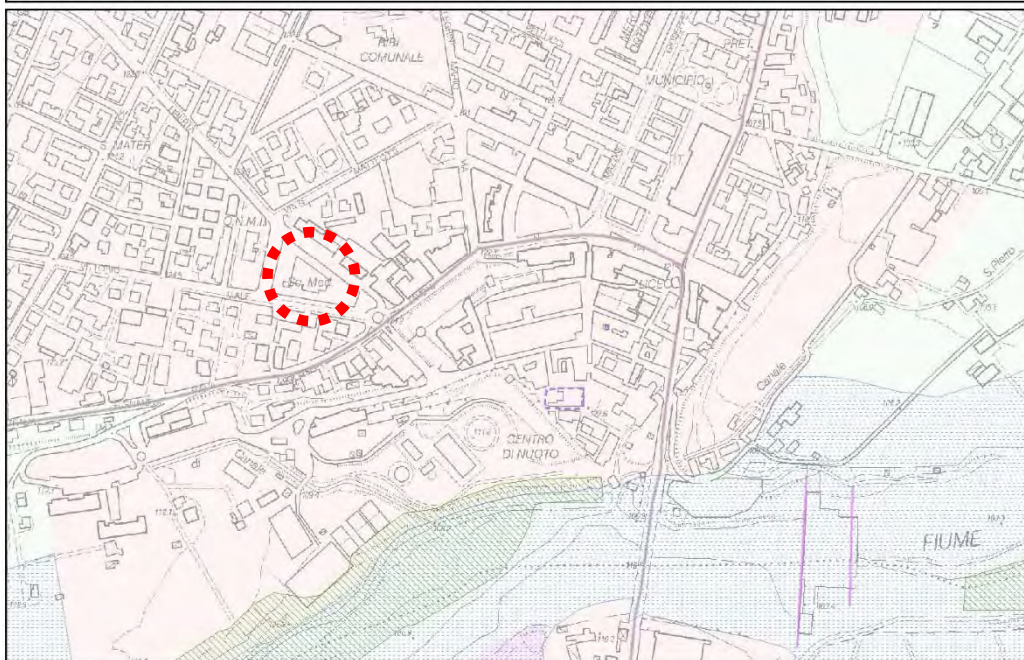
Figura 19: ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 1.2- TUTELA DELLE RISORSE NATURALI, FORESTALI E DELLA BIODIVERSITÀ DEL TERRITORIO



mapp@Mondo

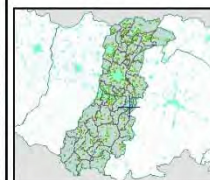
Provincia di Modena

Estratto di mappa



Provincia di Modena

Inquadramento
territoriale



Scala 1:5000

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



mapp@Mondo

Provincia di Modena

Estratto di mappa

Legenda

Carta 1.2 - Tutela delle risorse

- Territorio insediato al 2006
- Opere di regimazione idraulica
- Escavazione di inerti
- Infrastrutture viarie esistenti
- Aree forestali (Art. 21)
- Corridoi ecologici primari (Art. 28)
- Siti di emissione radio televisiva individuati dal PLERT
- Connettivo ecologico diffuso (Art. 28)

1:25.000 (1985-1986)

CTE 25.000
Carta Topografica Regionale 1:25.000

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

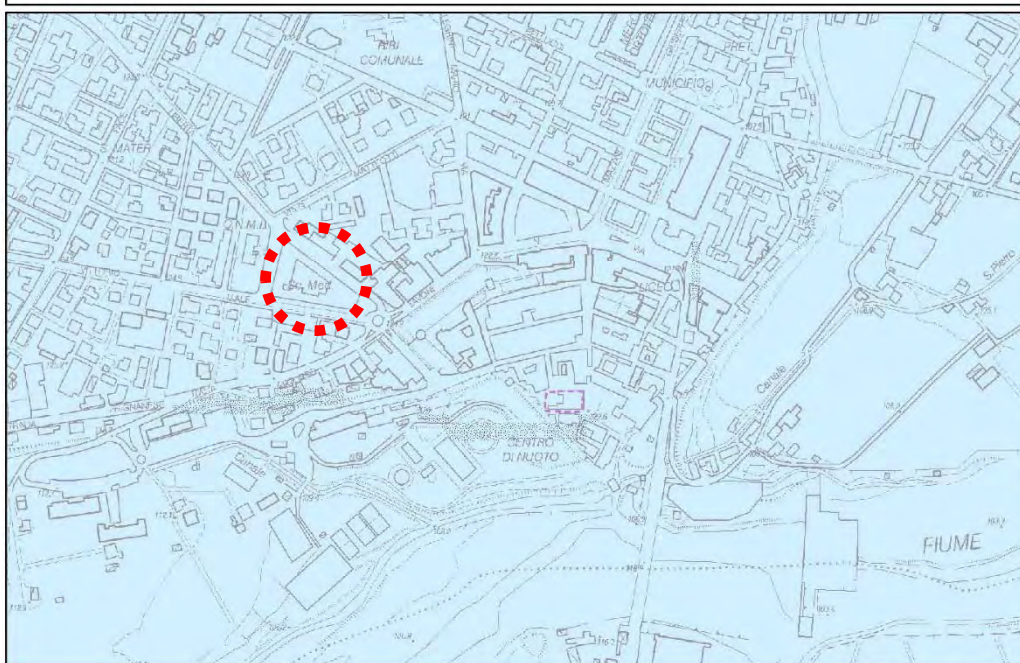
Figura 20: ESTRATTO DI P.T.C.P. PROVINCIA DI MODENA TAV. 2.2 RISCHIO SISMICO: CARTA DELLE AREE SUSCETTIBILI DI EFFETTI LOCALI



mapp@Mondo

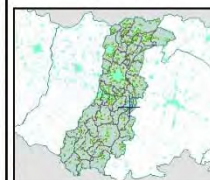
Provincia di Modena

Estratto di mappa



Provincia di Modena

Inquadramento
territoriale



Scala 1:5000

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



mapp@Mondo

Provincia di Modena

Estratto di mappa

Legenda

Carta 2.2 - Rischio sismico: effetti

Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche

Area potenzialmente 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

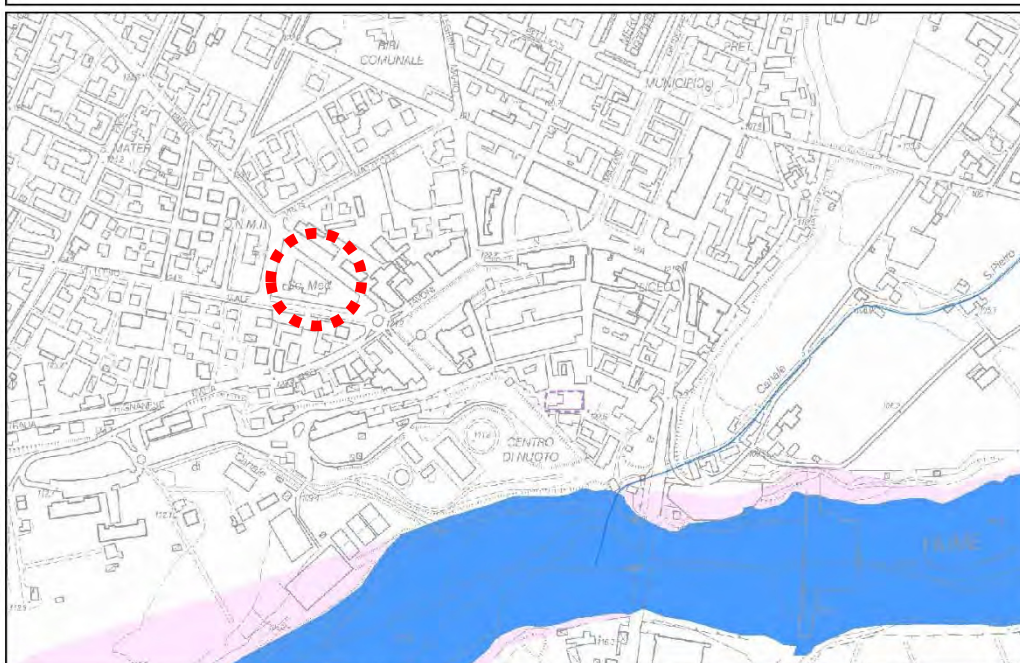
Figura 21: ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 2.3- RISCHIO IDRAULICO: CARTA DELLA PERICOLOSITA' E DELLA CRITICITA' IDRAULICA



mapp@Mondo

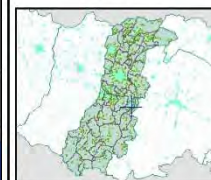
Provincia di Modena

Estratto di mappa



Provincia di Modena

Inquadramento
territoriale



Scala 1:5000

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



mapp@Mondo

Provincia di Modena

Estratto di mappa

Legenda

Carta 2.3 - Rischio idraulico

Invasi ed alvei di laghi, bacini e corsi d'acqua (Art.10)

Limite delle aree soggette a criticita' idraulica (art.11)

Invasi ed alvei di laghi, bacini e corsi d'acqua (Art.10)

1:25.000 (1985-1986)

Carta Topografica Regionale 1:25.000

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

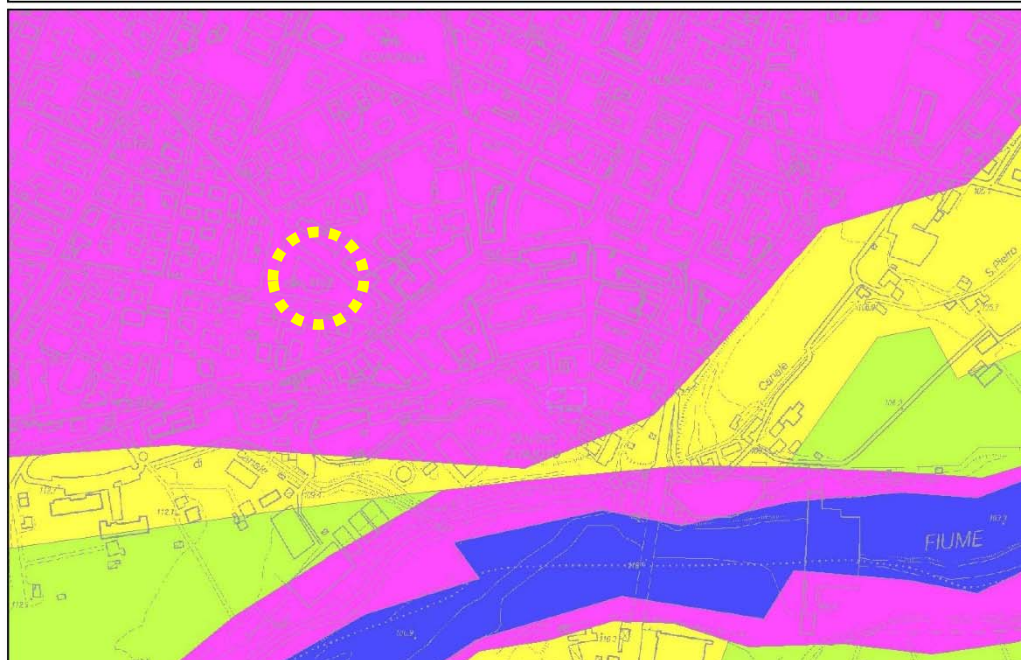
Figura 22: ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 3.1 – RISCHIO INQUINAMENTO ACQUE: VULNERABILITA' ALL'INQUINAMENTO DELL'ACQUIFERO PRINCIPALE



mapp@Mondo

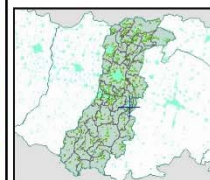
Provincia di Modena

Estratto di mappa



Provincia di Modena

Inquadramento territoriale



Scala 1:5000

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



mapp@Mondo

Provincia di Modena

Estratto di mappa

Legenda

Carta 3.1 - Vulnerabilità

- EE - grado di vulnerabilità estremamente elevato
- M - grado di vulnerabilità medio
- A - grado di vulnerabilità alto

1:25.000 (1985-1986)

CTR 25.000 Carta Topografica Regionale 1:25.000

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

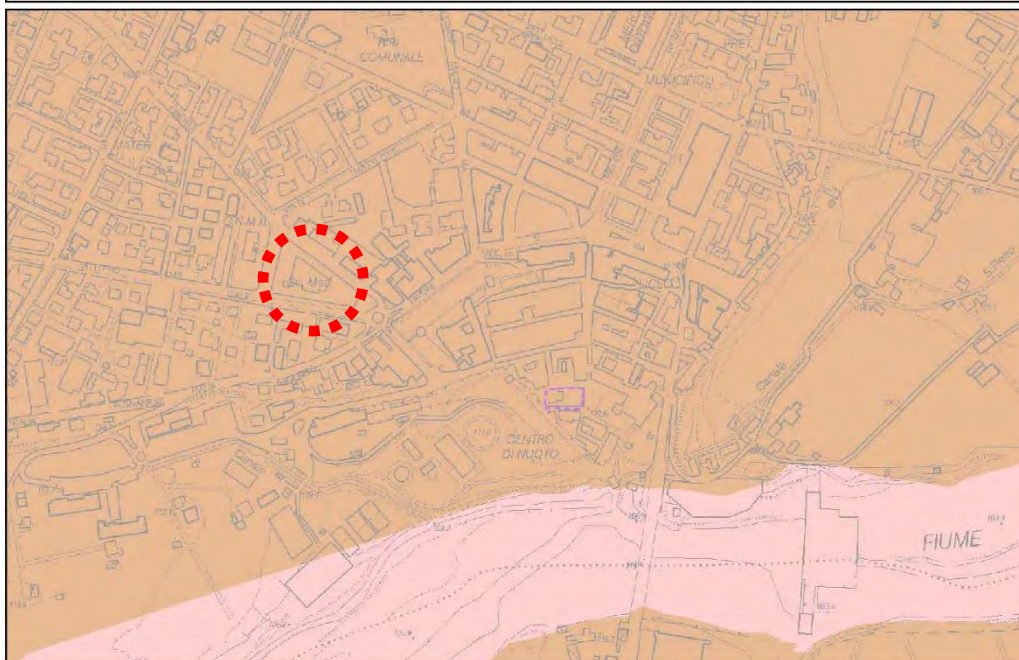
Figura 23: ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 3.2- RISCHIO INQUINAMENTO ACQUE: ZONE DI PROTEZIONE DELLE ACQUE SUPERFICIALI E SOTTERRANEE DESTINATE AL CONSUMO UMANO



mapp@Mondo

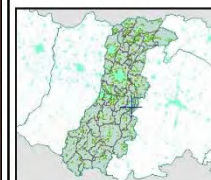
Provincia di Modena

Estratto di mappa



Provincia di Modena

Inquadramento
territoriale



Scala 1:5000

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



mapp@Mondo

Provincia di Modena

Estratto di mappa

Legenda

Carta 3.2 - Zone di protezione delle

Settori di ricarica di tipo A - aree di ricarica diretta della falda (Art. 12A)

Settori di ricarica di tipo D - fasce adiacenti agli alvei fluviali (Art.12A)

1:25.000 (1985-1986)

Carta Topografica Regionale 1: 25.000

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

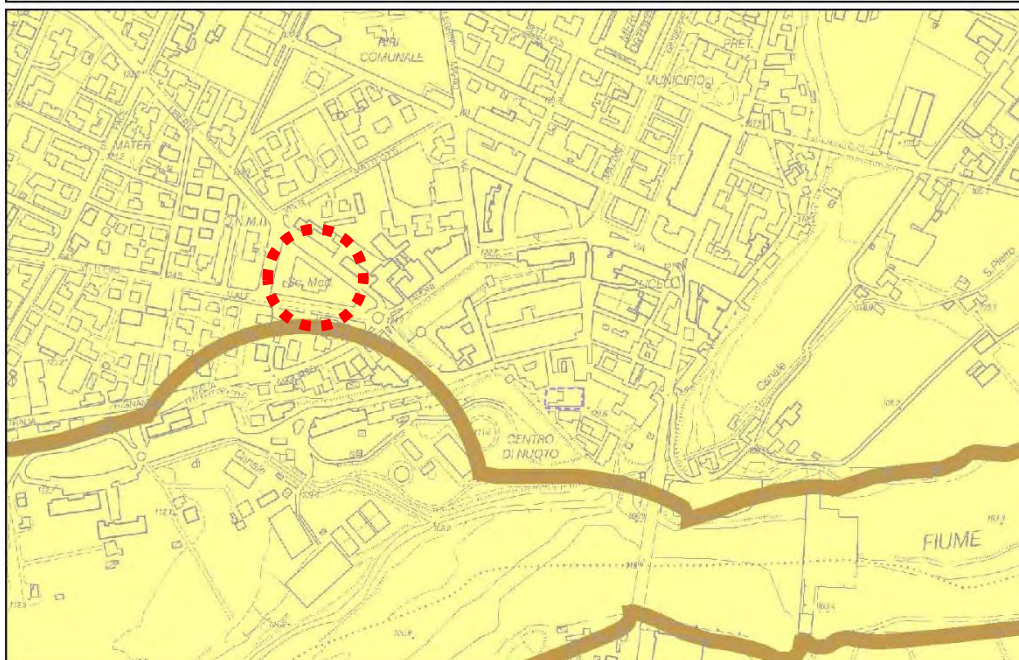
Figura 24: ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 3.3 – RISCHIO INQUINAMENTO ACQUE: ZONE VULNERABILI DA NITRATI DI ORIGINE AGRICOLA E ASSIMILATE



mapp@Mondo

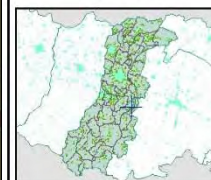
Provincia di Modena

Estratto di mappa



Provincia di Modena

Inquadramento
territoriale



Scala 1:5000

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




mapp@Mondo


Provincia di Modena

Estratto di mappa


Legenda

Carta 3.3 - Vulnerabilità ai nitrati

 Zone vulnerabili da nitrati di origine agricola assimilate (Art. 13B)

 Zone vulnerabili da nitrati di origine agricola (Art. 13B)

1:25.000 (1985-1986)

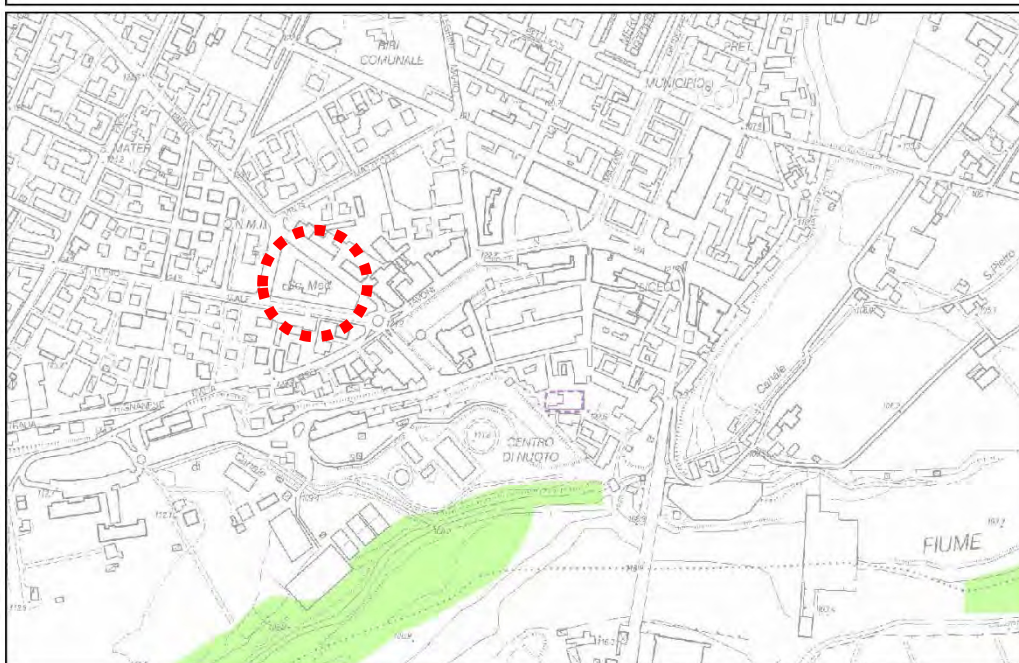
 Carta Topografica Regionale 1: 25.000

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

Figura 25: ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 6 – CARTA FORESTALE E DELLE ATTIVITA' ESTRATTIVE – SCALA 1:5.000

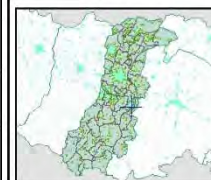
Provincia di Modena

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)

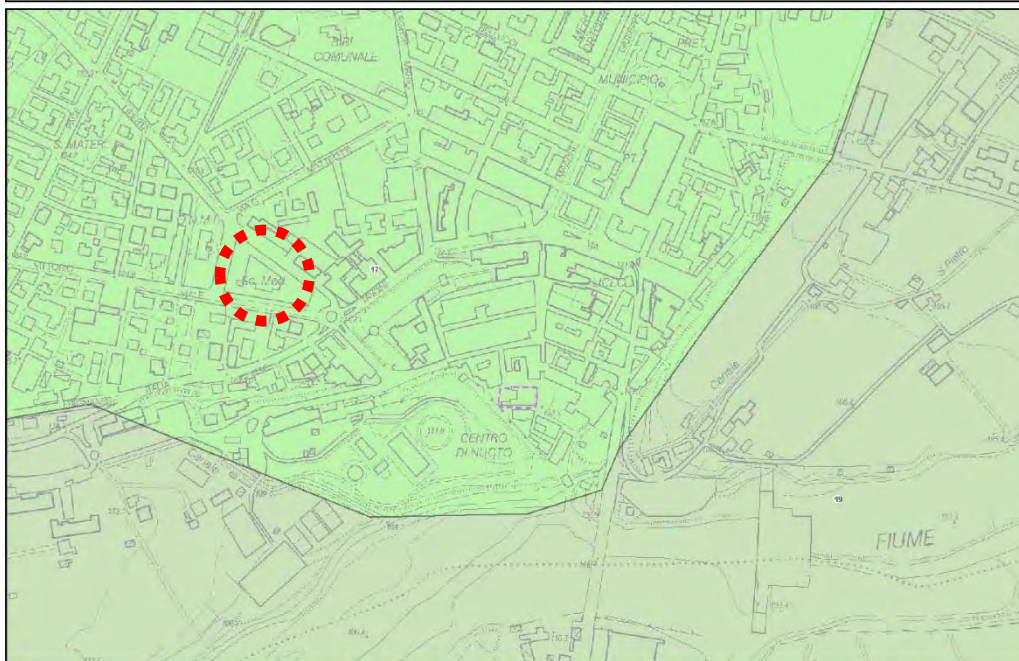
 Carta Topografica Regionale 1:
25.000

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

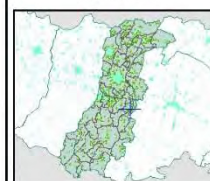
Figura 26: ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 7 – UNITA' DEL PAESAGGIO

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

- 19** Paesaggio delle "basse" di Vignola, Savignano e Marano sul Panaro
- 17** Paesaggio pedecollinare dei principali centri di Spilamberto, Vignola e Marano sul Panaro

1:25.000 (1985-1986)

- CTR 25.000** Carta Topografica Regionale 1: 25.000

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

9 MICROZONAZIONE SISMICA DEL COMUNE DI VIGNOLA

Lo studio di microzonazione sismica del **Comune di Vignola** redatto dai tecnici incaricati dall'Amministrazione è stato recepito nel PSC con Acc. di Progr. Dec. Presidente Provincia n. 34 del 02/03/2017.

Dall'analisi della cartografia redatta si è riscontrato quanto segue:

Carta geologico tecnica:

l'area è classificata con presenza di: "GM-es" Ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia.

Carta I Livello di approfondimento – MOPS:

Si colloca internamente ad una zona classificata al numero 2 e pertanto definita come zone stabili suscettibili di amplificazioni locali.

Carta II Livello di approfondimento – FA PGA:

l'area è classificata con un fattore di amplificazione della PGA compreso tra 1,7 e 1,8

Carta II Livello di approfondimento – FA IS (0.1-0.5):

Nell'area i valori di FA IS (intervallo 0,10-0,50 s) sono compresi tra 1,7 – 1,8

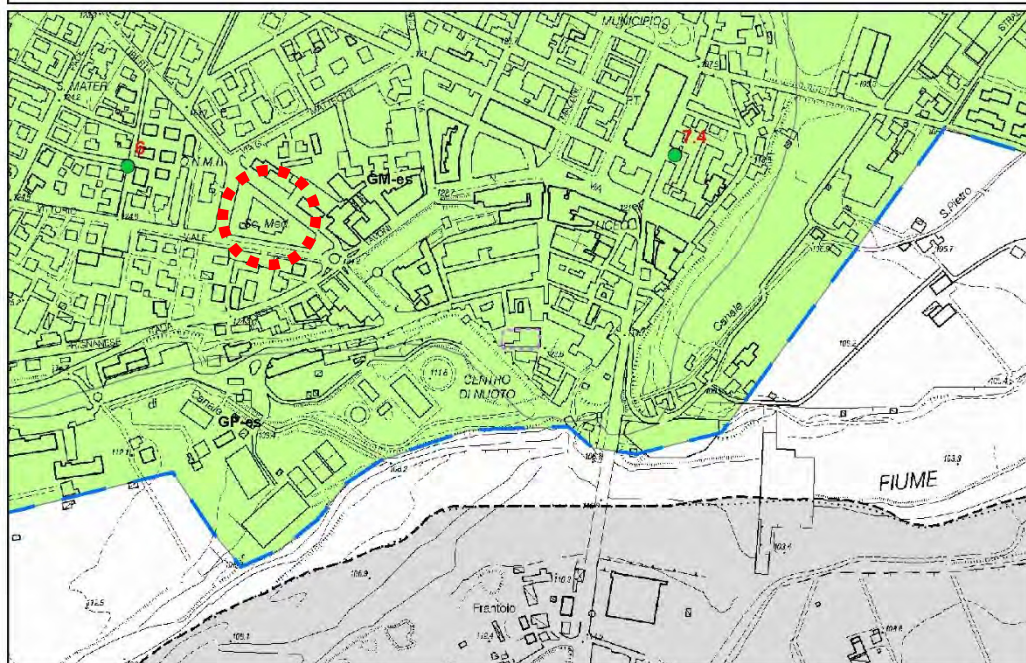
Carta II Livello di approfondimento – FA IS (0.5-1):

Nell'area i valori di FA IS (intervallo 0,50-1,00 s) sono compresi tra 1,5 – 1,6

Figura 27: ESTRATTO STUDIO DI CARTA GEOLOGICO TECNICA ALLEGATA ALLO STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL COMUNE DI VIGNOLA

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

- Terreni di copertura**
- GM Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo
 - GP Ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia
- Elementi geologici e idrogeologici**
- Profondità* (m) substrato rigido raggiunto da sondaggio o pozzo
- Altri elementi**
- Aree oggetto di microzonazione
- Quadro d'unione delle tavole**
- Tavola Pdf
- Carta Topografica Regionale**
- CTR 25000 1:25.000 (1985-1986)
- Confini amministrativi**
- Limite di Comune

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

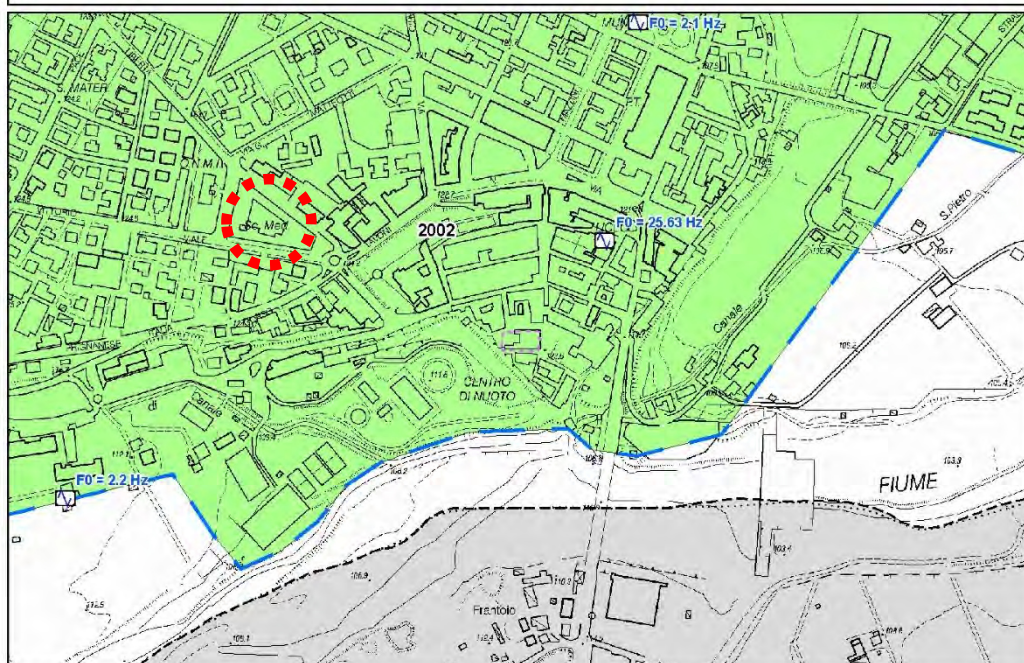
Figura 28: ESTRATTO DELLA CARTA I LIVELLO DI APPROFONDIMENTO – MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA DEL COMUNE DI VIGNOLA



mapp@Mondo

Provincia di Modena

Estratto di mappa



Provincia di Modena

Inquadramento territoriale



Scala 1:5000

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



mapp@Mondo

Provincia di Modena

Estratto di mappa

Legenda

- Zone stabili suscettibili di
 - Zona 2
- Misura rumore ambientale
 - Punti di misura di rumore ambientale
- Altri elementi rappresentati
 - Aree oggetto di microzonazione
 - Quadro d'unione delle tavole
 - Tavola Pdf
 - Carta Topografica Regionale
 - 1:25.000 (1985-1986)
 - Confini amministrativi
 - Limite di Comune

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

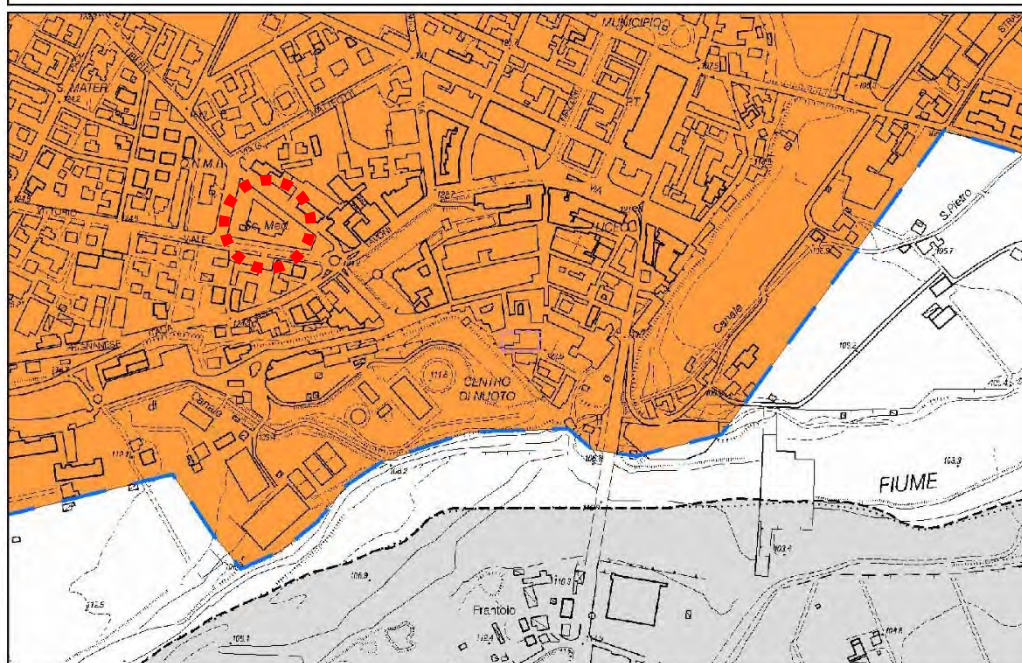
Figura 29: ESTRATTO DELLA CARTA II LIVELLO DI APPROFONDIMENTO ALLEGATA ALLO STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL COMUNE DI VIGNOLA – FA – PGA



mapp@Mondo

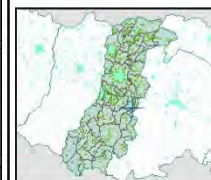
Provincia di Modena

Estratto di mappa



Provincia di Modena

Inquadramento
territoriale



Scala 1:5000

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



mapp@Mondo

Provincia di Modena

Estratto di mappa

Legenda

Zone stabili suscettibili di

FA PGA = 1.7 - 1.8

Altri elementi rappresentati

Aree oggetto di microzonazione

Quadro d'unione tavole

Tavola Pdf

Carta Topografica Regionale

1:25.000 (1985-1986)

Confini amministrativi

Limite di Comune

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

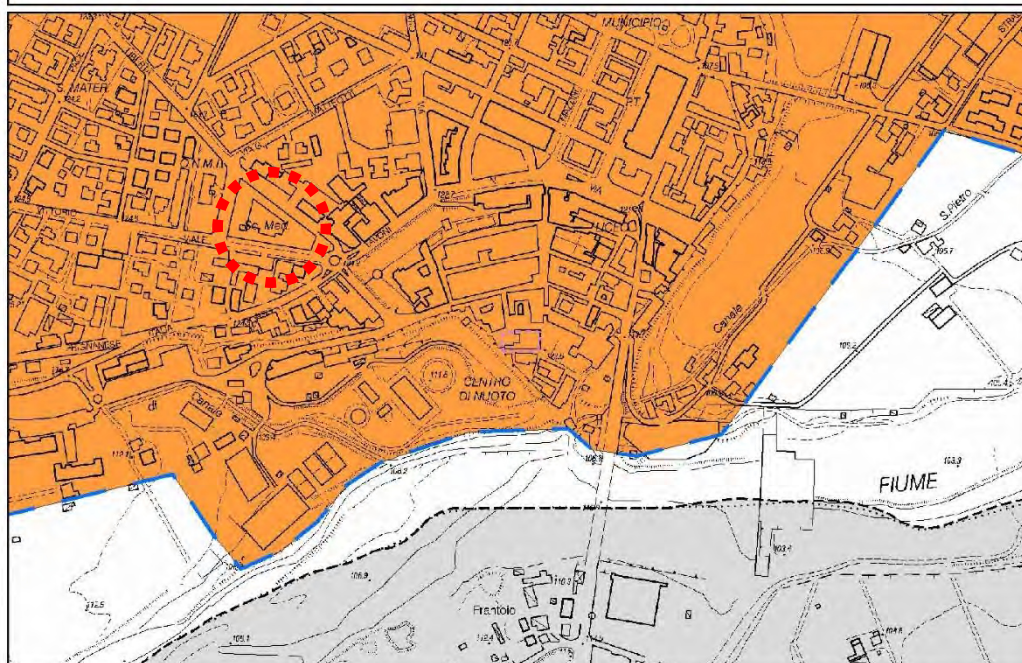
Figura 30: ESTRATTO DELLA CARTA II LIVELLO DI APPROFONDIMENTO – FA – IS (0.1 – 0.5 S) ALLEGATA ALLO STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL COMUNE DI VIGNOLA



mapp@Mondo

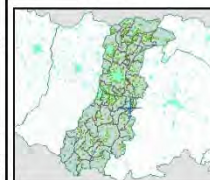
Provincia di Modena

Estratto di mappa



Provincia di Modena

Inquadramento territoriale



Scala 1:5000

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



mapp@Mondo

Provincia di Modena

Estratto di mappa

Legenda

Zone stabili suscettibili di

FA IS (0.1 - 0.5) = 1.7-1.8

Altri elementi rappresentati

Aree oggetto di microzonazione

Quadro d'unione tavole

Tavola Pdf

Carta Topografica Regionale

1:25.000 (1985-1986)

Confini amministrativi

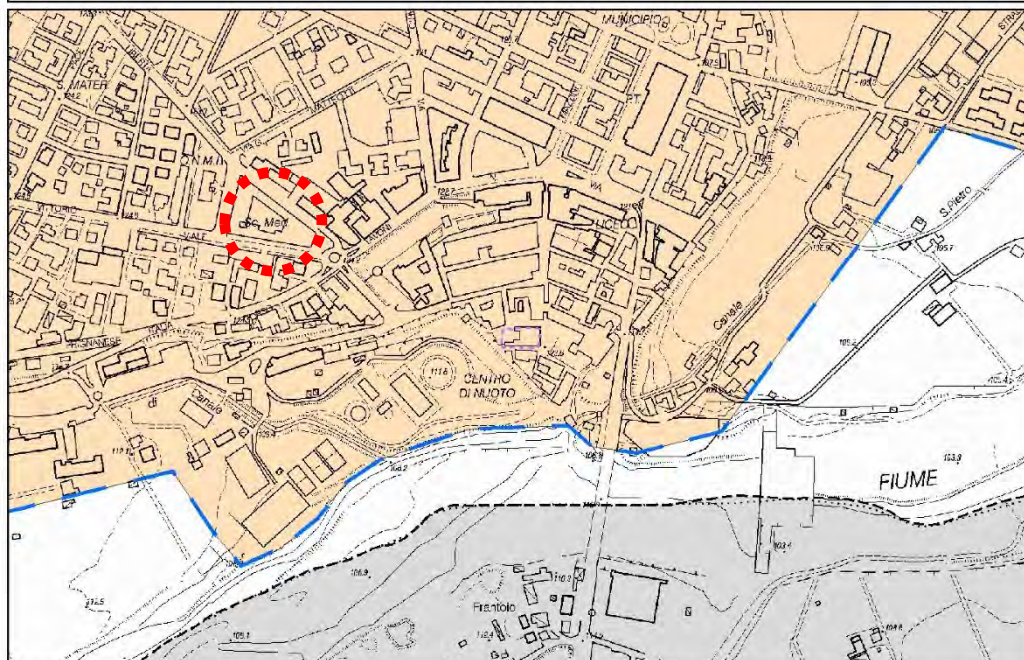
Limite di Comune

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

Figura 31: ESTRATTO DELLA CARTA II LIVELLO DI APPROFONDIMENTO – FA – IS (0.5 – 1.0 S) ALLEGATA ALLO STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL COMUNE DI VIGNOLA

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

FA IS (0.5 - 1.0) = 1.5-1.6

Altri elementi rappresentati

Aree oggetto di microzonazione

Quadro d'unione tavole

Tavola Pdf

Carta Topografica Regionale

1:25.000 (1985-1986)

Confini amministrativi

Limite di Comune

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

10 VARIANTE LA PIANO STRUTTURALE COMUNALE DI VIGNOLA

Con riferimento al Quadro Conoscitivo allegato al **Piano Strutturale comunale (PSC)** del **Comune di Vignola** e in particolare alla tavola QC03.5c-Vignola - Carta Comunale delle Aree suscettibili di effetti locali, l'area oggetto di intervento è ricompresa in un'area come soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche.

Figura 32: ESTRATTO DI TAVOLA DEL QUADRO CONOSCITIVO ALLEGATO AL PIANO STRUTTURALE COMUNALE (PSC) DEL COMUNE DI VIGNOLA - TAVOLA QC03.5C-VIGNOLA - CARTA COMUNALE DELLE AREE SUSCETTIBILI DI EFFETTI LOCALI



11 INDAGINI GEOTECNICHE E GEOFISICHE

La campagna di indagine geognostica complessiva eseguita presso l'area oggetto di studio è stata eseguita in modo da ottenere informazioni sulla situazione stratigrafica dei terreni, che sono state confrontate con altre indagini geognostiche e geofisiche eseguite dallo scrivente nei pressi dell'area oggetto di studio.

Più in dettaglio nell'area oggetto di intervento sono state eseguite le sotto riportate indagini:

- N° 5 indagini penetrometriche dinamiche (PDM)
- N° 1 rilievo sismico passivo (HVSr)
- N° 1 rilievo sismico attivo a rifrazione (tecnica MASW)

Figura 33: UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE



11.1 PROVE PENETROMETRICHE AD INFISSIONE DINAMICA PDM

Al fine di caratterizzare l'area ove sono previste le opere di progetto sono state eseguite nr. 5 indagini penetrometriche ad infissione dinamica (DPM), che hanno raggiunto la profondità massima raggiunta pari a 2.40 m dal p.d.c. attuale (PDM 1).

Le indagini penetrometriche dinamiche eseguite si sono svolte mediante l'infissione nel terreno di una punta conica per tratti consecutivi (δ) misurando il numero di colpi N necessari all'avanzamento con un passo pari a 10 cm.

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

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	2.4	Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0.80	m
Avanzamento punta	0.10	m
Numero colpi per punta	N(10)	
Coeff. Correlazione	0.76	
Rivestimento/fanghi	No	
Angolo di apertura punta	60	°

Correlazione con N_{spt}

La maggior parte delle correlazioni esistenti in bibliografia si basano sul valore del numero di colpi N_{spt} 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 Q_{spt} 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 R_{pd}

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

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

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 (N₁)₆₀

(N₁)₆₀ è il numero di colpi normalizzato definito come segue:

$$(N_1)_{60} = CN \cdot N_{60} \quad \text{con} \quad CN = \sqrt{(Pa)^n \sigma_{v0}} \quad CN < 1.7 \quad Pa = 101.32 \text{ kPa} \quad (Liao \text{ e } Whitman \ 1986)$$

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

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.1

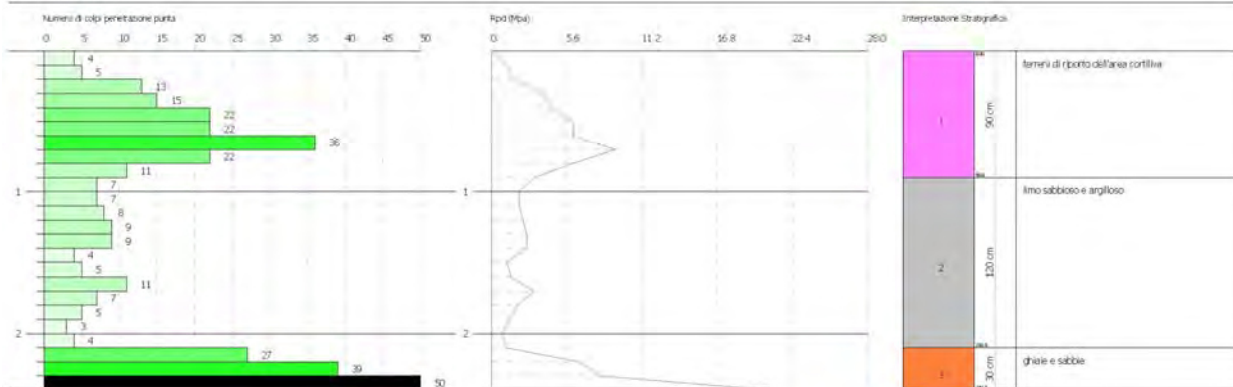
Strumento utilizzato... DMP 3020 PAGANI
 Prova eseguita in data 11/07/2019
 Profondità prova 2.40 mt
 Falda non rilevata
 Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1
 Strumento utilizzato... DMP 3020 PAGANI

Committente: Amministrazione Comunale di Vigonza
 Destinazione: Miglioramento servizi scuola 3 Basse
 Località: Via Libertà - Vigonza

Data: 11/07/2019

Scala 1:50



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
0.9	16.67	6.15	Incoerente	0	17.75	18.93	7.99	0.76	12.67	terreni di riporto dell'area cortiliva
2.1	6.58	2.31	Incoerente - coesivo	0	17.26	18.44	26.33	0.76	5	limo sabbioso e argilloso
2.4	55.33	18.62	Incoerente	0	21.67	20.79	39.94	0.76	42.05	ghiaie e sabbie

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1

Strato	Prof. (m)	NSPT	Tipo	Peso unità di volume (KN/m³)	Peso unità di volume saturo (KN/m³)	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 riporto dell'area cortiliva	0.00-0.90	12.67	Incoerente	14.82	19.03	31.55	--	5.25	13.57	0.33	69.35
Strato (2) limo sabbioso e argilloso	0.90-2.10	5	Coesivo Incoerente	17.26	18.44	29.4	30.60	5.18	4.90	0.34	28.94
Strato (3) ghiaie e sabbie	2.10-2.40	42.05	Incoerente	17.64	20.78	39.77	--	11.16	27.97	0.27	214.18

PROVA ... Nr.2

Strumento utilizzato... DMP 3020 PAGANI
 Prova eseguita in data 11/07/2019
 Profondità prova .70 mt
 Falda non rilevata
 Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

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

Committente: Amministrazione Comunale di Vignola
 Descrizione: Miglioramento sismico scuola J. Barozzi
 Località: Via Libertà - Vignola

Data: 11/07/2019

Scala: 1:50



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
0.7	37.29	13.81	Incoerente	0	20.79	19.91	7.28	0.76	28.34	terreni di riporto dell'area cortiliva

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2

Strato	Prof. (m)	NSPT	Tipo	Peso unità di volume (KN/m³)	Peso unità di volume saturo (KN/m³)	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 riporto dell'area cortiliva	0.00-0.70	28.34	Incoerente	16.49	20.07	35.94	--	8.40	21.25	0.3	147.80

PROVA ... Nr.3

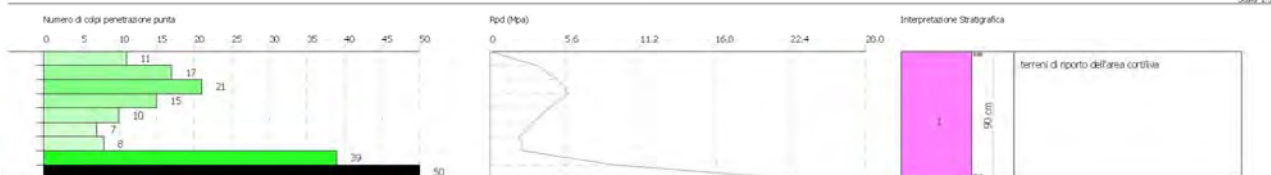
Strumento utilizzato... DMP 3020 PAGANI
 Prova eseguita in data 11/07/2019
 Profondità prova .90 mt
 Falda non rilevata
 Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.3
 Strumento utilizzato... DMP 3020 PAGANI

Committente: Amministrazione Comunale di Vignola
 Descrizione: Miglioramento sismico scuola J. Barozzi
 Località: Via Libertà - Vignola

Data: 11/07/2019

Scala: 1:50



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

0.9	25.33	9.190001	Incoerente	0	19.52	19.42	8.78	0.76	19.25	terreni di riporto dell'area cortiliva
-----	-------	----------	------------	---	-------	-------	------	------	-------	--

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.3

Strato	Prof. (m)	NSPT	Tipo	Peso unità di volume (KN/m³)	Peso unità di volume saturo (KN/m³)	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 riporto dell'area cortiliva	0.00-0.90	19.25	Incoerente	15.57	19.50	33.39	--	6.57	16.79	0.32	102.75

PROVA ... Nr.4

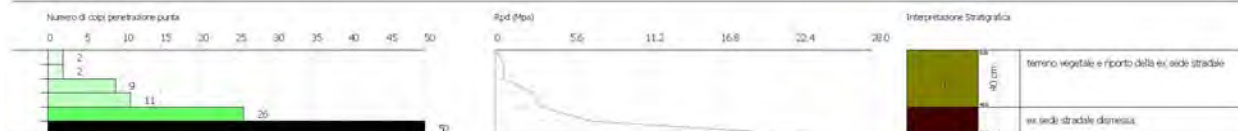
Strumento utilizzato... DMP 3020 PAGANI
 Prova eseguita in data 11/07/2019
 Profondità prova .60 mt
 Falda non rilevata
 Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

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

Comitente: Amministrazione Comunale di Vignola
 Descrizione: Miglioramento asfalto strade 3. Bianchi
 Località: Via Libertà - Vignola

Data: 11/07/2019

Scala: 1:50



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
0.4	6	2.22	Coesivo	0	16.97	18.34	3.39	0.76	4.56	terreno vegetale e riporto della ex sede stradale
0.6	63	23.34	Incoerente	0	21.87	21.08	8.97	0.76	47.88	ex sede stradale dismessa

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.4

Strato	Prof. (m)	NSPT	Tipo	Peso unità di volume (KN/m³)	Peso unità di volume saturo (KN/m³)	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (KPa)	Modulo Edometrico (Mpa)	Modulo Elastico (Mpa)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Mpa)
Strato (1) terreno vegetale e riporto	0.00-0.40	4.56	Coesivo	16.97	18.34	--	27.95	4.74	4.47	--	--

della ex sede stradale Strato (2) ex sede stradale dismess a	0.40-0.60	47.88	Incoerente	18.04	21.02	41.41	--	12.34	30.83	0.26	241.98
--	-----------	-------	------------	-------	-------	-------	----	-------	-------	------	--------

PROVA ... Nr.5

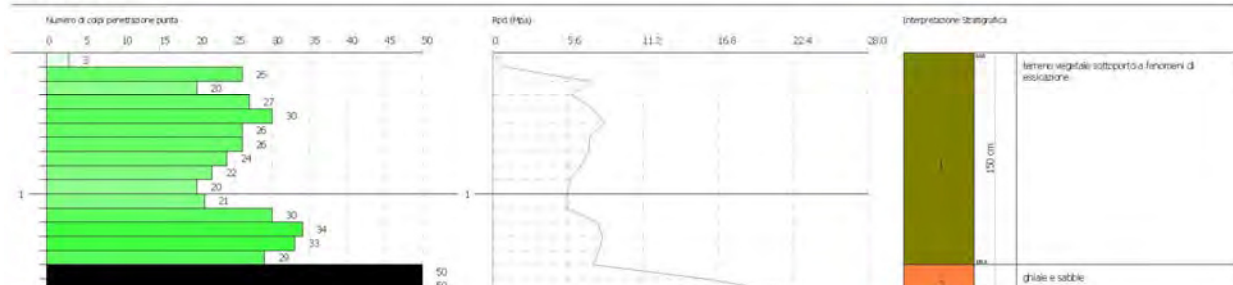
Strumento utilizzato... DMP 3020 PAGANI
 Prova eseguita in data 11/07/2019
 Profondità prova 1.70 mt
 Falda non rilevata
 Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.5
 Strumento utilizzato... DMP 3020 PAGANI

Committente: Amministrazione Comunale di Vigonza
 Destinazione: Miglioramento ultimo strato a fasce
 Località: via Verdi - Vigonza

Data: 11/07/2019

Scala 1:50



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
1.5	24.73	8.94	Coesivo	0	20.59	22.65	15.44	0.76	18.79	terreno vegetale sottoposto a fenomeni di essiccazione
1.7	85.5	30.16	Incoerente	0	22.85	21.38	33.17	0.76	64.98	ghiaie e sabbie

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.5

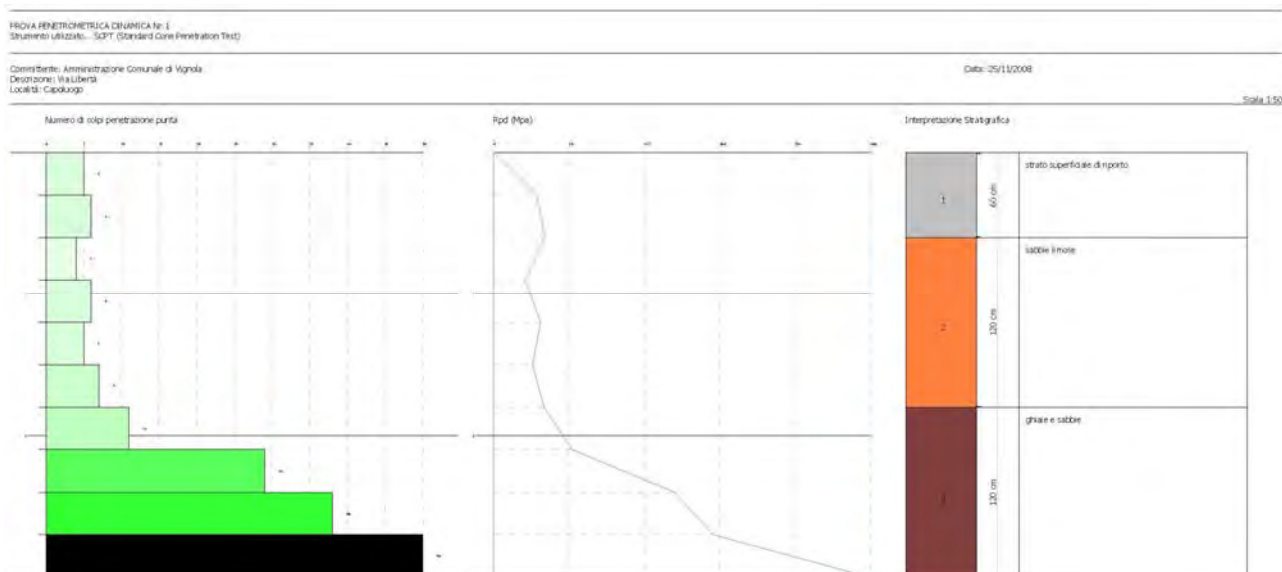
Strato	Prof. (m)	NSPT	Tipo	Peso unità di volume (KN/m³)	Peso unità di volume saturo (KN/m³)	Angolo di resistenza al taglio (°)	Coesione non drenata (KPa)	Modulo Edometrico (Mpa)	Modulo Elastico (Mpa)	Modulo Poisson	Modulo di taglio G (Mpa)
Strato (1) terreno vegetale sottoposto a fenomeni di essiccazione	0.00-1.50	18.79	Coesivo	20.59	22.65	--	124.35	18.97	18.43	--	--

Strato (2) ghiaie e sabbie	1.50- 1.70	64.98	Incoerente	18.89	21.54	46.19	--	15.78	39.22	0.22	322.44
-------------------------------------	---------------	-------	------------	-------	-------	-------	----	-------	-------	------	--------

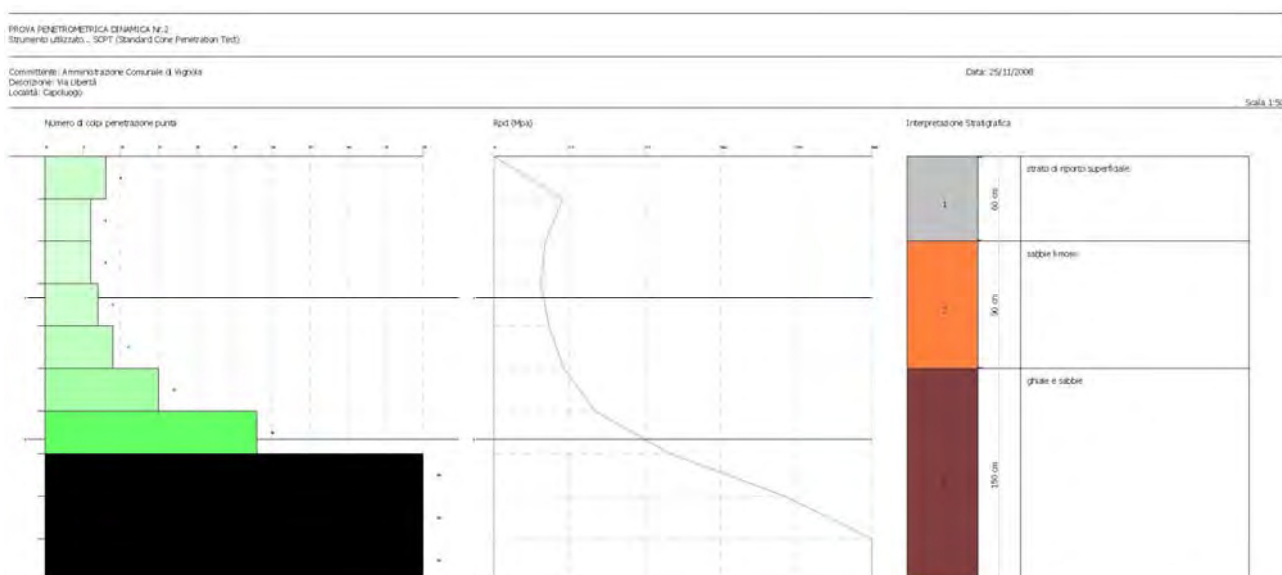
11.2 **PROVE PENETROMETRICHE AD INFISSIONE DINAMICA SCPT (anno 2008)**

Considerato che le indagini penetrometriche effettuate hanno evidenziato depositi superficiali di origine antropica che hanno limitato la profondità di indagine e che pertanto non hanno fornito un risultato sufficientemente adeguato alla determinazione delle caratteristiche del sottosuolo, sono state reperite in bibliografia nr. 3 indagini penetrometriche effettuate dallo scrivente nell'anno 2008 delle quali si riportano di seguito i diagrammi penetrometrici che sono stati utilizzati per la ricostruzione dell'andamento degli orizzonti stratigrafici dell'area.

INDAGINE PENETROMETRICA SCPT NR. 1 – ANNO 2008



INDAGINE PENETROMETRICA SCPT NR. 2 – ANNO 2008



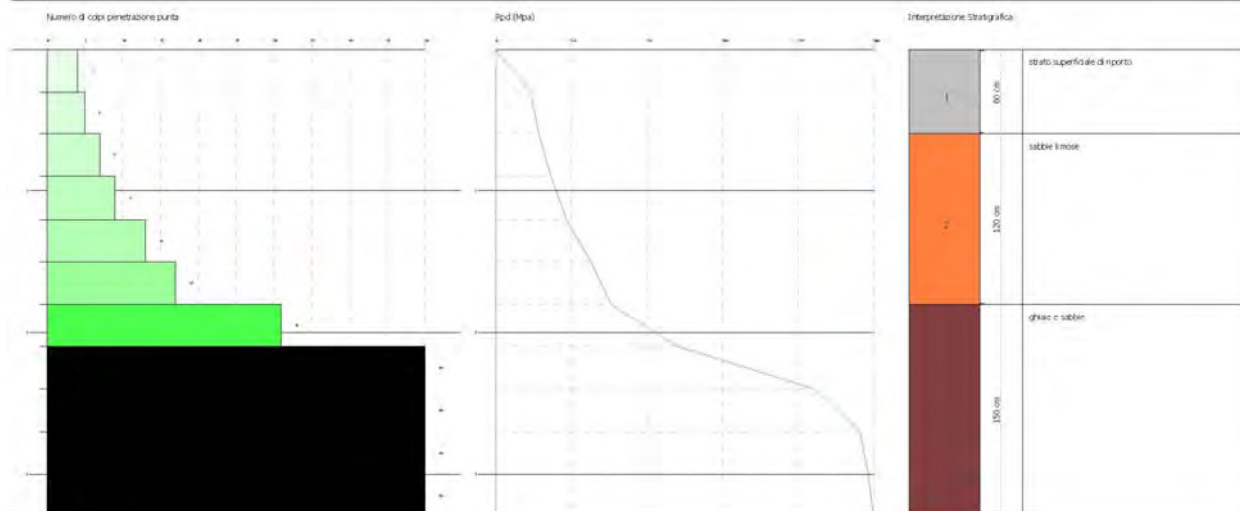
INDAGINE PENETROMETRICA SCPT NR. 3 – ANNO 2008

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA nr. 3
Strumento utilizzato: SCPT (Standard Cone Penetration Test)

Committente: Amministrazione Comunale di Vigonza
Descrizione: Via Libertà
Località: Capoluogo

Data: 29/11/2008

Scala: 1:50



11.3 INDAGINE SISMICA PASSIVA - HVSR

Al fine di determinare le caratteristiche geofisiche dei terreni costituenti il sottosuolo dell'area in esame, è stata eseguita nr. 1 indagine tomografica in data **18/07/2019**, mediante un tomografo digitale DVB9600 collegato ad un notebook per la memorizzazione dei dati.

Il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e 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.

I metodi che si basano sull'acquisizione del rumore sismico si dicono passivi in quanto il rumore non è generato ad hoc, come ad esempio le esplosioni della sismica attiva.

Nel tragitto dalla sorgente "s" al sito "x" le onde elastiche (sia di terremoto che di microtremore) subiscono riflessioni, rifrazioni, intrappolamento per fenomeni di guida d'onda, attenuazioni che dipendono dalla natura del sottosuolo attraversato. Questo significa che se da un lato l'informazione relativa alla sorgente viene persa e non sono più applicabili le tecniche della sismica classica di "ray tracing", è presente comunque una parte debolmente correlata nel segnale che può essere estratta e che contiene le informazioni relative al percorso del segnale ed in particolare relative alla struttura locale vicino al sensore. Questa informazione è però "sepolta" all'interno del rumore casuale e può essere estratta attraverso tecniche opportune.

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). In breve 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.

La registrazione del rumore sismico ambientale eseguita, tramite tromografo digitale ha permesso, la determinazione delle frequenze proprie di oscillazione del sito considerando il suolo come un corpo visco-elastico.

CARATTERISTICHE TECNICHE STRUMENTAZIONE SISMICA PASSIVA

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)
Orologio: interno, permanente con datario e allarme, può essere visualizzato anche durante l'acquisizione
Livella: a bolla d'aria, elevata precisione orizzontale, sensibilità 5' d'arco (0.083°)
Registrazione dati: notebook esterno con collegamento USB
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

L'elaborazione della registrazione dell'analisi sismica passiva è stata effettuata mediante l'utilizzo di un software denominato Geopsy eseguendo le sotto riportate procedure:

1. Divisione del tracciato acquisito in finestre di lunghezza L
2. Eliminazione del trend da ciascuna finestra,
3. Esecuzione dell'operazione di "taper" mediante l'utilizzo di una finestra Bartlett,
4. Esecuzione della procedura di "pad" di ciascuna finestra con inserimento di valori pari a 0 "zero",
5. Calcolo della trasformata di Fourier (FFT) per ciascuna finestra,
6. Calcolo dello spettro di ampiezza per ciascuna finestra,
7. Esecuzione dell'operazione di smoothing dello spettro di ogni finestra per evidenziare i pattern significativi, attenuando il rumore generato dai disturbi ambientali
8. Calcolo del rapporto spettrale HVSR di ogni frequenza, per ciascuna finestra.

La funzione HVSR finale deriva dalla media degli HVSR di ciascuna finestra.

Per produrre l'HVSR finale le componenti orizzontali si è proceduto alla media quadratica dei valori di HVSR di ogni finestra con successiva operazione di divisione della componente verticale.

Tutti i grafici di seguito riportati derivanti dalla procedura di elaborazione stati ottenuti con lisciamento secondo finestre triangolari con ampiezza pari al 10% della frequenza centrale.

HVSR 1 – SCUOLA JACOPO BAROZZI – VIA LIBERTA' - VIGNOLA

Instrument: DVB9600

Data format: 16 byte

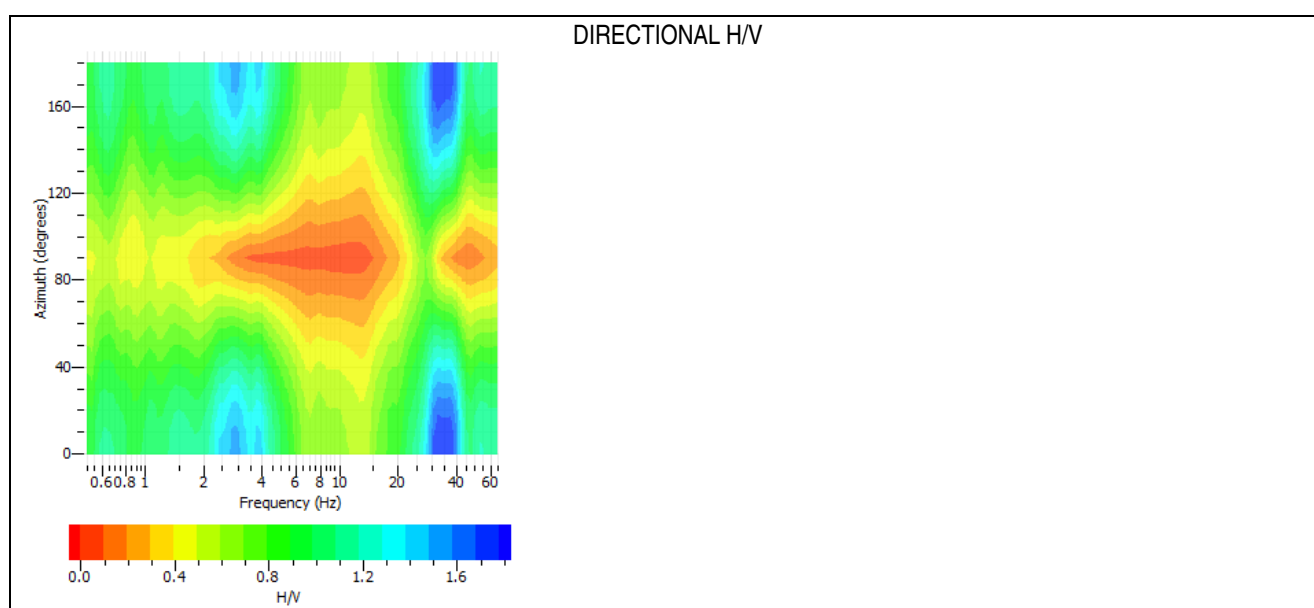
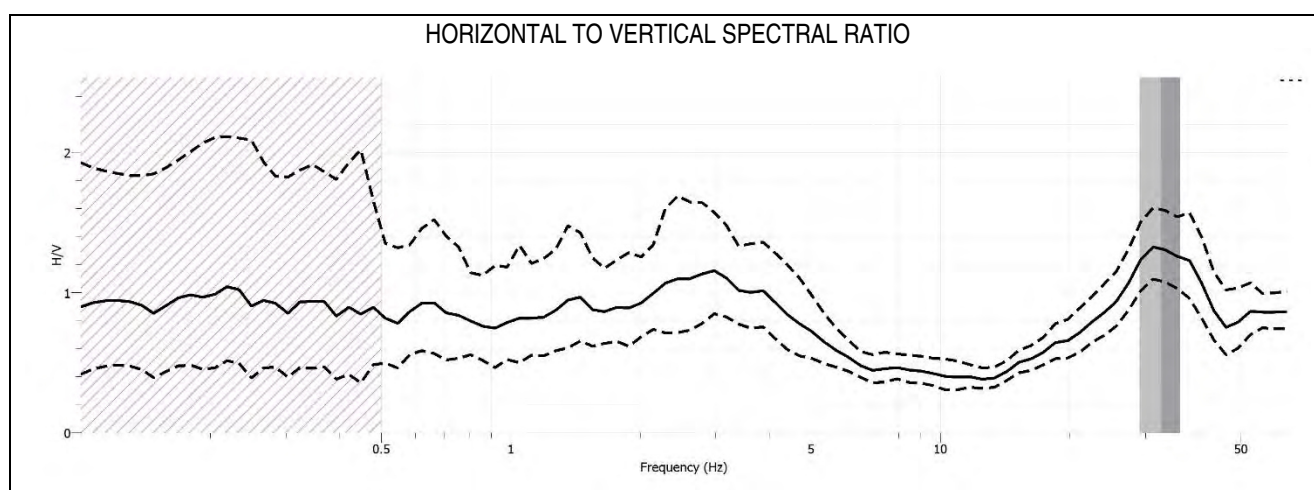
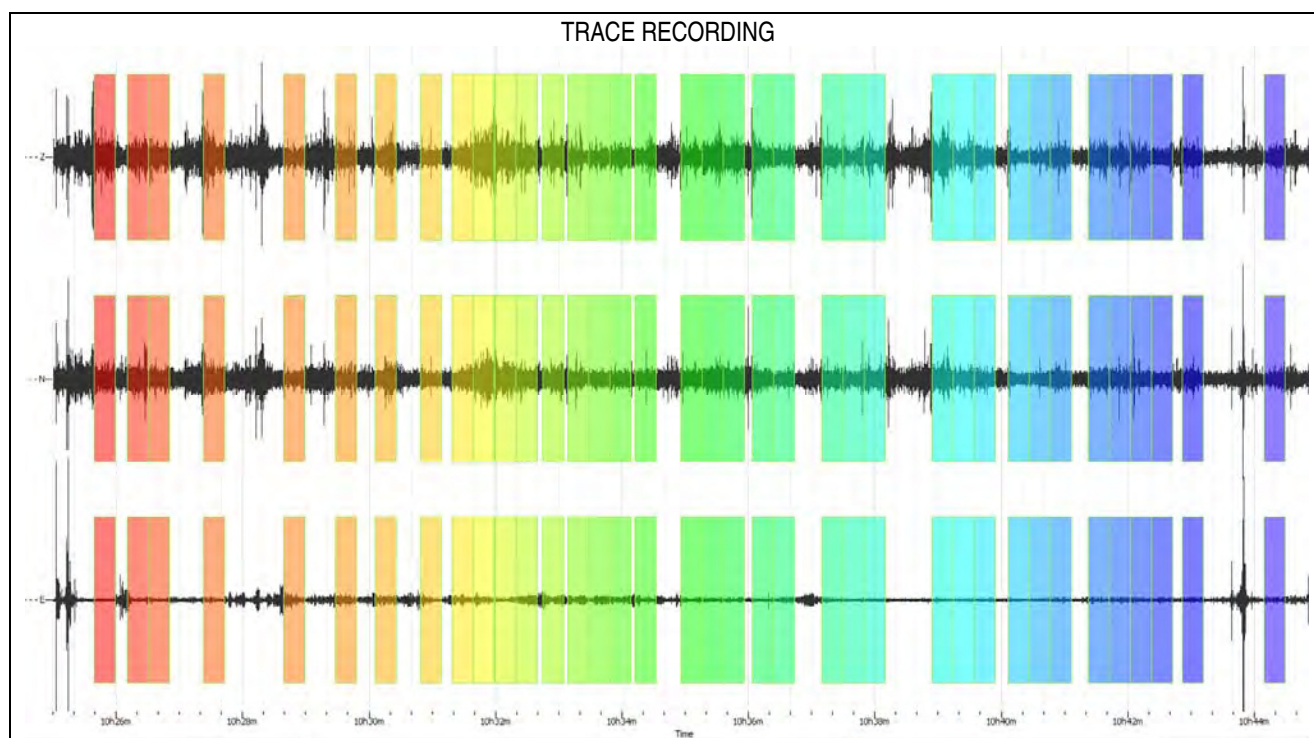
Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 18/07/19 10:23:24 End recording: 18/07/2019 10:43:24

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Trace length: 0h20'00". Analyzed 87% trace (manual window selection)

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



Dall'analisi dei risultati ottenuti si è evidenziato un picco di risonanza principale alla frequenza di **32.58 Hz** corrispondente al contatto tra lo strato di copertura superficiale e la formazione ghiaiosa sottostante e di un picco secondario con frequenza pari a **2.95 Hz** riconducibile ad un contatto profondo posto alla profondità di circa 80 ml. dal p.c. attuale.

11.4 **INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE – TECNICA M.A.S.W**

L'indagine sismica a rifrazione con tecnica di acquisizione M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves) eseguita sull'area oggetto di studio è stata effettuata mediante l'utilizzo di una strumentazione avente le sotto riportate caratteristiche tecniche:

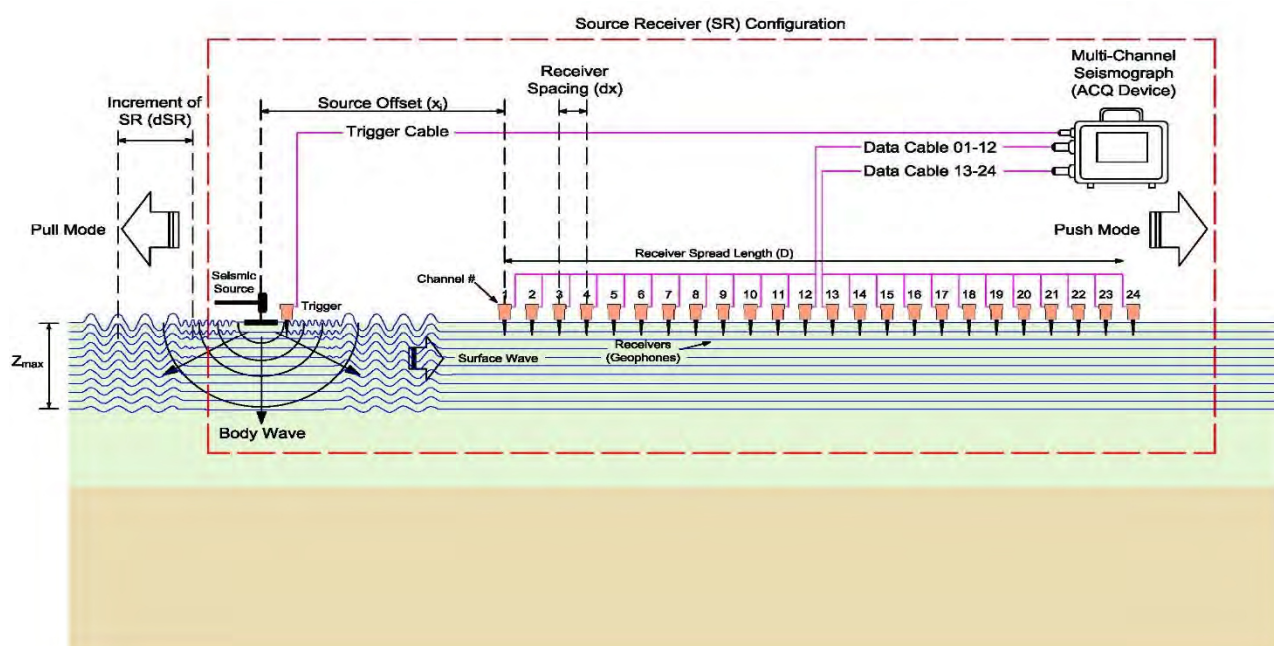
- Acquisitore a 24 canali fabbricato dalla ditta Pasi mod. 16GEA24 dotato di convertitore analogico/digitale
- Risoluzione 24bit
- 24 geofoni a frequenza di risonanza pari 4.5 Hz e distorsione inferiore allo 0,2%
- Nr. 2 Cavi telemetrici con 12 connettori cadauno per collegamento geofoni – lunghezza 75 mt
- Energizzazione è stata utilizzata una mazza di 10 Kg battente su un piattello metallico
- Start trigger mediante geofono da 10Hz posto a contatto del piattello metallico.

Caratteristiche geometriche e di registrazione della base sismica

- Tipo di stendimento: Lineare
- Equidistanza geofonica: 1.00 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 ad una estremità dello stendimento ad una distanza massima pari a 10,00 m dal primo geofono

Figura 34: SCHEMA DEL SISTEMA DI ACQUISIZIONE



11.5 **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 finale 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.

Figura 35: PARAMETRI DI ELABORAZIONE ED 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

Figura 36: ANDAMENTO DELLE TRACCE RILEVATE DURANTE L'ACQUISIZIONE

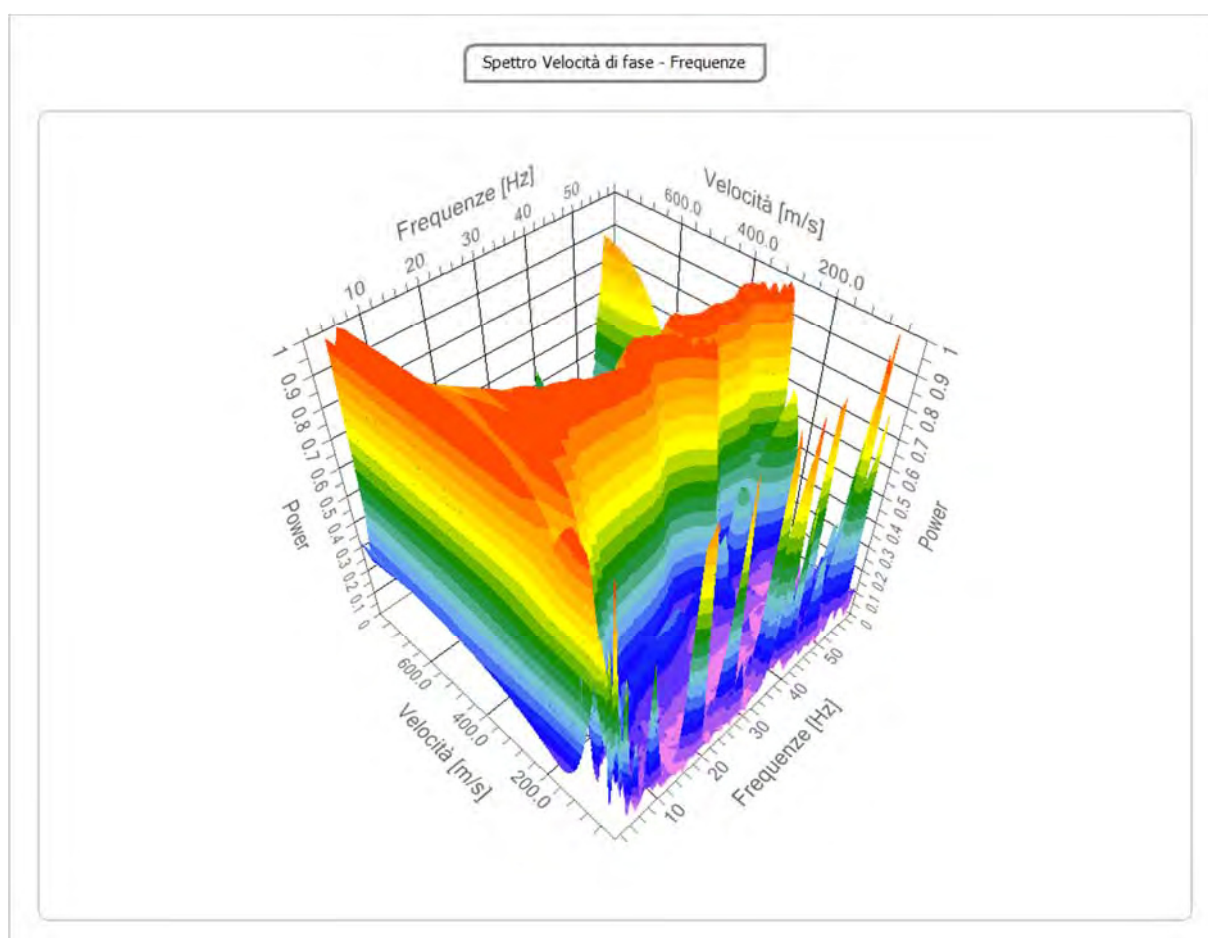
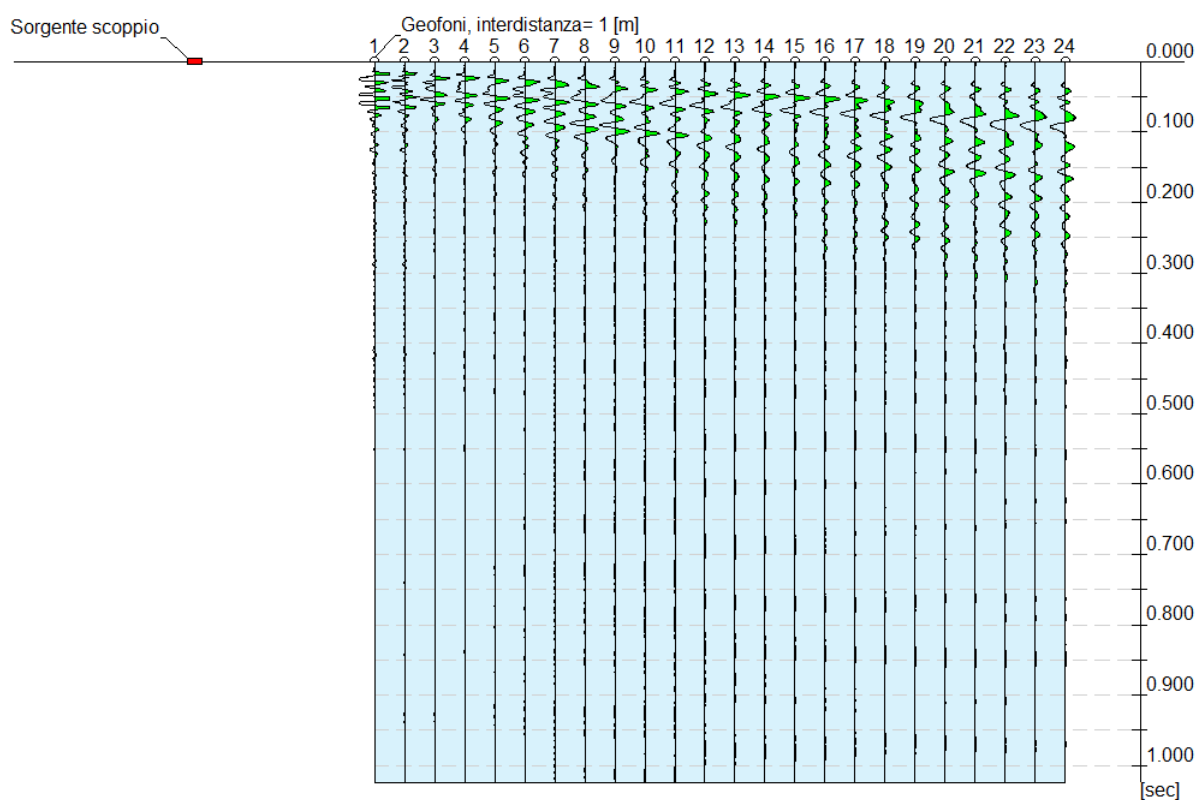


Figura 37: TABELLA RIPORTANTE I VALORI DELLA CURVA DI DISPERSIONE

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/s]	Modo
1	5.7	474.8	0
2	7.6	427.5	0
3	10.6	389.9	0
4	14.6	373.5	0
5	17.1	363.7	0
6	20.7	353.9	0
7	23.1	344.1	0
8	25.7	336.0	0
9	27.8	332.7	0
10	29.6	324.5	0
11	31.6	316.4	0
12	38.0	295.1	0
13	40.4	286.9	0
14	41.0	373.5	1
15	43.3	360.5	1
16	45.9	347.4	1
17	47.9	339.2	1
18	49.9	334.3	1
19	52.6	322.9	1
20	55.0	313.1	1
21	57.2	304.9	1
22	58.9	298.4	1

Figura 38: ANDAMENTO DELLA CURVA DI DISPERSIONE

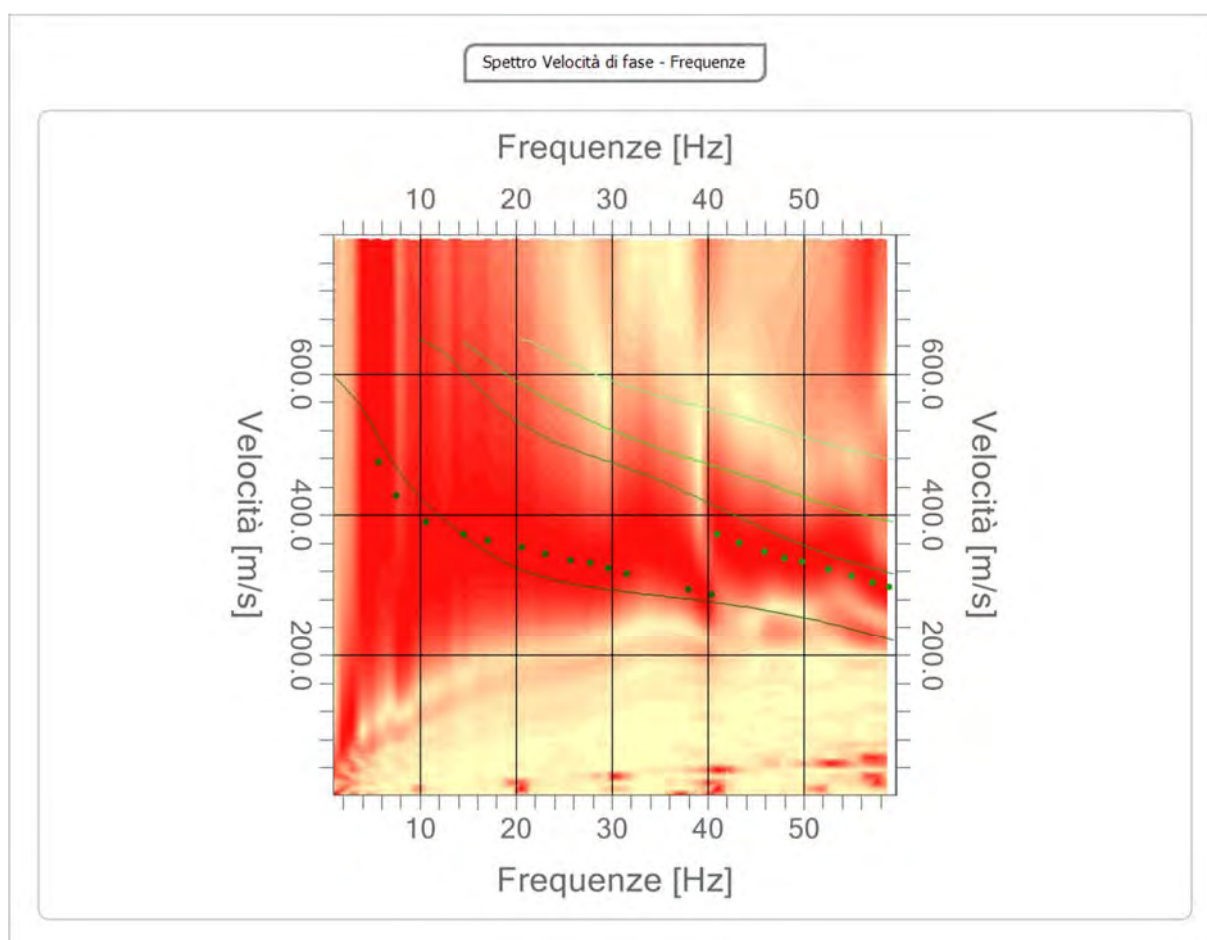


Figura 39: ANDAMENTO DELLA CURVA OTTENUTA CON IL PROCESSO DI INVERSIONE

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	1.09	1.09	1800.0	0.30	No	298.6	159.6
2	2.29	1.20	1810.0	0.40	No	678.6	277.0
3	8.91	6.62	1880.0	0.20	No	674.8	413.2
4	23.31	14.40	1850.0	0.40	Si	1144.8	467.4
5	34.85	11.54	1860.0	0.35	Si	1005.1	482.9
6	46.53	11.68	1870.0	0.40	Si	1451.0	592.4
7	oo	oo	1880.0	0.40	Si	1645.3	671.7

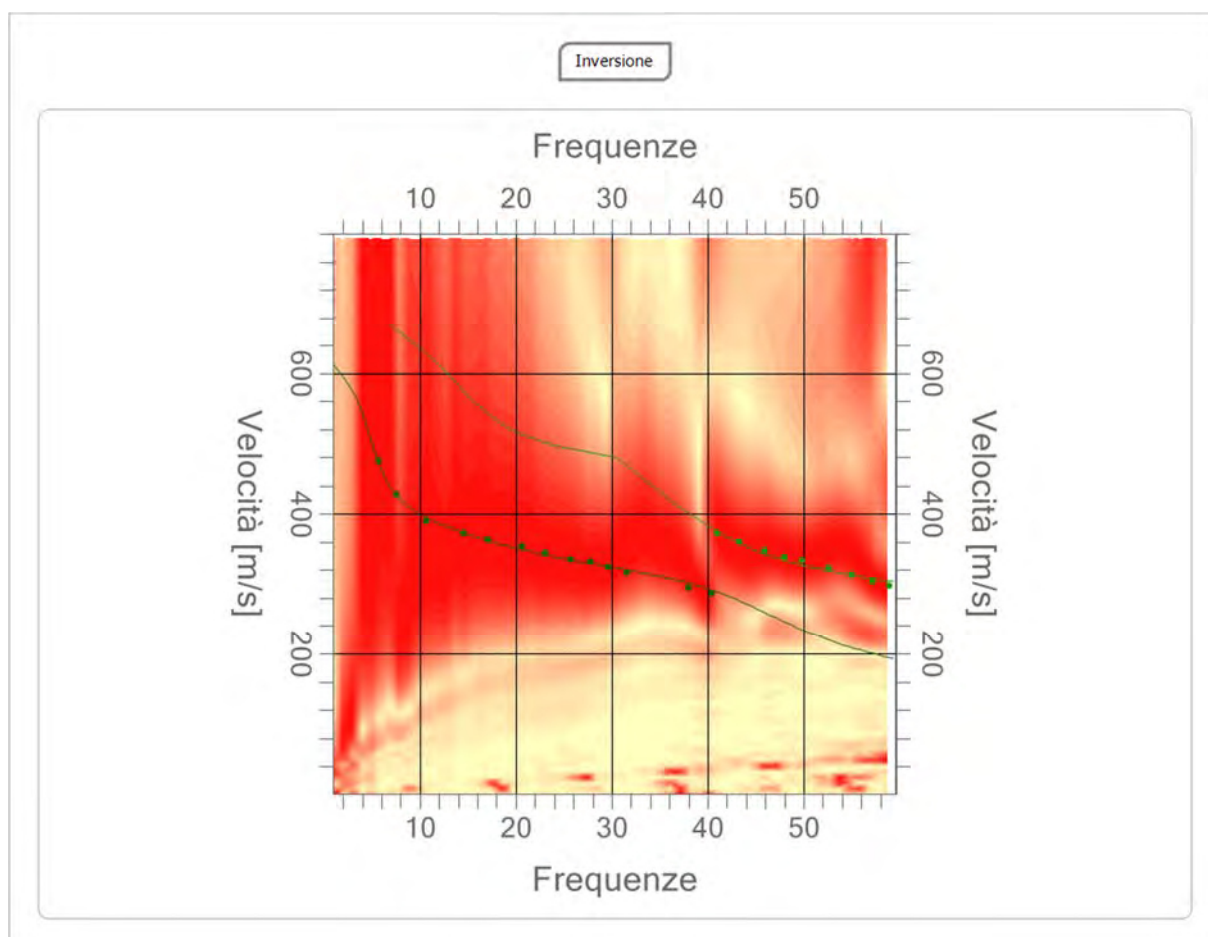


Figura 40: ANDAMENTO DELLA FUNZIONE DI TRASFERIMENTO E DISADATTAMENTO

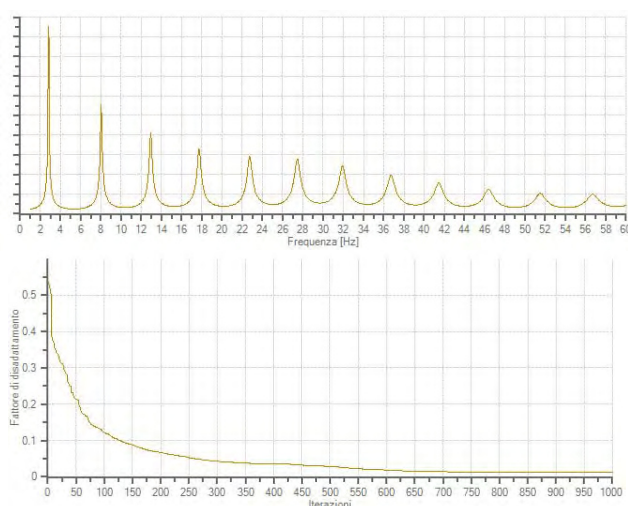
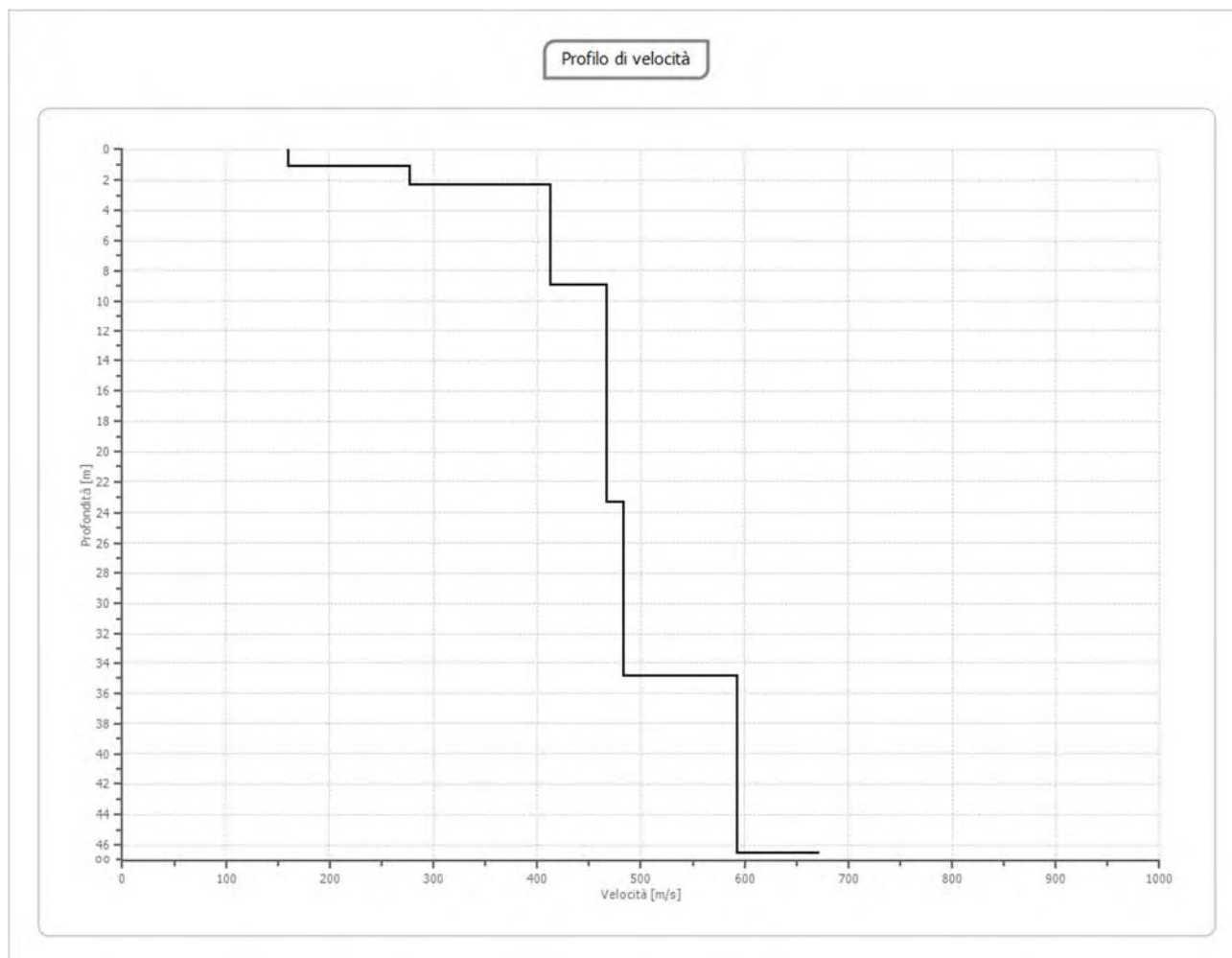


Figura 41: ANDAMENTO IN PROFONDITA' DELLA VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO



Al termine della elaborazione si è riscontrata una convergenza dei valori (Errore dell'elaborazione) pari a **0,012%**, con un fattore di disadattamento della soluzione pari a **0,012**.

Figura 42: 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	1.09	1.09	159.62	298.62	1800.00	0.30	45.86	160.51	99.36	119.23	N/A	244.83
2	2.29	1.20	277.02	678.57	1810.00	0.40	138.90	833.43	648.22	388.93	N/A	3909.18
3	8.91	6.62	413.23	674.79	1880.00	0.20	321.02	856.05	428.03	770.45	N/A	N/A
4	23.31	14.40	467.36	1144.80	1900.00	0.40	415.01	2490.06	1936.71	1162.03	N/A	N/A
5	34.85	11.54	482.85	1005.14	1910.00	0.35	445.31	1929.67	1335.93	1202.33	N/A	N/A
6	46.53	11.68	592.38	1451.03	1920.00	0.40	673.75	4042.51	3144.18	1886.51	N/A	N/A
7	∞	∞	671.68	1645.28	1930.00	0.40	870.73	5224.41	4063.43	2438.06	0.00	N/A

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 sottoriportata 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.

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 **46,53 ml.** dal piano campagna, profondità alla quale non si sono riscontrati valori di velocità superiori a 800 m/s, pertanto di seguito è stato calcolato il valore di $V_{s,30}$ con il quale il tecnico incaricato per la stesura della relazione geologica e sismica dovrà fare riferimento per la determinazione della categoria di sottosuolo

Velocità onde V_s da elaborazione MASW				
Strato	Base strato [m]	h_i [m]	$V_{s,i}$ [m/s]	$h_i / V_{s,i}$ [s]
1	1.09	1.09	159.62	0.006829
2	2.29	1.20	277.02	0.004332
3	8.91	6.62	413.23	0.016020
4	23.31	14.40	467.36	0.030811
5	34.85	6.69	482.85	0.013855
6	46.53	0.00	592.38	0.000000

Calcolo del valore di $V_{s,30}$		
$V_{s,30}$ calcolato	417.55	[m/s]
Errore strumentale	0.012	[%]
$V_{s,30}$ - Max	417.60	[m/s]
$V_{s,30}$ - Min	417.50	[m/s]

Come riportato nella precedente tabella ai sensi del D. Min. Infrastrutture e Trasporti del 17/01/2018 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 pari a **417,55 m/s**, il quale, tenuto in considerazione l'errore derivante dall'elaborazione dei dati, risulta essere compreso tra **417,50 e 417,60 m/s**.

Con riferimento alla profondità di posa delle strutture di fondazione nella successiva tabella viene indicato il valore relativo della $V_{s,30}$ all'aumentare della profondità di posa delle fondazioni fino alla profondità massima di 5,00 ml.

Valore di $V_{s,30}$ al variare della profondità di posa delle fondazioni			
Quota di posa delle fondazioni			$V_{s,30}$ - Min
Fondazioni posate ad una quota di	0.00	ml. da piano campagna	418
Fondazioni posate ad una quota di	0.50	ml. da piano campagna	430
Fondazioni posate ad una quota di	1.00	ml. da piano campagna	443
Fondazioni posate ad una quota di	1.50	ml. da piano campagna	450
Fondazioni posate ad una quota di	2.00	ml. da piano campagna	455
Fondazioni posate ad una quota di	2.50	ml. da piano campagna	459
Fondazioni posate ad una quota di	3.00	ml. da piano campagna	460
Fondazioni posate ad una quota di	3.50	ml. da piano campagna	461
Fondazioni posate ad una quota di	4.00	ml. da piano campagna	463
Fondazioni posate ad una quota di	4.50	ml. da piano campagna	464
Fondazioni posate ad una quota di	5.00	ml. da piano campagna	466

12 AZIONE SISMICA DA NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI (NTC 2018)

12.1 VITA NOMINALE DELL'OPERA

Il D.M. 17/01/2018 al punto 3.2 "Azione sismica" stabilisce che la pericolosità sismica locale è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido e con superficie topografica orizzontale (suolo di tipo A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} , nel periodo di riferimento V_R .

Per il lotto in esame le forme spettrali dovranno essere definite, per ciascuna delle Probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , per i vari Periodi di ritorno T_R .

Figura 43: TABELLA VITA NOMINALE DELL'OPERA (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 44: 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 45: 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 rigidità 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 rigidità

nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;

- **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.

Stati limite	P_{VR} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R	
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 46: PUNTI DELLA GRIGLIA UTILIZZATI PER IL CALCOLO DEI VALORI DEI PARAMETRI

Nel caso in esame, in relazione alla tipologia dell'intervento in progetto, si può attribuire la **Classe d'uso pari a 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*) e di conseguenza un **coefficiente della costruzione (c_u)** pari a **1,50**, stabilendo una Vita nominale della costruzione (**Vn**) pari a **50 anni**; pertanto il Periodo di riferimento **Vr ($Vn \cdot c_u$)** risulta pari a **75 anni** e un **Tr pari a 712 anni** per lo Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV).

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	0.053	2.491	0.255
50	0.066	2.496	0.268
72	0.077	2.490	0.273
101	0.088	2.474	0.279
140	0.101	2.462	0.281
201	0.118	2.435	0.284
475	0.163	2.404	0.292
975	0.205	2.409	0.306
2475	0.266	2.474	0.318

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	45	0.063	2.495	0.265
SLD	75	0.078	2.488	0.274
SLV	712	0.185	2.407	0.300
SLC	1462	0.230	2.437	0.311

Nel caso specifico dall'analisi sismiche effettuate sul sito (MASW) si evince che la profondità del substrato è superiore a 30 m, e pertanto per la determinazione della categoria di sottosuolo secondo l'approccio semplificato permette di determinare la velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio $V_{S,eq}$ (in m/s) che definisce pertanto il valore di $V_{S,30}$ come di seguito calcolato che è risultato, a partire dal p.d.c. attuale pari a **417 m/s**.

In base al valore di $V_{S,30}$, il suolo di fondazione dell'area in esame può essere considerato di **tipo B**: **“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 360 m/s e 800 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.

Si sono pertanto determinati i sotto riportati parametri, riferiti sia agli stati limite di esercizio che a quelli limiti ultimi.

Ss: coefficiente di amplificazione stratigrafica;

Cc: coefficiente di correzione del valore di T_C^* ;

St: coefficiente di amplificazione topografica.

Da questi sono stati ricavati il coefficiente S, che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni stratigrafiche, e i periodi caratteristici T_B , T_C e T_D dello spettro di risposta in accelerazione delle componenti orizzontali:

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.185 g
F_o	2.407
T_C^*	0.300 s
S_S	1.200
C_C	1.399
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.200
η	1.000
T_B	0.140 s
T_C	0.420 s
T_D	2.341 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

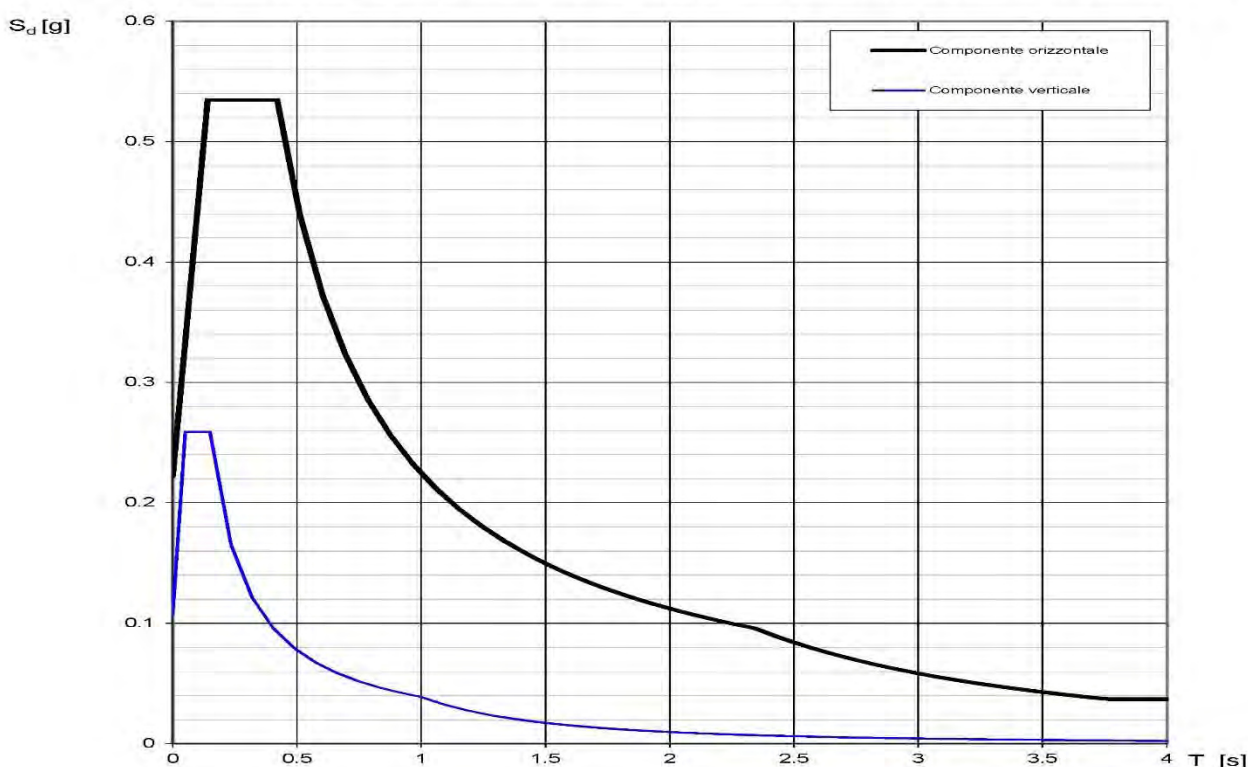
$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.222
$T_B \leftarrow$	0.140	0.535
$T_C \leftarrow$	0.420	0.535
	0.511	0.439
	0.603	0.373
	0.694	0.323
	0.786	0.286
	0.877	0.256
	0.969	0.232
	1.060	0.212
	1.152	0.195
	1.243	0.181
	1.335	0.168
	1.426	0.157
	1.517	0.148
	1.609	0.140
	1.700	0.132
	1.792	0.125
	1.883	0.119
	1.975	0.114
	2.066	0.109
	2.158	0.104
	2.249	0.100
$T_D \leftarrow$	2.341	0.096
	2.420	0.090
	2.499	0.084
	2.578	0.079
	2.657	0.074
	2.736	0.070
	2.815	0.066
	2.894	0.063
	2.973	0.059
	3.052	0.056
	3.131	0.054
	3.210	0.051
	3.289	0.049
	3.368	0.046
	3.447	0.044
	3.526	0.042
	3.605	0.040
	3.684	0.039
	3.763	0.037
	3.842	0.037
	3.921	0.037
	4.000	0.037

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV



13 CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA E SISMICA MEDIANTE L'APPROCCIO SEMPLIFICATO (NTC 2018)

Si riporta di seguito la Caratterizzazione Geologico-geotecnica e Sismica e del sito sulla base delle indagini effettuate sull'area oggetto d'intervento.

Caratterizzazione Sismica da NTC 2018

- La zona sismica di riferimento è la "Zona 3".
- Le indagini sismiche effettuate hanno fornito valori di $V_{s,30}$ pari a **417 m/s** (base sismica MASW) a partire dal p.d.c. attuale
- Il valore di $V_{s,30}$ calcolato consente di attribuire al suolo di fondazione la categoria "B", categoria che rimane immutata anche considerando il piano di posa delle fondazioni.
- Le caratteristiche stratigrafiche comportano una amplificazione sismica locale per effetti litologici valutata mediante l'approccio semplificato delle NTC 2018 è risultato essere pari a **1,20**.
- La topografia dell'area non raggiunge acclività tali da assoggettarla a fattori di amplificazione topografica

14 CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA MEDIANTE STUDIO DI RISPOSTA SISMICA LOCALE CON IL III° LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

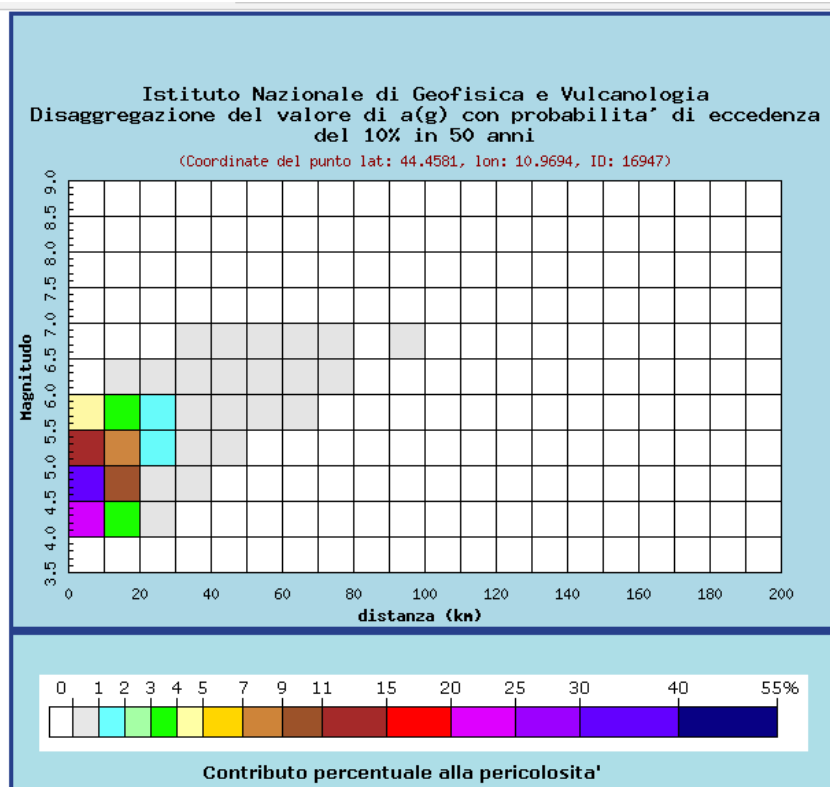
Considerato che il fabbricato di tipo scolastico è secondo quanto riportato nelle NTC 2018 è soggetto ad affollamenti significativi e peraltro dalla consultazione delle cartografie del quadro conoscitivo allegato al PSC del Comune di Vignola che definisce l'area soggetta ad amplificazione per le caratteristiche litologiche, si è reso necessario un approfondimento mediante uno studio di Risposta Sismica Locale di III° livello di approfondimento finalizzato a definire con un maggiore dettaglio le azioni sismiche che dovranno essere prese in considerazione dal progettista strutturale.

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 **0.185 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 47: GRAFICO DI DISAGGREGAZIONE E TABELLE DI CORRELAZIONE MAGNITUDO/DISTANZA



Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 44.4581, lon: 10.9694, ID: 16947)										
	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	31.900	14.300	4.400	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	3.500	9.030	7.220	3.520	0.055	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.056	0.908	1.790	1.480	0.109	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.014	0.301	0.572	0.184	0.025	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.019	0.182	0.136	0.026	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.025	0.045	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.006	0.004	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

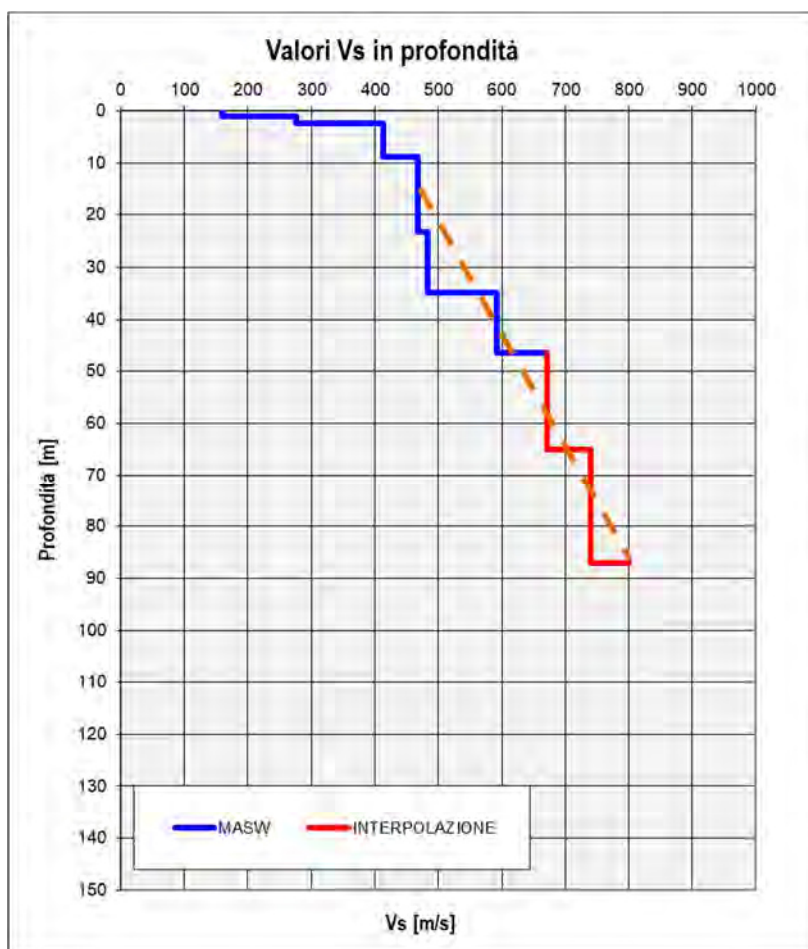
Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.870	8.430	0.904

I dati desunti dal grafico di disaggregazione (**M=4.870, Distanza 8.430**) sono stati utilizzati per l'estrazione degli accelerogrammi mediante il software REXEL.

A seguito dell'elaborazione condotta, riportata integralmente in allegato, ha permesso di costruire lo spettro medio di risposta sismica locale che è stato normalizzato mediante valutazione grafica in modo da includere tutti i picchi dello spettro di risposta elastico e confrontato con gli spettri di normativa con suoli di tipo A e B.

Le indagini effettuate non hanno raggiunto il substrato rigido di riferimento o Bedrock sismico (che secondo la normativa vigente (D.M. 17/01/2018) è caratterizzato da velocità delle onde S maggiori o uguali a 800 m/sec).






















Il profilo di Vs è ottenuto mediante la combinazione delle indagini MASW e HVSR il quale è stato estrapolato in profondità sulla base delle stratigrafie reperite in bibliografia costituite da sondaggi geognostici e/o pozzi idrici presenti nelle vicinanze che hanno consentito di collocare il bedrock sismico convenzionale alla profondità di circa **87** metri dal p.d.c.



Si riportano nella tabella sottostante, la stratigrafia, i valori di Vs presi a riferimento per l'analisi di Risposta Sismica Locale eseguita per il sito, sulla base delle indagini geognostiche e geofisiche eseguite sul sito.

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Terreno	Gmax [MPa]	Smorzamento critico [%]	Peso unità vol. [kN/m³]	Vs [m/s]	Tensione verticale [kPa]
1	--	1.1	Vucetic & Dorby (1991) PI=30	46.74	--	18.0	159.6	9.9
2	1.1	1.2	Vucetic & Dorby (1991) PI=30	141.57	--	18.1	277.0	30.7
3	2.3	6.6	Lombardia - Ghiaie	327.20	--	18.8	413.2	103.6
4	8.9	14.4	Vucetic & Dorby (1991) PI=30	423.12	--	19.0	467.4	231.8
5	23.3	11.5	Vucetic & Dorby (1991) PI=50	454.02	--	19.1	482.9	351.4
6	34.8	11.7	Vucetic & Dorby (1991) PI=50	686.85	--	19.2	592.4	459.7
7	46.5	18.5	Vucetic & Dorby (1991) PI=50	887.64	--	19.3	671.7	602.4
8	65.0	22.0	Vucetic & Dorby (1991) PI=50	1088.50	--	19.5	740.0	796.8
9	oo	--	Smorzamento costante	1278.70	--	19.6	800.0	903.4

Strato con falda: 3
Strato rilevamento accelerogramma: 9 Affiorante

Profilo	Velocità (cm/s)	Accelerazione (g)
		
		
		
		
		
		
		

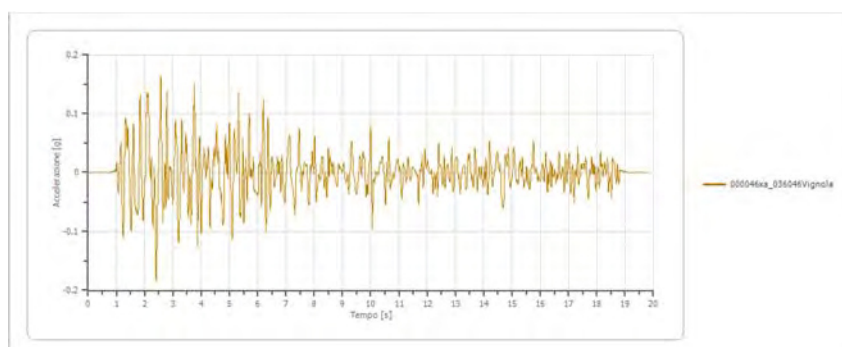
14.1 DATI DI INPUT SISMICO

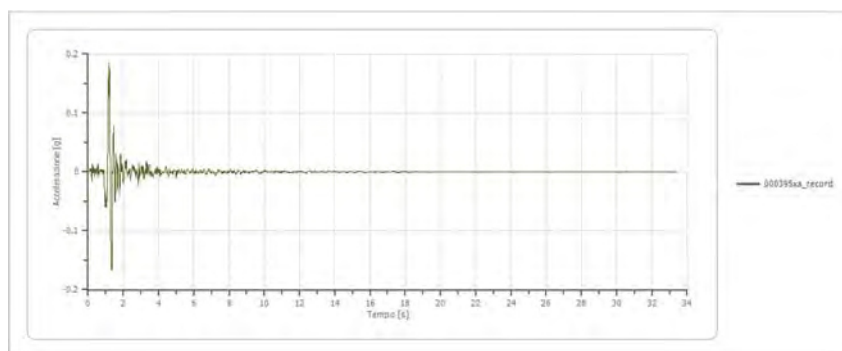
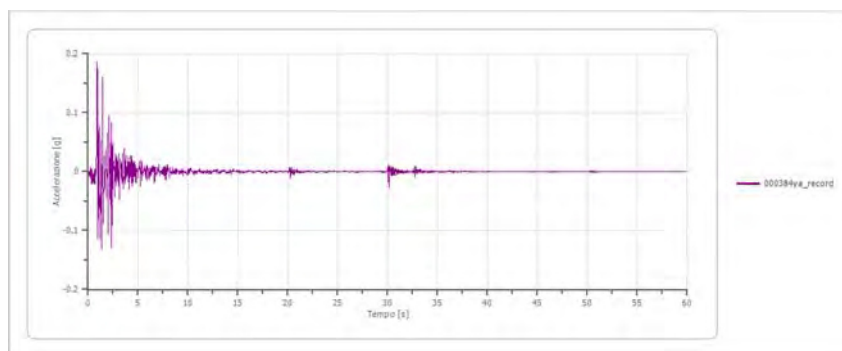
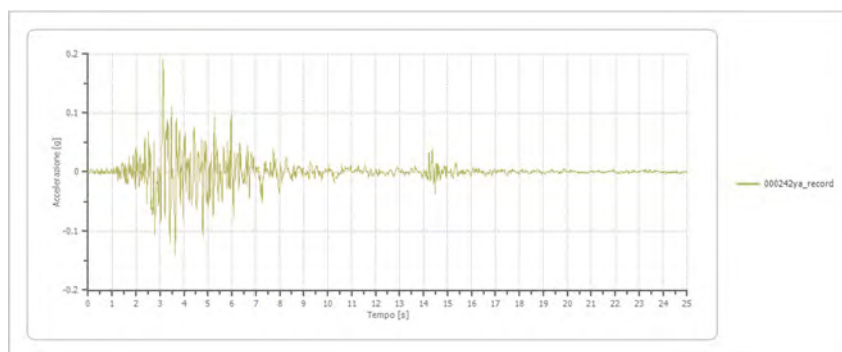
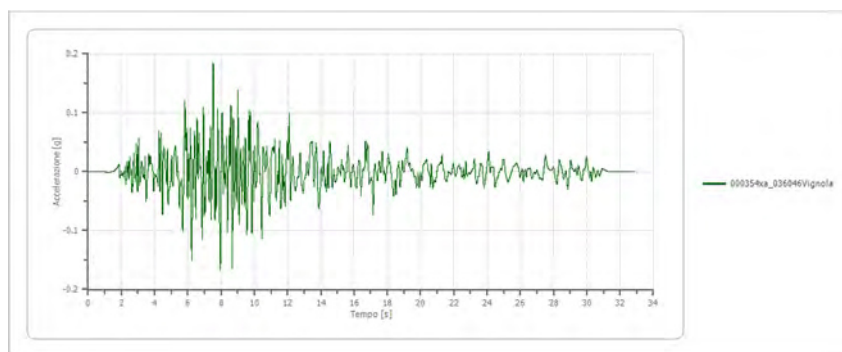
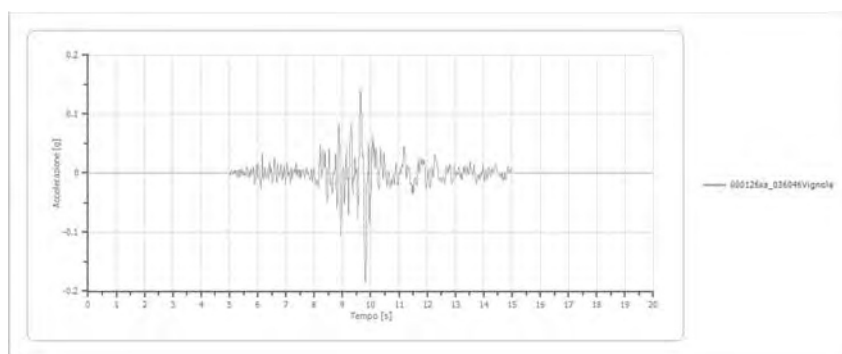
La valutazione della risposta sismica locale è stata eseguita utilizzando un software commercializzato dalla ditta Geostru denominato Risposta Sismica Locale RSL III – Rel. 2020, basato sul codice SHAKE 91 per quanto concerne le soluzioni relative alle propagazioni delle onde di taglio.

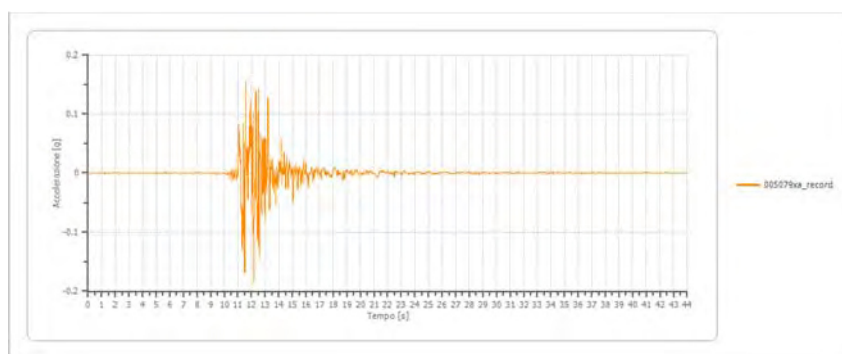
Si tratta di un modello monodimensionale applicabile al sito in esame, in cui le cause principali di amplificazione del moto sismico sono il fenomeno di intrappolamento di onde S all'interno del deposito, favorito dal contrasto di impedenza fra terreno e basamento roccioso e la risonanza, determinata 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 rigidità 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 **0.185 g**.

Di seguito sono riportati gli accelerogrammi utilizzati.





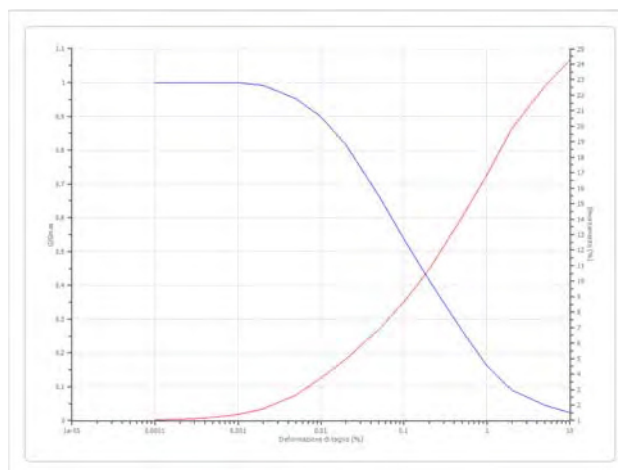


L'analisi è stata effettuata inoltre a partire da curve di variazione del modulo di rigidezza a taglio G e del fattore di smorzamento D (damping ratio) in funzione della deformazione per le diverse tipologie di materiali tratte da "Gruppo di lavoro MS, 2008 - Indirizzi e criteri per la microzonazione 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

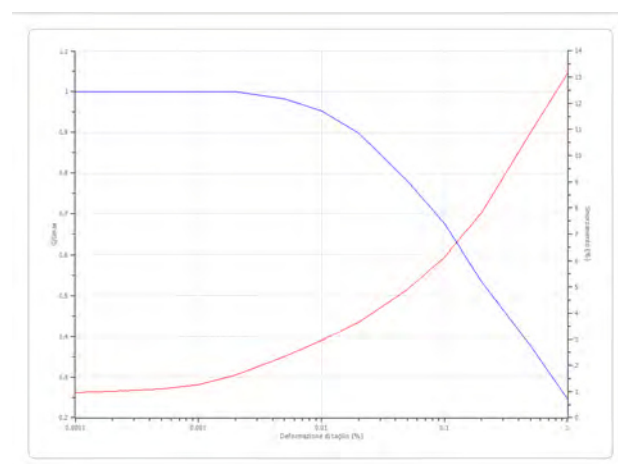
Vucetic & Dorby (1991) $PI=30$

Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.0001	1.000	0.0001	1.030
0.0002	1.000	0.0002	1.080
0.0005	1.000	0.0005	1.194
0.001	1.000	0.001	1.412
0.002	0.992	0.002	1.744
0.005	0.953	0.005	2.658
0.010	0.898	0.010	3.738
0.020	0.816	0.020	4.983
0.050	0.664	0.050	6.894
0.100	0.537	0.100	8.640
0.200	0.416	0.200	10.760
0.500	0.266	0.500	14.120
1.000	0.162	1.000	16.860
2.000	0.090	2.000	19.850
5.000	0.045	5.000	22.590
10.000	0.023	10.000	24.250



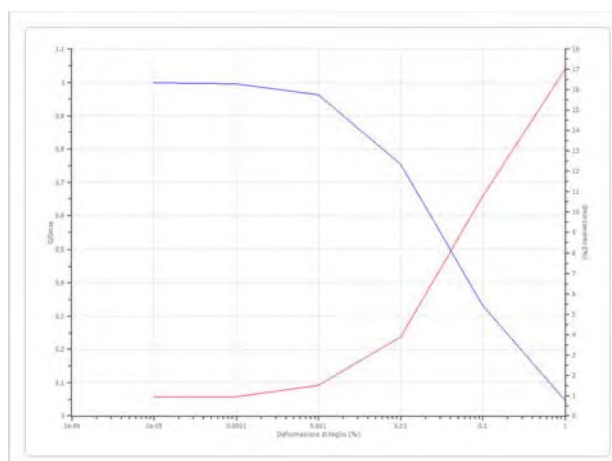
Vucetic - P.I. 50

Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.0001	1.000	0.0001	0.960
0.0002	1.000	0.0002	1.000
0.0005	1.000	0.0005	1.100
0.001	1.000	0.001	1.270
0.002	1.000	0.002	1.620
0.005	0.982	0.005	2.330
0.010	0.953	0.010	2.950
0.020	0.898	0.020	3.650
0.050	0.781	0.050	4.900
0.100	0.676	0.100	6.150
0.200	0.535	0.200	7.810
0.500	0.377	0.500	10.880
1.000	0.246	1.000	13.141



Lombardia – Ghiaie

Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.00001	1.000	0.00001	0.9488
0.0001	0.996	0.0001	0.9488
0.001	0.9624	0.001	1.4981
0.010	0.754	0.010	3.8938
0.100	0.3311	0.100	10.7935
1.000	0.0476	1.000	17.0087



Dati generali

Descrizione	Miglioramento sismico scuola J. Barozzi - Vignola
Committente	Amministrazione Comunale di Vignola
Cantiere	Via Libertà
Latitudine	44.477993[°]
Longitudine	11.0057[°]

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	1.93 E-05

Fattori di amplificazione ICMS 2018

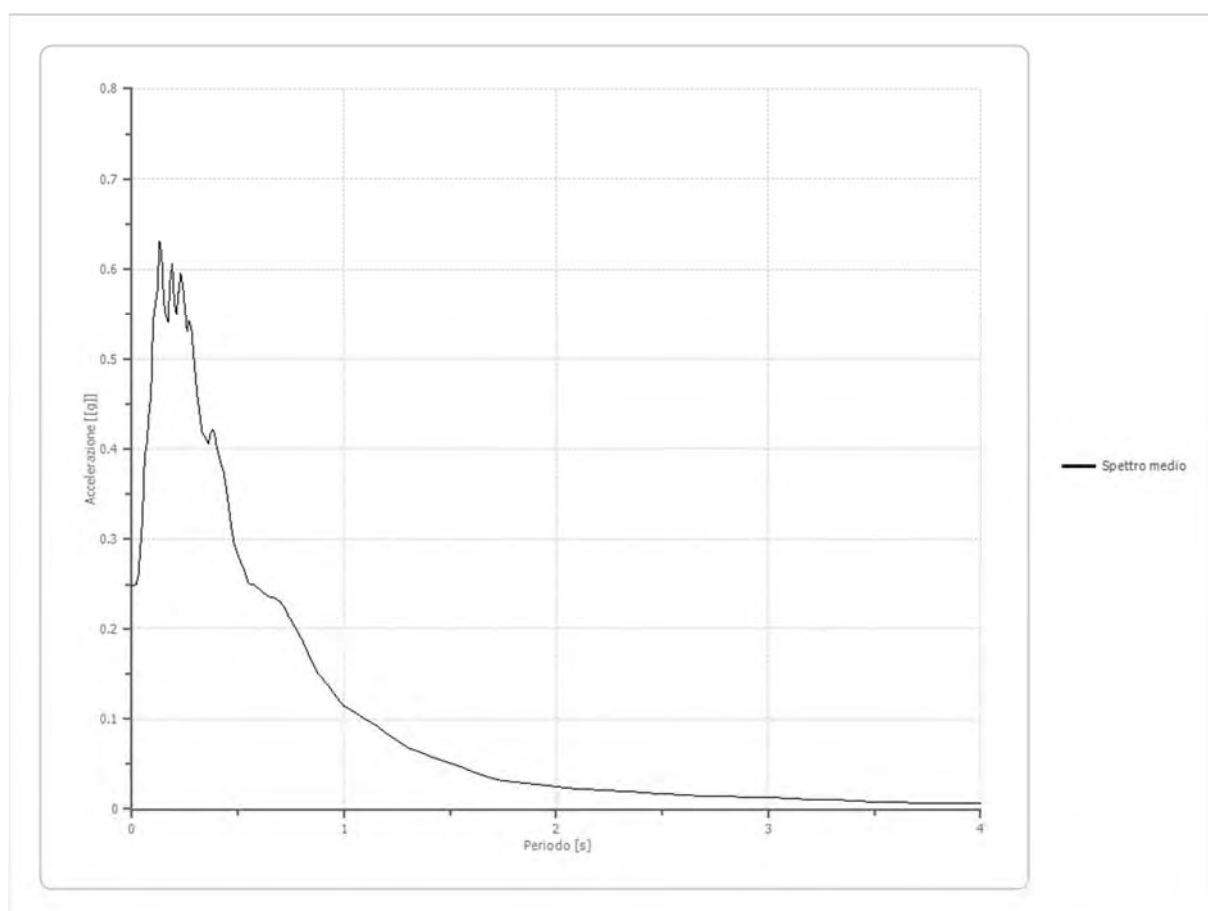
Tai	0.130 [s]
Tvi	0.740 [s]
Tao	0.130 [s]
Tvo	0.680 [s]
Sami	3.967 [m/s ²]
Svmi	0.199 [m/s]
Samo	5.335 [m/s ²]
Svmo	0.260 [m/s]
Fa	1.345 [-]
Fv	1.304 [-]
TB	0.102 [s]
TC	0.306 [s]
TD	2.468 [s]
SA(0)	0.217 [g]
SA(TB)	0.544 [g]

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	0.058	0.082	0.200	1.402
0.500	1.000	0.097	0.127	0.500	1.311

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	0.2491	0.26	0.5299	0.52	0.2714	0.98	0.1193	2.25	0.0204
0.01	0.2491	0.27	0.5426	0.53	0.2658	1.00	0.1133	2.30	0.0200
0.02	0.2507	0.28	0.5346	0.54	0.2579	1.05	0.1069	2.35	0.0194
0.03	0.2586	0.29	0.5068	0.55	0.2515	1.10	0.0998	2.40	0.0186
0.04	0.2899	0.30	0.4786	0.56	0.2501	1.15	0.0926	2.50	0.0170
0.05	0.3239	0.31	0.4551	0.57	0.2496	1.20	0.0839	2.60	0.0156
0.06	0.3910	0.32	0.4380	0.58	0.2482	1.25	0.0757	2.70	0.0147
0.07	0.4053	0.33	0.4190	0.60	0.2447	1.30	0.0678	2.80	0.0140
0.08	0.4368	0.34	0.4147	0.62	0.2411	1.35	0.0637	2.90	0.0134
0.09	0.4592	0.35	0.4110	0.64	0.2369	1.40	0.0596	3.00	0.0126
0.10	0.5427	0.36	0.4055	0.66	0.2361	1.45	0.0555	3.10	0.0117
0.11	0.5595	0.37	0.4160	0.68	0.2346	1.50	0.0510	3.20	0.0109
0.12	0.5764	0.38	0.4214	0.70	0.2311	1.55	0.0468	3.30	0.0101
0.13	0.6308	0.39	0.4165	0.72	0.2238	1.60	0.0421	3.40	0.0091
0.14	0.6173	0.40	0.4021	0.74	0.2131	1.65	0.0376	3.50	0.0082
0.15	0.5656	0.41	0.3934	0.76	0.2050	1.70	0.0339	3.60	0.0076
0.16	0.5492	0.42	0.3838	0.78	0.1969	1.75	0.0312	3.70	0.0071
0.17	0.5412	0.43	0.3767	0.80	0.1879	1.80	0.0298	3.80	0.0067
0.18	0.5862	0.44	0.3637	0.82	0.1781	1.85	0.0288	3.90	0.0063
0.19	0.6064	0.45	0.3470	0.84	0.1678	1.90	0.0276	4.00	0.0060
0.20	0.5635	0.46	0.3294	0.86	0.1580	1.95	0.0264		
0.21	0.5498	0.47	0.3121	0.88	0.1491	2.00	0.0250		
0.22	0.5743	0.48	0.2974	0.90	0.1441	2.05	0.0237		
0.23	0.5960	0.49	0.2895	0.92	0.1389	2.10	0.0226		
0.24	0.5810	0.50	0.2829	0.94	0.1329	2.15	0.0218		
0.25	0.5576	0.51	0.2768	0.96	0.1259	2.20	0.0211		



Spettro normalizzato di risposta elastico

Per quanto riguarda lo spettro normalizzato si sono utilizzati due metodi di normalizzazione e precisamente:

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

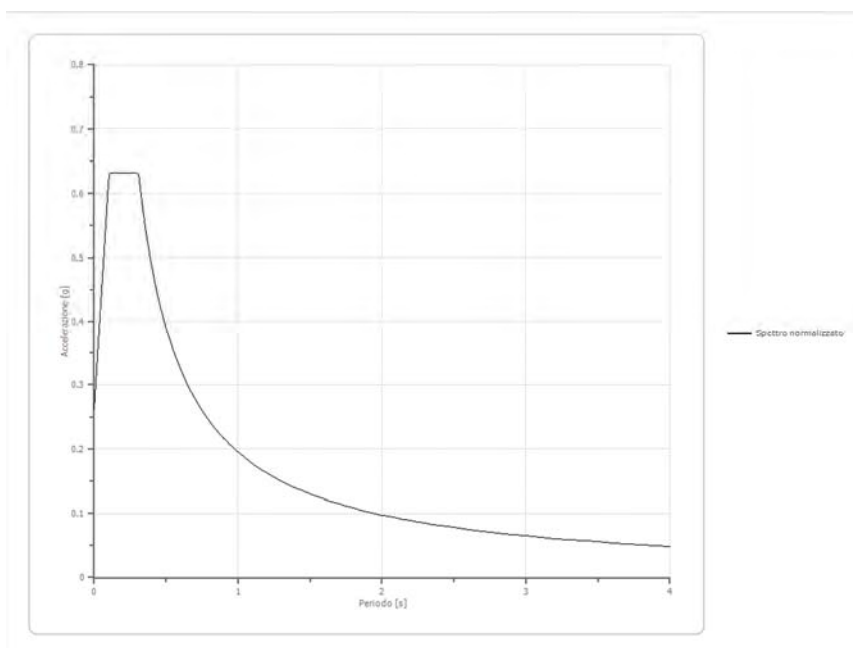
Il tecnico progettista potrà quindi utilizzare il metodo ritenuto più idoneo per il calcolo strutturale.

Spettro normalizzato di risposta elastico – Metodo Grafico

Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]
0.00	0.2624	0.26	0.6308	0.52	0.3746	0.98	0.1988	2.25	0.0866
0.01	0.2982	0.27	0.6308	0.53	0.3675	1.00	0.1948	2.30	0.0847
0.02	0.3340	0.28	0.6308	0.54	0.3607	1.05	0.1855	2.35	0.0829
0.03	0.3698	0.29	0.6308	0.55	0.3542	1.10	0.1771	2.40	0.0812
0.04	0.4056	0.30	0.6308	0.56	0.3478	1.15	0.1694	2.50	0.0779
0.05	0.4414	0.31	0.6284	0.57	0.3417	1.20	0.1623	2.60	0.0749
0.06	0.4772	0.32	0.6087	0.58	0.3358	1.25	0.1558	2.70	0.0721
0.07	0.5130	0.33	0.5903	0.60	0.3247	1.30	0.1498	2.80	0.0696
0.08	0.5488	0.34	0.5729	0.62	0.3142	1.35	0.1443	2.90	0.0672
0.09	0.5846	0.35	0.5565	0.64	0.3044	1.40	0.1391	3.00	0.0649
0.10	0.6204	0.36	0.5411	0.66	0.2951	1.45	0.1343	3.10	0.0628
0.11	0.6308	0.37	0.5265	0.68	0.2865	1.50	0.1299	3.20	0.0609
0.12	0.6308	0.38	0.5126	0.70	0.2783	1.55	0.1257	3.30	0.0590
0.13	0.6308	0.39	0.4995	0.72	0.2705	1.60	0.1217	3.40	0.0573
0.14	0.6308	0.40	0.4870	0.74	0.2632	1.65	0.1181	3.50	0.0557
0.15	0.6308	0.41	0.4751	0.76	0.2563	1.70	0.1146	3.60	0.0541
0.16	0.6308	0.42	0.4638	0.78	0.2497	1.75	0.1113	3.70	0.0526
0.17	0.6308	0.43	0.4530	0.80	0.2435	1.80	0.1082	3.80	0.0513
0.18	0.6308	0.44	0.4427	0.82	0.2376	1.85	0.1053	3.90	0.0499
0.19	0.6308	0.45	0.4329	0.84	0.2319	1.90	0.1025	4.00	0.0487
0.20	0.6308	0.46	0.4235	0.86	0.2265	1.95	0.0999		
0.21	0.6308	0.47	0.4145	0.88	0.2214	2.00	0.0974		
0.22	0.6308	0.48	0.4058	0.90	0.2164	2.05	0.0950		
0.23	0.6308	0.49	0.3975	0.92	0.2117	2.10	0.0928		
0.24	0.6308	0.50	0.3896	0.94	0.2072	2.15	0.0906		
0.25	0.6308	0.51	0.3819	0.96	0.2029	2.20	0.0885		

Parametri spettro normalizzato

Ag [g]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]	S
0.262	2.404	--	0.103	0.309	2.340	0.262	0.631	1.174

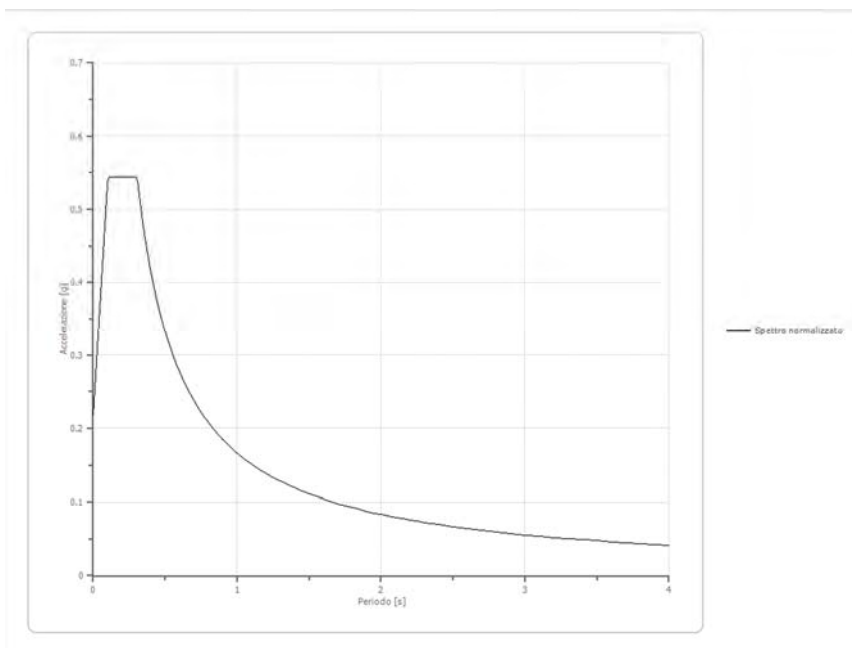


Spettro normalizzato di risposta elastico – Linee Guida Nazionali di Protezione Civile

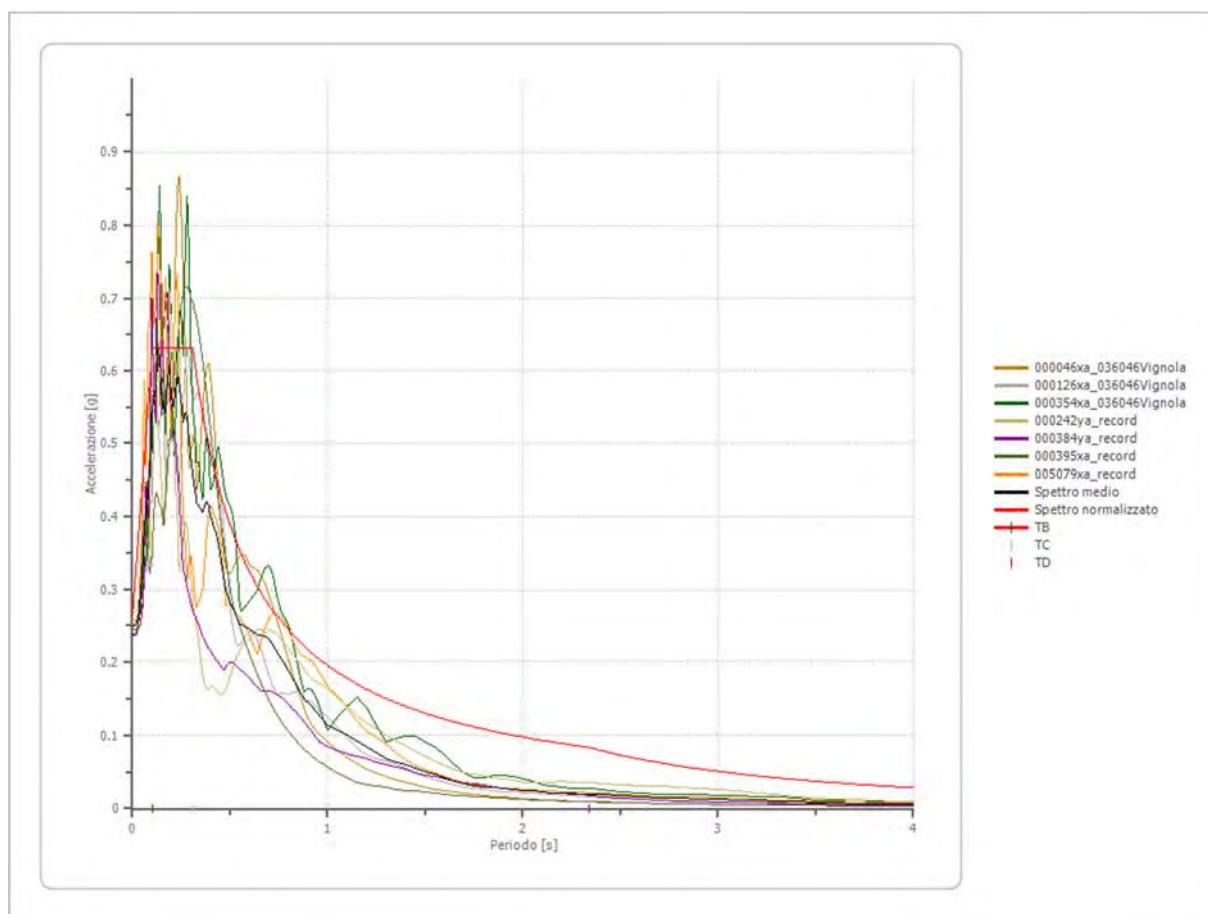
Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]
0.00	0.2171	0.26	0.5438	0.52	0.3200	0.98	0.1698	2.25	0.0740
0.01	0.2491	0.27	0.5438	0.53	0.3140	1.00	0.1664	2.30	0.0724
0.02	0.2812	0.28	0.5438	0.54	0.3082	1.05	0.1585	2.35	0.0708
0.03	0.3132	0.29	0.5438	0.55	0.3026	1.10	0.1513	2.40	0.0693
0.04	0.3452	0.30	0.5438	0.56	0.2972	1.15	0.1447	2.50	0.0666
0.05	0.3772	0.31	0.5368	0.57	0.2920	1.20	0.1387	2.60	0.0640
0.06	0.4093	0.32	0.5201	0.58	0.2869	1.25	0.1331	2.70	0.0616
0.07	0.4413	0.33	0.5043	0.60	0.2774	1.30	0.1280	2.80	0.0594
0.08	0.4733	0.34	0.4895	0.62	0.2684	1.35	0.1233	2.90	0.0574
0.09	0.5054	0.35	0.4755	0.64	0.2600	1.40	0.1189	3.00	0.0555
0.10	0.5374	0.36	0.4623	0.66	0.2521	1.45	0.1148	3.10	0.0537
0.11	0.5438	0.37	0.4498	0.68	0.2447	1.50	0.1109	3.20	0.0520
0.12	0.5438	0.38	0.4379	0.70	0.2377	1.55	0.1074	3.30	0.0504
0.13	0.5438	0.39	0.4267	0.72	0.2311	1.60	0.1040	3.40	0.0489
0.14	0.5438	0.40	0.4160	0.74	0.2249	1.65	0.1009	3.50	0.0475
0.15	0.5438	0.41	0.4059	0.76	0.2190	1.70	0.0979	3.60	0.0462
0.16	0.5438	0.42	0.3962	0.78	0.2134	1.75	0.0951	3.70	0.0450
0.17	0.5438	0.43	0.3870	0.80	0.2080	1.80	0.0925	3.80	0.0438
0.18	0.5438	0.44	0.3782	0.82	0.2029	1.85	0.0900	3.90	0.0427
0.19	0.5438	0.45	0.3698	0.84	0.1981	1.90	0.0876	4.00	0.0416
0.20	0.5438	0.46	0.3618	0.86	0.1935	1.95	0.0853		
0.21	0.5438	0.47	0.3541	0.88	0.1891	2.00	0.0832		
0.22	0.5438	0.48	0.3467	0.90	0.1849	2.05	0.0812		
0.23	0.5438	0.49	0.3396	0.92	0.1809	2.10	0.0792		
0.24	0.5438	0.50	0.3328	0.94	0.1770	2.15	0.0774		
0.25	0.5438	0.51	0.3263	0.96	0.1734	2.20	0.0756		

Parametri spettro normalizzato

Ag [g]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]	S
0.262	2.404	--	0.103	0.309	2.340	0.262	0.631	1.174



Confronto tra gli spettri

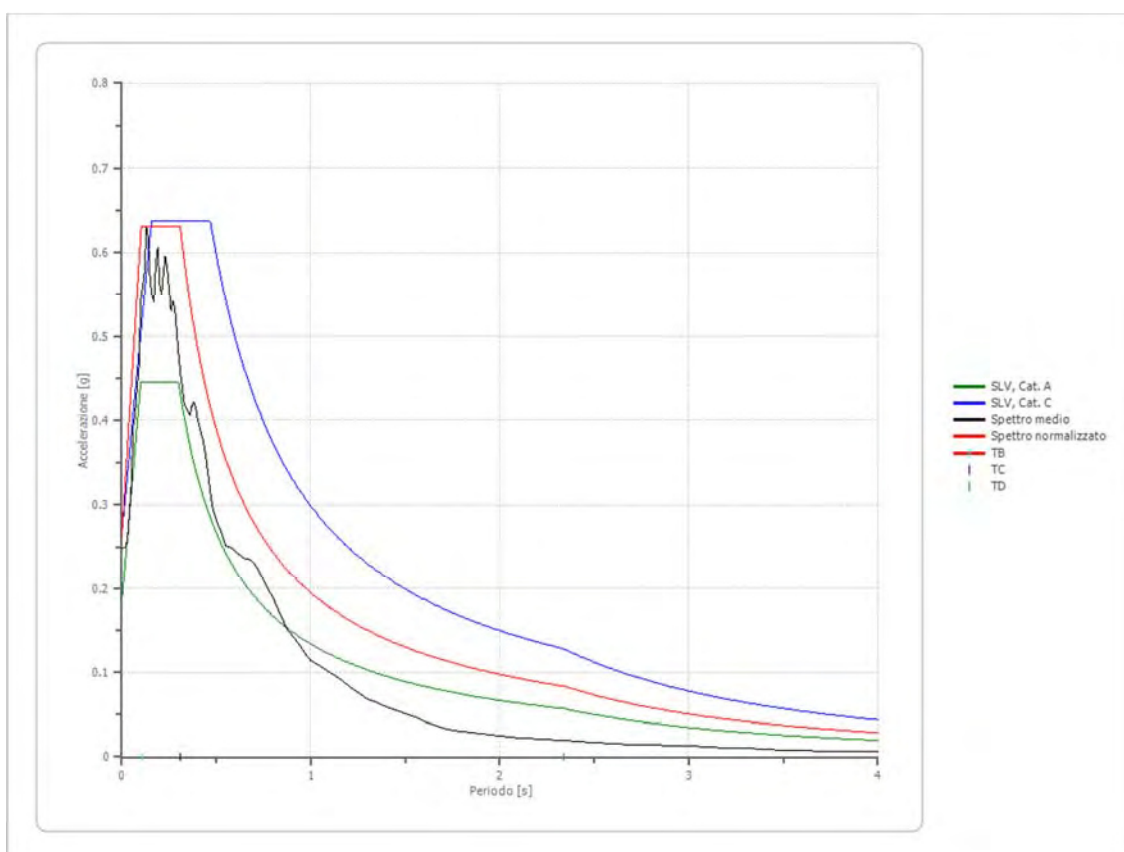


Confronto spettro normativa

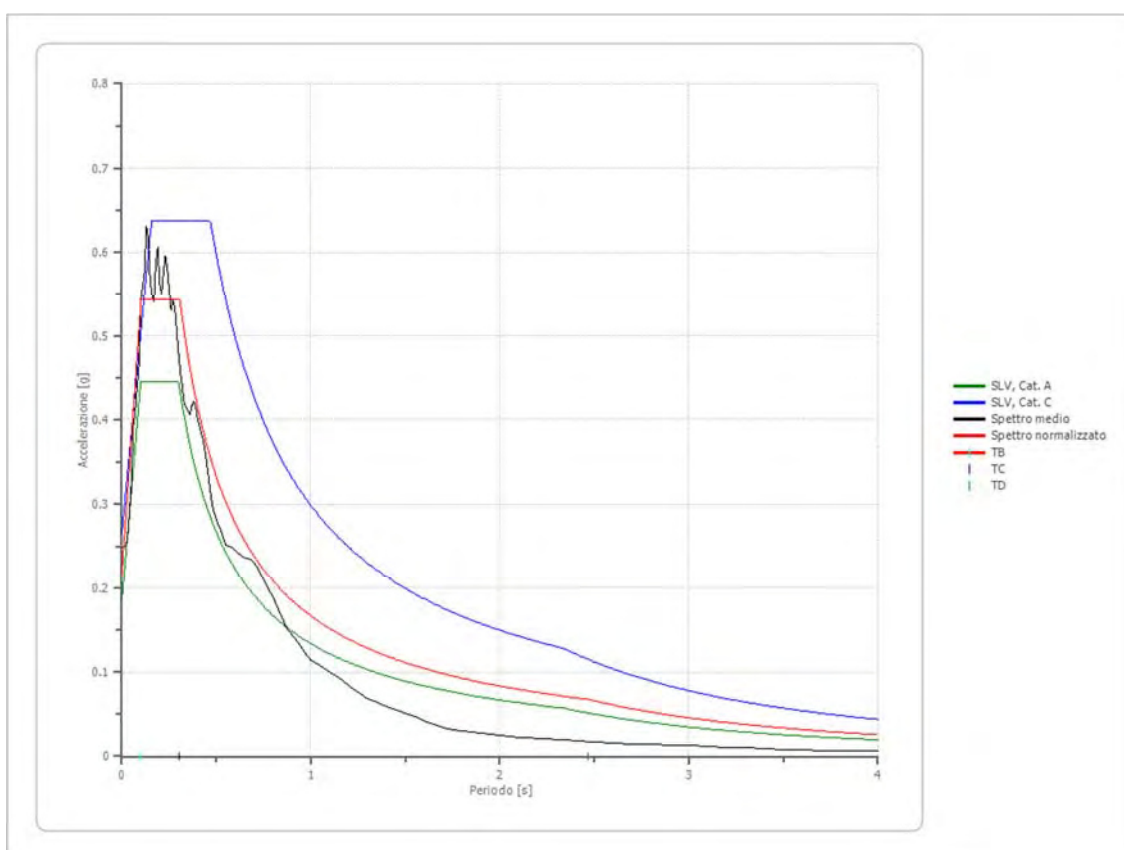
Tipo di spettro: Spettro di risposta elastico

	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]	45	75	712	1462	45	75	712	1462
ag [g]	0.063	0.078	0.185	0.230	0.063	0.078	0.185	0.230
Fo	2.495	2.488	2.404	2.435	2.495	2.488	2.404	2.435
Tc* [s]	0.265	0.274	0.3	0.312	0.265	0.274	0.3	0.312
Ss	1.00	1.00	1.00	1.00	1.50	1.50	1.43	1.36
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	1.63	1.61	1.56	1.54
TB [s]	0.088	0.091	0.100	0.104	0.144	0.147	0.156	0.160
TC [s]	0.265	0.274	0.300	0.312	0.431	0.441	0.469	0.481
TD [s]	1.852	1.912	2.340	2.520	1.852	1.912	2.340	2.520
Se(0) [g]	0.063	0.078	0.185	0.230	0.095	0.117	0.265	0.314
Se(TB) [g]	0.157	0.194	0.445	0.560	0.236	0.291	0.637	0.764

Confronto tra gli spettri normativa allo stato di Salvaguardia vita SLV – Suolo di tipo A, SLV Suolo Tipo C, Spettro Medio e Spettro Normalizzato con le **Valutazioni Grafiche**

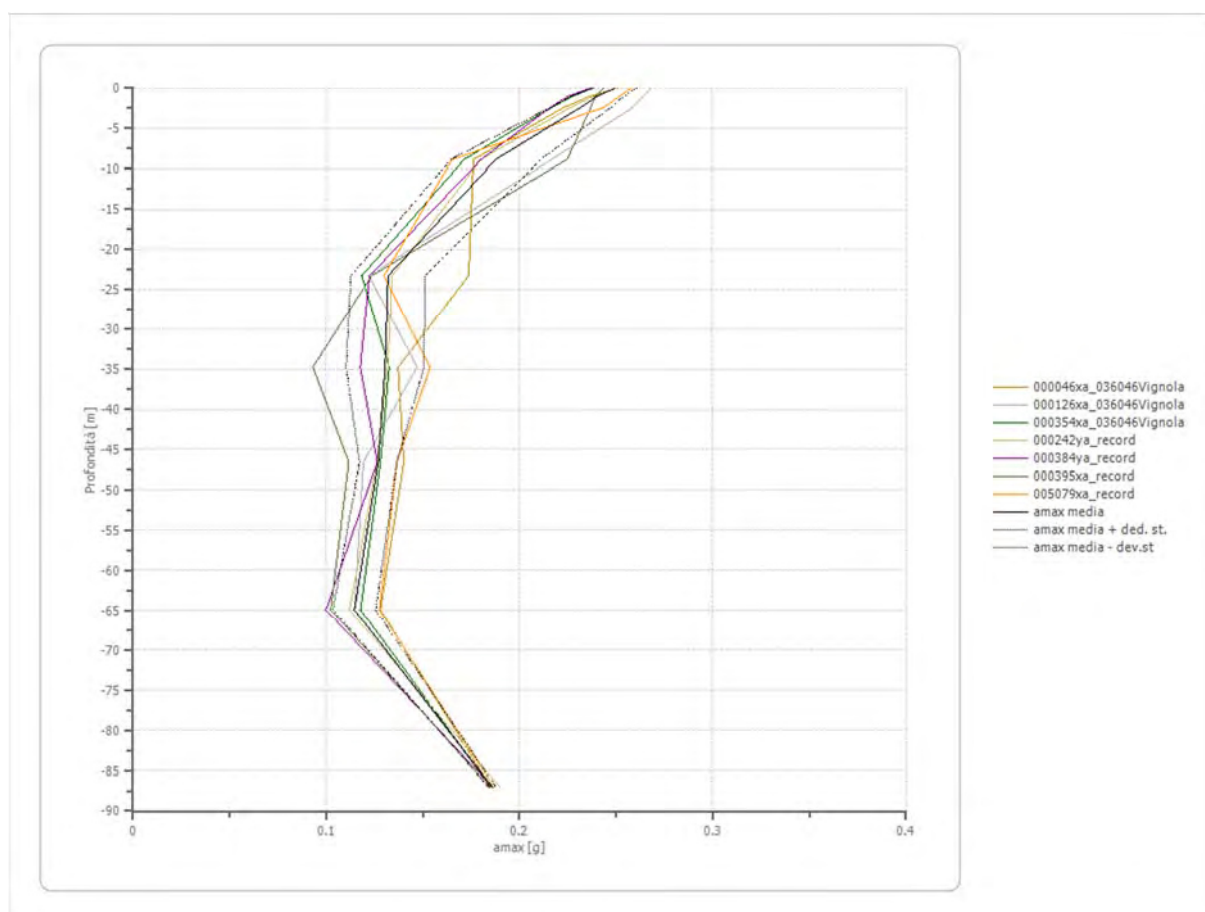


Confronto tra gli spettri normativa allo stato di Salvaguardia vita SLV – Suolo di tipo A, SLV Suolo Tipo C, Spettro Medio e Spettro Normalizzato con le **Linee Guida Nazionali di Protezione Civile**



Profilo a max

	0.0 [m]	1.1 [m]	2.3 [m]	8.9 [m]	23.3 [m]	34.8 [m]	46.5 [m]	65.0 [m]	87.0 [m]
000046xa_036046Vignola [g]	0.251	0.236	0.223	0.176	0.174	0.137	0.140	0.128	0.185
000126xa_036046Vignola [g]	0.268	0.264	0.259	0.217	0.122	0.147	0.119	0.115	0.185
000354xa_036046Vignola [g]	0.237	0.227	0.217	0.171	0.118	0.133	0.128	0.118	0.185
000242ya_record [g]	0.250	0.238	0.226	0.180	0.134	0.132	0.126	0.112	0.190
000384ya_record [g]	0.236	0.225	0.216	0.180	0.122	0.118	0.126	0.100	0.186
000395xa_record [g]	0.244	0.239	0.237	0.225	0.123	0.093	0.112	0.102	0.184
005079xa_record [g]	0.258	0.251	0.244	0.165	0.130	0.154	0.137	0.127	0.187
media [g]	0.249	0.240	0.232	0.188	0.132	0.130	0.127	0.115	0.186
Dev. St. [g]	0.011	0.014	0.016	0.023	0.019	0.020	0.010	0.011	0.002



In conclusione, lo spettro elastico normalizzato effettuato con entrambi i metodi (Valutazioni Grafiche, Linee Guida Nazionali di Protezione Civile) presentano un fattore di amplificazione dell'accelerazione derivati dalla modellazione numerica della RSL, inferiori ai valori dello spettro di normativa NTC2018; **per un suolo di Tipo "C"**, mentre per i fattori di amplificazione sulle intensità spettrali risultano essere pari a **1.402** per l'intervallo 0.1-0.5 s e **1.311** per l'intervallo 0.5-1.0 s.

15 CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA

Le indagini geognostiche e geofisiche eseguite sull'area integrate con le indagini reperite in bibliografia hanno permesso la ricostruzione della stratigrafia del sottosuolo ove insiste il fabbricato oggetto di intervento che ha evidenziato uno strato di riporto superficiale seguito in profondità dai preesistenti terreni vegetali e limo-argillosi che ricoprono le ghiaie deposte dalle alluvioni del F. Panaro. Per quanto riguarda lo spessore dello strato ghiaioso – sabbioso dall'analisi dei dati relativi alla perforazione di pozzi idrici presenta un valore medio di circa 6-7 metri come anche evidenziato durante alcuni lavori di escavazione effettuati nelle vicinanze. Sulla base delle indagini eseguite si sono ricostruite alcune sezioni geolitologiche che evidenziano l'andamento piano parallelo della stratificazione con esclusione dello strato superficiale che progressivamente riduce il suo spessore procedendo in direzione nord.

Figura 48: MODELLO STRATIGRAFICO CON TRACCE DI SEZIONE

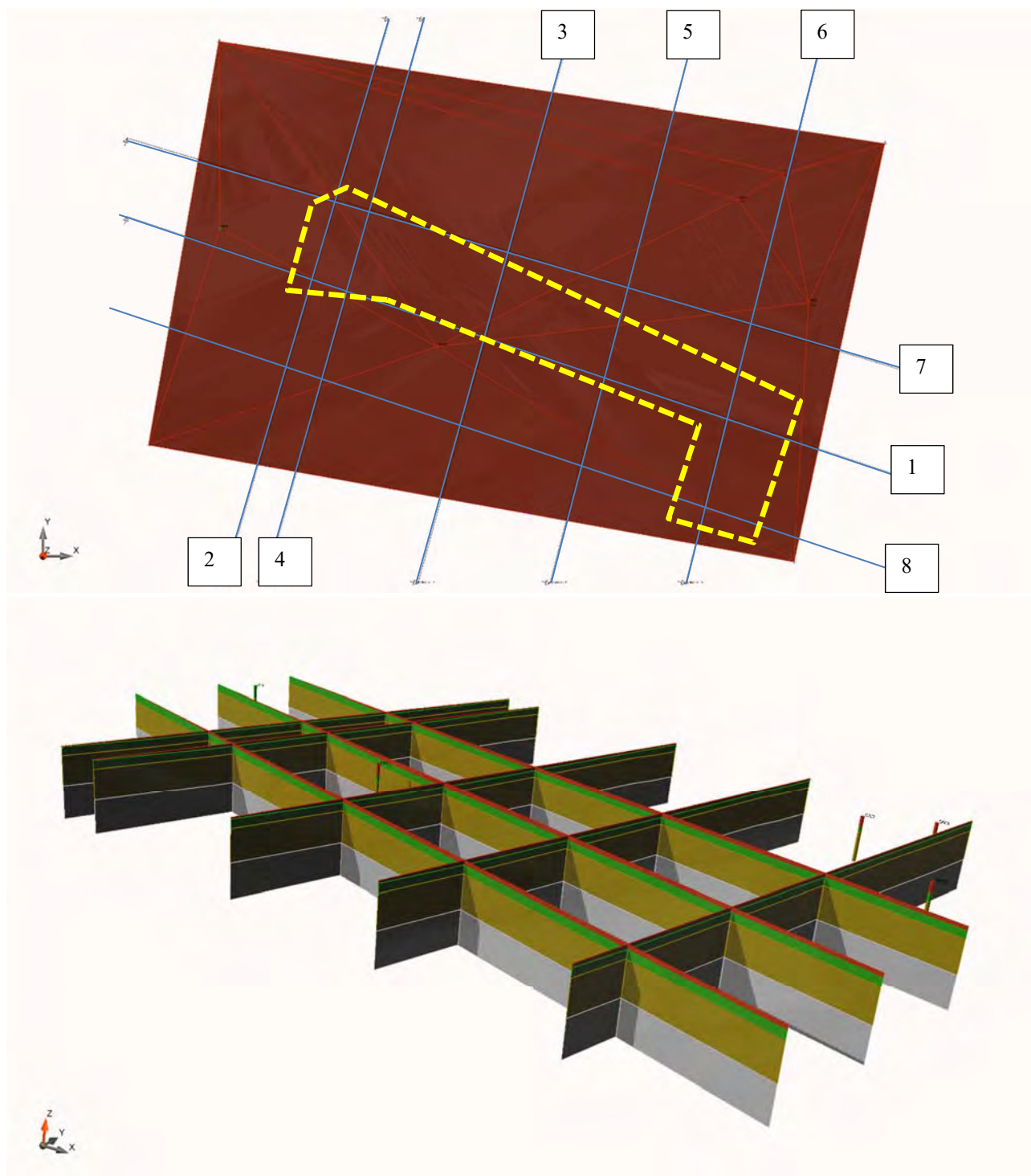
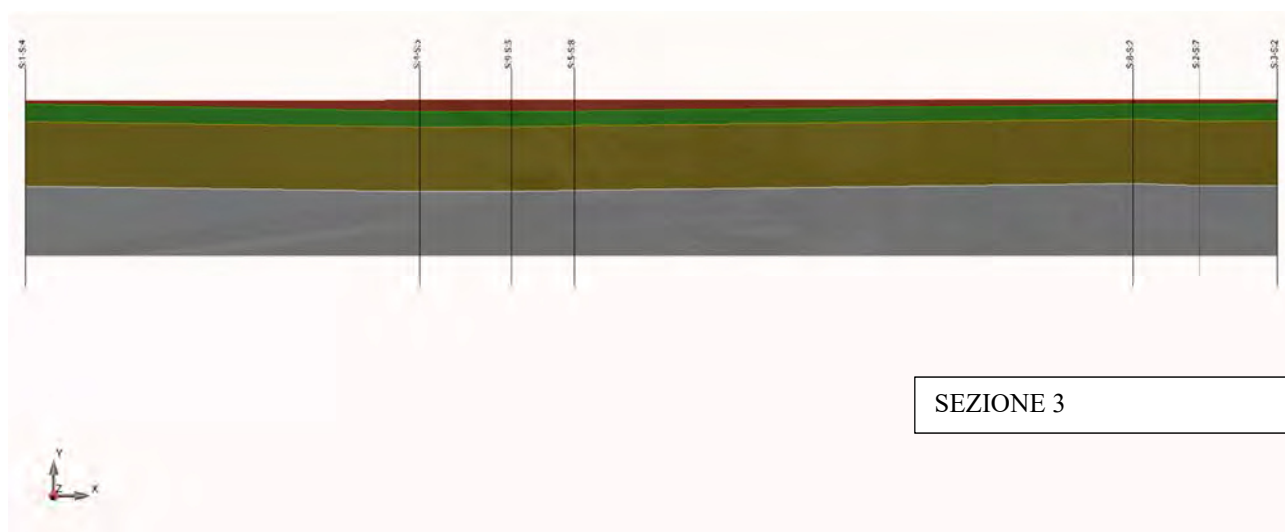
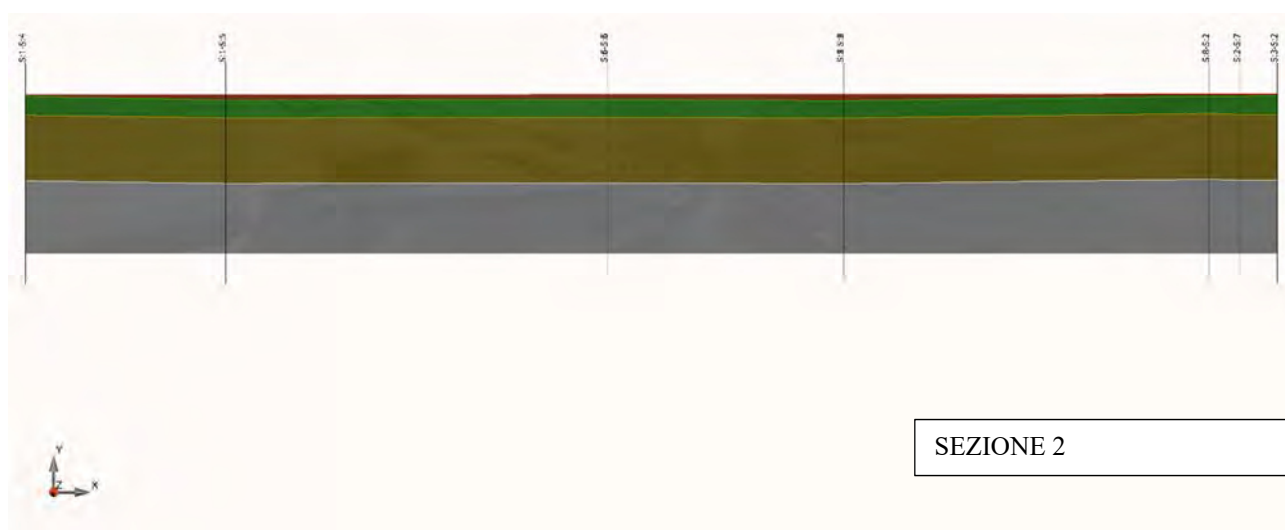
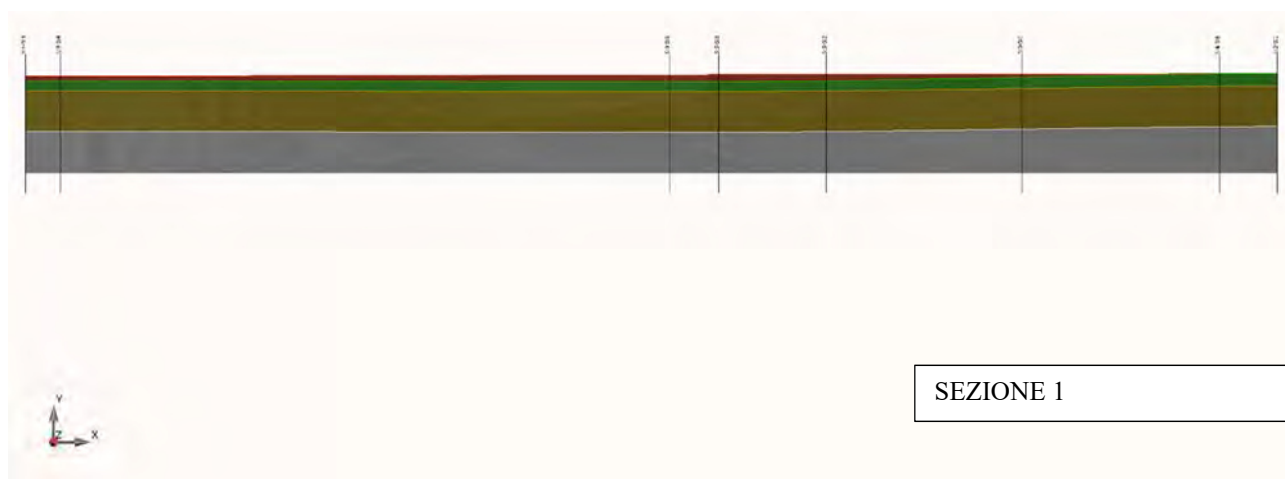
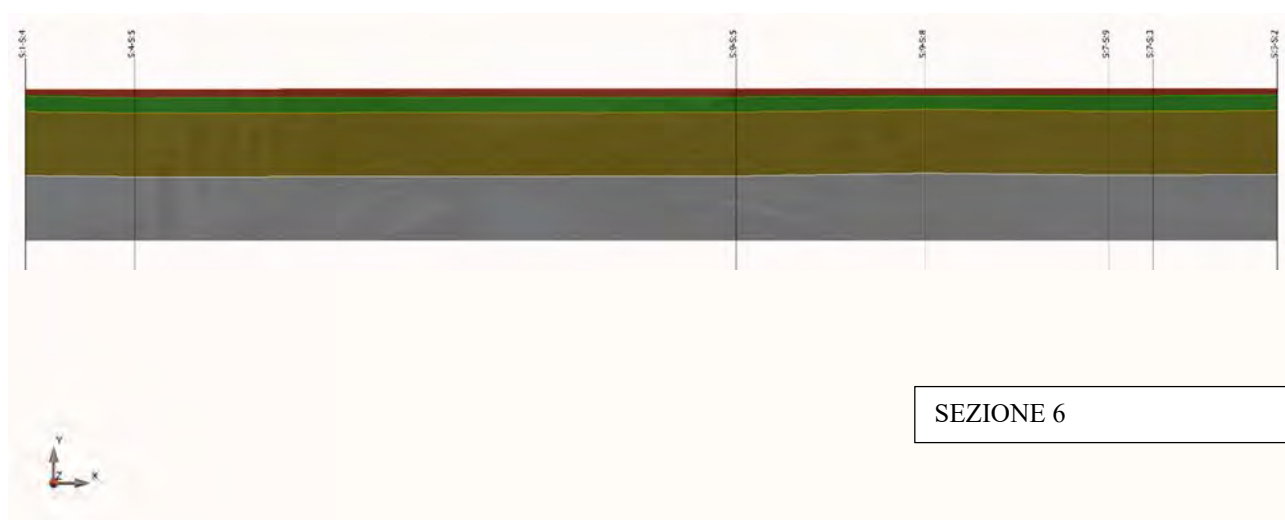
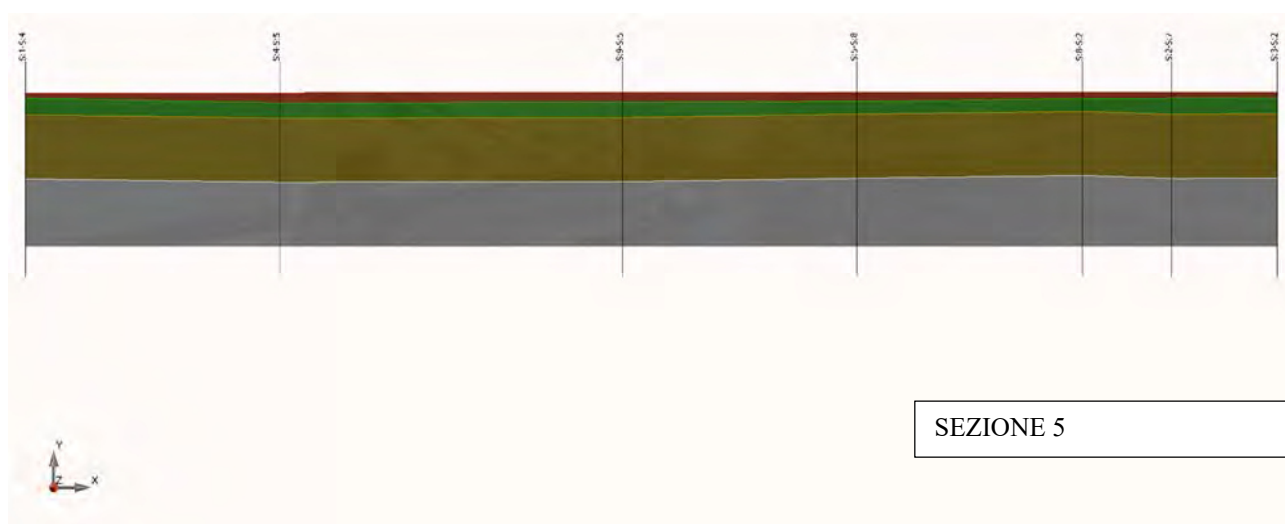
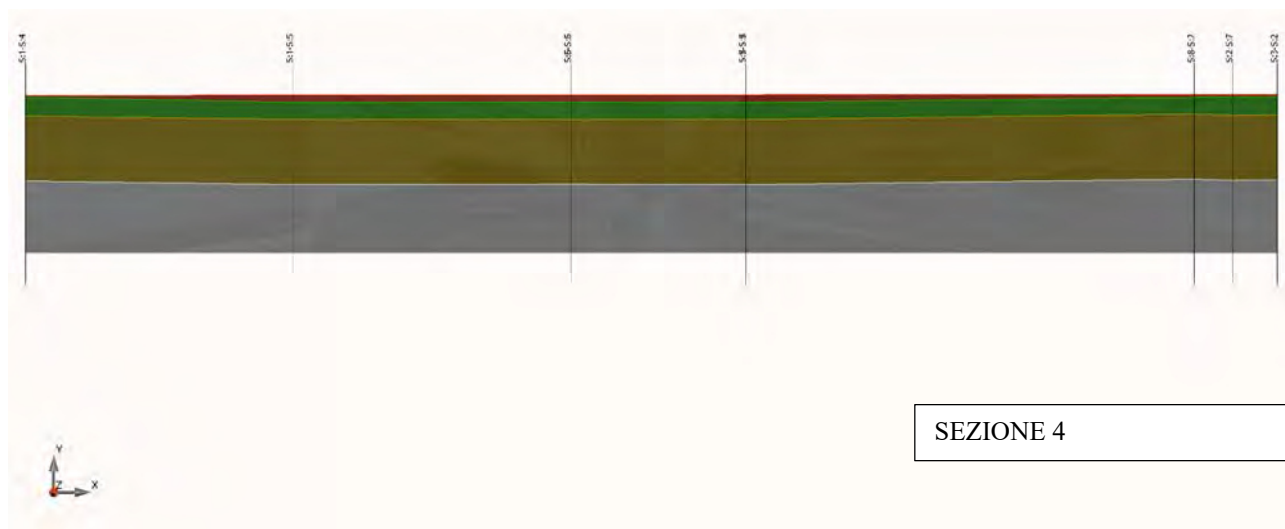
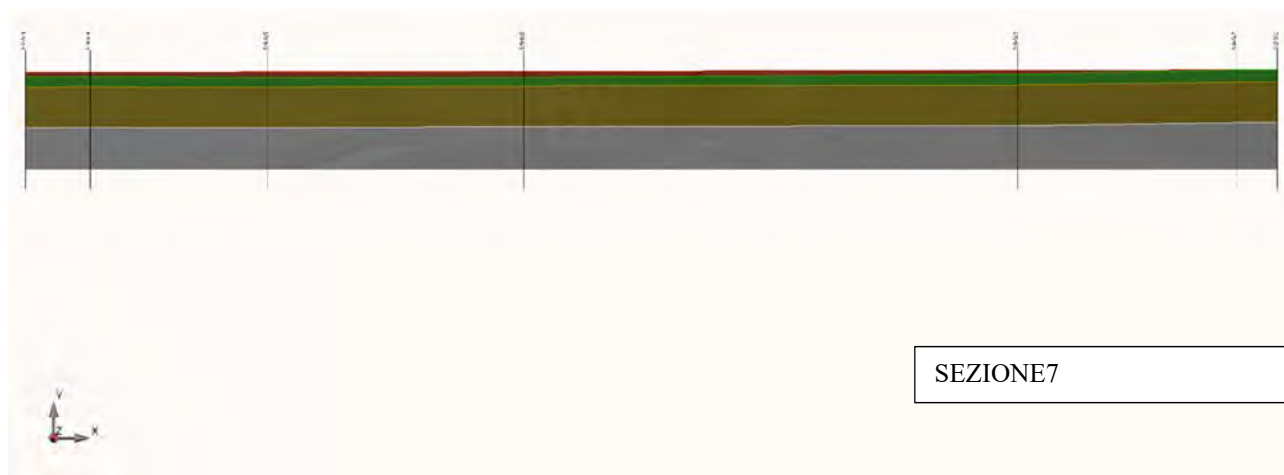


Figura 49: SEZIONI STRATIGRAFICHE







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 ritenute significative (PD1 e PD5) ed escludendo le indagini che non hanno consentito il superamento dello strato di riporto (PD2-PD3-PD4), sono stati pertanto stimati, per gli strati di sottofondazione rilevati dalle indagini, i valori caratteristici dei principali parametri geotecnici utilizzando l’analisi statistica mediante la distribuzione di Student a due code con compensazione delle resistenze in quanto si prevede che le opere di fondazione coinvolgano elevate volumetrie di terreno. Si riportano di seguito i parametri caratteristici determinati per ogni indagine penetrometrica per la valutazione delle caratteristiche geomeccaniche dei terreni presenti nell’area che potranno essere utilizzati dal tecnico calcolatore per le verifiche strutturali.

Valori Caratteristici Indagine Penetrometrica Dinamica (PDM 1)												
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 [-]
0,90	0,90	terreni di riporto dell'area coltivata	30,14	--	--	63,88	4235,74	13028,92	7,66	14,19	18,64	0,32
1,20	2,10	limo sabbioso e argilloso	24,12	24,49	--	41,89	3499,77	--	4,00	13,72	18,35	0,34
0,30	2,40	ghiaie e sabbie	33,51	--	--	96,76	--	--	--	18,27	19,25	0,20

Valori Caratteristici Indagine Penetrometrica Dinamica (PDM 5)												
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 [-]
1,50	1,50	terreno vegetale sottoposto a fenomeni di essiccazione	26,48	23,11	106,60	--	16311,97	15820,78	16,13	19,61	21,18	--
0,20	1,70	ghiaie e sabbie	34,78	--	--	100,00	--	--	--	18,74	19,33	0,21

16 CONCLUSIONI

Nella presente relazione sono stati approfonditi gli aspetti geologici e sismici di un'area ove sono previsti lavori di "MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA J. BAROZZI ALA DI VIA LIBERTA".

Con riferimento a quanto reperito durante le fasi di ricerca bibliografica integrate successivamente con il rilievo geologico/geomorfologico, indagini geognostiche e geofisiche sono determinate le seguenti caratteristiche geologiche e sismiche:

- Le indagini geognostiche e geofisiche eseguite nell'area oggetto di approfondimento ha evidenziato una sostanziale uniformità con presenza al di sotto del primo strato di copertura di spessore ridotto (riporto) che in profondità sono sostituiti prima dallo strato limoso-sabbioso e argilloso di modesto spessore (< 1.50 ml) poi in seguito dai depositi alluvionali del fiume Panaro costituiti da ghiaie e sabbie ad elevato addensamento che presenta uno spessore non inferiore a 6-7 ml. come evidenziato dalle stratigrafie dei pozzi idrici presenti nelle vicinanze.
- La zona sismica di riferimento è la "Zona 3"
- Nell'area sono presenti faglie superficiali che per la loro collocazione non sono tali da indurre un pericolo sismico aggiuntivo come anche confermato dalle carte della Microzonazione Sismica Comunale.
- Le indagini sismiche a rifrazione con processo di inversione MASW hanno fornito il profilo delle onde di taglio in profondità con valori di $V_{s,30} = 417 \text{ m/s}$
- L'indagine sismica passiva HVSr ha fornito un picco principale di risonanza pari a **32,58 Hz** (contrasto superficiale tra copertura e tetto delle ghiaie) e presenza di un picco secondario con frequenza pari a **2,95 Hz** (contrasto profondo > 80 ml da p.c.)
- Considerato che il fabbricato con riferimento alle NTC 2018 prevede un affollamento significativo e definito dal tecnico incaricato per la progettazione come di Classe III è stato eseguito uno studio di risposta sismica locale pari al III livello di approfondimento che ha fornito un valore di amplificazione per caratteristiche stratigrafiche pari a quanto riportato nella tabella seguente:

Azione sismica iniziale [g]	Azione sismica finale [g]	Fattore di Amplificazione [FA]
0.185	0.249	1.345

- Per quanto riguarda le intensità di Housner lo studio di risposta sismica locale ha fornito i risultati riportati nella tabella sottostante:

Periodo iniziale [s]	Periodo finale [s]	Int. Housner input [m]	Int. Housner output [m]	Int. Housner input/output [m]	FA
0.100	0.500	0.058	0.082	0.200	1.402
0.500	1.000	0.097	0.127	0.500	1.311

Si prescrive inoltre quanto segue:

- verifica dei sistemi di raccolta delle acque superficiali in modo da garantire il normale deflusso delle acque senza che si verifichino zone con ristagno.
- controllo della perfetta tenuta dei sistemi fognari finalizzato alla salvaguardia dell'acquifero principale considerato che l'area si colloca internamente a zone definite con un grado di vulnerabilità dell'acquifero estremamente elevato (cfr. PTCP 2009).

La presente relazione geologica e sismica è stata prodotta in conformità alla vigente normativa (NTC 2018) mediante la ricostruzione del modello geologico dell'area con analisi delle criticità, pericolosità geologica, idrogeologica, geomorfologica e sismica.

Il materiale prodotto contenuto all'interno della presente relazione di approfondimento geologico potrà essere utilizzato e validato dai tecnici incaricati per la progettazione strutturale degli interventi di progetto.

A Vs. disposizione per ogni chiarimento e/o informazione si porgono distinti saluti.

Vignola, 20/07/2019

La Ditta incaricata per l'esecuzione 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

Per gli aspetti tecnici professionali

Dott. Geol. Giorgio Masotti



ALLEGATO “A”

TABULATI DI ELABORAZIONE INDAGINI PENETROMETRICHE AD INFISSIONE DINAMICA

PROVA ... Nr.1

Strumento utilizzato... DMP 3020 PAGANI
 Prova eseguita in data 11/07/2019
 Profondità prova 2.40 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	4	0.857	1.27	1.48	63.47	74.09
0.20	5	0.855	1.58	1.85	79.15	92.61
0.30	13	0.803	3.87	4.82	193.28	240.79
0.40	15	0.801	4.45	5.56	222.48	277.84
0.50	22	0.749	6.10	8.15	305.16	407.50
0.60	22	0.747	6.09	8.15	304.40	407.50
0.70	36	0.695	9.27	13.34	463.54	666.81
0.80	22	0.743	6.06	8.15	302.91	407.50
0.90	11	0.842	3.26	3.88	163.24	193.98
1.00	7	0.840	2.07	2.47	103.66	123.44
1.10	7	0.838	2.07	2.47	103.44	123.44
1.20	8	0.836	2.36	2.82	117.98	141.07
1.30	9	0.835	2.65	3.17	132.45	158.71
1.40	9	0.833	2.64	3.17	132.18	158.71
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	11	0.828	3.21	3.88	160.60	193.98
1.80	7	0.826	2.04	2.47	102.00	123.44
1.90	5	0.825	1.39	1.68	69.39	84.14
2.00	3	0.823	0.83	1.01	41.56	50.48
2.10	4	0.822	1.11	1.35	55.30	67.31
2.20	27	0.720	6.54	9.09	327.18	454.34
2.30	39	0.619	8.12	13.13	405.98	656.27
2.40	100	0.617	20.77	33.65	1038.50	1682.74

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
0.9	16.67	6.15	Incoerente	0	17.75	18.93	7.99	0.76	12.67	terreni di riporto dell'area cortiliva
2.1	6.58	2.31	Incoerente - coesivo	0	17.26	18.44	26.33	0.76	5	limo sabbioso e argilloso
2.4	55.33	18.62	Incoerente	0	21.67	20.79	39.94	0.76	42.05	ghiaie e sabbie

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1
TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (KPa)
Strato (2) limo sabbioso e argilloso	5	0.90-2.10	Terzaghi-Peck	30.60

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Mpa)
Strato (2) limo sabbioso e argilloso	5	0.90-2.10	Robertson (1983)	0.98

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Mpa)
Strato (2) limo sabbioso e argilloso	5	0.90-2.10	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	5.18

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Mpa)
Strato (2) limo sabbioso e argilloso	5	0.90-2.10	Apollonia	4.90

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (2) limo sabbioso e argilloso	5	0.90-2.10	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m³)
Strato (2) limo sabbioso e argilloso	5	0.90-2.10	Meyerhof	17.26

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m³)
Strato (2) limo sabbioso e argilloso	5	0.90-2.10	Meyerhof	18.44

Velocità onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (2) limo sabbioso e argilloso	5	0.90-2.10	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	97.73

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) terreni di riporto dell'area cortiliva	12.67	0.00-0.90	12.67	Meyerhof 1957	84.56
Strato (2) limo sabbioso e argilloso	5	0.90-2.10	5	Meyerhof 1957	47.71
Strato (3) ghiaie e sabbie	42.05	2.10-2.40	42.05	Meyerhof 1957	100

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) terreni di riporto dell'area cortiliva	12.67	0.00-0.90	12.67	Sowers (1961)	31.55

Strato (2) limo sabbioso e argilloso	5	0.90-2.10	5	Sowers (1961)	29.4
Strato (3) ghiaie e sabbie	42.05	2.10-2.40	42.05	Sowers (1961)	39.77

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato (1) terreni di riporto dell'area cortiliva	12.67	0.00-0.90	12.67	Bowles (1982) Sabbia Media	13.57
Strato (2) limo sabbioso e argilloso	5	0.90-2.10	5	Bowles (1982) Sabbia Media	---
Strato (3) ghiaie e sabbie	42.05	2.10-2.40	42.05	Bowles (1982) Sabbia Media	27.97

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Mpa)
Strato (1) terreni di riporto dell'area cortiliva	12.67	0.00-0.90	12.67	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	5.25
Strato (2) limo sabbioso e argilloso	5	0.90-2.10	5	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	3.70
Strato (3) ghiaie e sabbie	42.05	2.10-2.40	42.05	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	11.16

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) terreni di riporto dell'area cortiliva	12.67	0.00-0.90	12.67	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (2) limo sabbioso e argilloso	5	0.90-2.10	5	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (3) ghiaie e sabbie	42.05	2.10-2.40	42.05	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m³)
Strato (1) terreni di riporto dell'area cortiliva	12.67	0.00-0.90	12.67	Terzaghi-Peck 1948	14.82
Strato (2) limo sabbioso e argilloso	5	0.90-2.10	5	Terzaghi-Peck 1948	13.85
Strato (3) ghiaie e sabbie	42.05	2.10-2.40	42.05	Terzaghi-Peck 1948	17.64

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m³)
Strato (1) terreni di riporto dell'area cortiliva	12.67	0.00-0.90	12.67	Terzaghi-Peck 1948	19.03
Strato (2)	5	0.90-2.10	5	Terzaghi-Peck 1948	18.43

limo sabbioso e argilloso					
Strato (3)	42.05	2.10-2.40	42.05	Terzaghi-Peck 1948	20.78
ghiaie e sabbie					

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (1)	12.67	0.00-0.90	12.67	(A.G.I.)	0.33
terreni di riporto dell'area cortiliva					
Strato (2)	5	0.90-2.10	5	(A.G.I.)	0.34
limo sabbioso e argilloso					
Strato (3)	42.05	2.10-2.40	42.05	(A.G.I.)	0.27
ghiaie e sabbie					

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Mpa)
Strato (1)	12.67	0.00-0.90	12.67	Ohsaki (Sabbie pulite)	69.35
terreni di riporto dell'area cortiliva					
Strato (2)	5	0.90-2.10	5	Ohsaki (Sabbie pulite)	28.94
limo sabbioso e argilloso					
Strato (3)	42.05	2.10-2.40	42.05	Ohsaki (Sabbie pulite)	214.18
ghiaie e sabbie					

Velocità onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1)	12.67	0.00-0.90	12.67	Ohta & Goto (1978) Limi	90.99
terreni di riporto dell'area cortiliva					
Strato (2)	5	0.90-2.10	5	Ohta & Goto (1978) Limi	97.73
limo sabbioso e argilloso					
Strato (3)	42.05	2.10-2.40	42.05	Ohta & Goto (1978) Limi	152.76
ghiaie e sabbie					

Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_{vh} / \sigma_{v0}$

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	K_0
Strato (1)	12.67	0.00-0.90	12.67	Navfac 1971-1982	2.66
terreni di riporto dell'area cortiliva					
Strato (2)	5	0.90-2.10	5	Navfac 1971-1982	0.99
limo sabbioso e argilloso					
Strato (3)	42.05	2.10-2.40	42.05	Navfac 1971-1982	7.14
ghiaie e sabbie					

 Q_c (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Q_c (Mpa)
Strato (1)	12.67	0.00-0.90	12.67	Robertson 1983	2.49
terreni di riporto dell'area cortiliva					
Strato (2)	5	0.90-2.10	5	Robertson 1983	0.98
limo sabbioso e argilloso					

Strato (3) ghiaie e sabbie	42.05	2.10-2.40	42.05	Robertson 1983	8.25
-------------------------------	-------	-----------	-------	----------------	------

PROVA ... Nr.2

Strumento utilizzato... DMP 3020 PAGANI
 Prova eseguita in data 11/07/2019
 Profondità prova .70 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	10	0.857	3.17	3.70	158.66	185.23
0.20	21	0.755	5.87	7.78	293.53	388.97
0.30	20	0.803	5.95	7.41	297.36	370.45
0.40	11	0.851	3.47	4.07	173.34	203.75
0.50	21	0.749	5.83	7.78	291.29	388.97
0.60	78	0.647	18.70	28.90	934.77	1444.76
0.70	100	0.645	23.90	37.05	1195.00	1852.25

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (KN/m³)	Peso unità di volume saturato (KN/m³)	Tensione efficace (KPa)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizion e
0.7	37.29	13.81	Incoerente	0	20.79	19.91	7.28	0.76	28.34	terreni di riporto dell'area cortiliva

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2
TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) terreni di riporto dell'area cortiliva	28.34	0.00-0.70	28.34	Meyerhof 1957	100

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) terreni di riporto dell'area cortiliva	28.34	0.00-0.70	28.34	Sowers (1961)	35.94

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato (1) terreni di riporto dell'area cortiliva	28.34	0.00-0.70	28.34	Bowles (1982) Sabbia Media	21.25

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Mpa)
Strato (1) terreni di riporto dell'area cortiliva	28.34	0.00-0.70	28.34	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	8.40

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) terreni di riporto dell'area cortiliva	28.34	0.00-0.70	28.34	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 (1) terreni di riporto dell'area cortiliva	28.34	0.00-0.70	28.34	Terzaghi-Peck 1948	16.49

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m³)
Strato (1) terreni di riporto dell'area cortiliva	28.34	0.00-0.70	28.34	Terzaghi-Peck 1948	20.07

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (1) terreni di riporto dell'area cortiliva	28.34	0.00-0.70	28.34	(A.G.I.)	0.3

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Mpa)
Strato (1) terreni di riporto dell'area cortiliva	28.34	0.00-0.70	28.34	Ohsaki (Sabbie pulite)	147.80

Velocità onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) terreni di riporto dell'area cortiliva	28.34	0.00-0.70	28.34	Ohta & Goto (1978) Limi	99.63

Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_H / P_0$

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	K_0
Strato (1) terreni di riporto dell'area cortiliva	28.34	0.00-0.70	28.34	Navfac 1971-1982	5.37

 Q_c (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Q_c (Mpa)
Strato (1) terreni di riporto dell'area cortiliva	28.34	0.00-0.70	28.34	Robertson 1983	5.56

PROVA ... Nr.3

Strumento utilizzato... DMP 3020 PAGANI
 Prova eseguita in data 11/07/2019
 Profondità prova .90 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	11	0.857	3.49	4.07	174.53	203.75
0.20	17	0.805	5.07	6.30	253.37	314.88
0.30	21	0.753	5.86	7.78	292.78	388.97
0.40	15	0.801	4.45	5.56	222.48	277.84
0.50	10	0.849	3.14	3.70	157.23	185.23
0.60	7	0.847	2.20	2.59	109.82	129.66
0.70	8	0.845	2.50	2.96	125.24	148.18
0.80	39	0.643	9.29	14.45	464.73	722.38
0.90	100	0.642	22.63	35.27	1131.30	1763.43

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
0.9	25.33	9.190001	Incoerente	0	19.52	19.42	8.78	0.76	19.25	terreni di riporto dell'area cortiliva

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.3
TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) terreni di riporto dell'area cortiliva	19.25	0.00-0.90	19.25	Meyerhof 1957	100

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) terreni di riporto dell'area cortiliva	19.25	0.00-0.90	19.25	Sowers (1961)	33.39

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato (1) terreni di riporto dell'area cortiliva	19.25	0.00-0.90	19.25	Bowles (1982) Sabbia Media	16.79

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Mpa)
Strato (1) terreni di riporto dell'area cortiliva	19.25	0.00-0.90	19.25	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	6.57

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) terreni di riporto dell'area cortiliva	19.25	0.00-0.90	19.25	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 (1) terreni di riporto dell'area cortiliva	19.25	0.00-0.90	19.25	Terzaghi-Peck 1948	15.57

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m³)
Strato (1) terreni di riporto dell'area cortiliva	19.25	0.00-0.90	19.25	Terzaghi-Peck 1948	19.50

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (1) terreni di riporto dell'area cortiliva	19.25	0.00-0.90	19.25	(A.G.I.)	0.32

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Mpa)
Strato (1) terreni di riporto dell'area cortiliva	19.25	0.00-0.90	19.25	Ohsaki (Sabbie pulite)	102.75

Velocità onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) terreni di riporto dell'area cortiliva	19.25	0.00-0.90	19.25	Ohta & Goto (1978) Limi	97.81

Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	K0
Strato (1) terreni di riporto dell'area cortiliva	19.25	0.00-0.90	19.25	Navfac 1971-1982	3.92

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Qc (Mpa)
Strato (1) terreni di riporto dell'area cortiliva	19.25	0.00-0.90	19.25	Robertson 1983	3.78

PROVA ... Nr.4

Strumento utilizzato... DMP 3020 PAGANI
 Prova eseguita in data 11/07/2019
 Profondità prova .60 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	2	0.857	0.63	0.74	31.73	37.05
0.20	2	0.855	0.63	0.74	31.66	37.05
0.30	9	0.853	2.84	3.33	142.15	166.70
0.40	11	0.851	3.47	4.07	173.34	203.75
0.50	26	0.749	7.21	9.63	360.65	481.59
0.60	100	0.647	23.97	37.05	1198.42	1852.25

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
0.4	6	2.22	Coesivo	0	16.97	18.34	3.39	0.76	4.56	terreno vegetale e riporto della ex sede stradale
0.6	63	23.34	Incoerente	0	21.87	21.08	8.97	0.76	47.88	ex sede stradale dismessa

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.4
TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (KPa)
Strato (1) terreno vegetale e riporto della ex sede stradale	4.56	0.00-0.40	Terzaghi-Peck	27.95

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Mpa)
Strato (1) terreno vegetale e riporto della ex sede stradale	4.56	0.00-0.40	Robertson (1983)	0.89

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Mpa)
Strato (1) terreno vegetale e riporto della ex sede stradale	4.56	0.00-0.40	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	4.74

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Mpa)
Strato (1) terreno vegetale e riporto della ex sede stradale	4.56	0.00-0.40	Apollonia	4.47

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (1) terreno vegetale e riporto della ex sede stradale	4.56	0.00-0.40	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m³)
Strato (1) terreno vegetale e riporto della ex sede stradale	4.56	0.00-0.40	Meyerhof	16.97

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m³)
Strato (1) terreno vegetale e riporto della ex sede stradale	4.56	0.00-0.40	Meyerhof	18.34

Velocità onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) terreno vegetale e riporto della ex sede stradale	4.56	0.00-0.40	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	65.2

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (2) ex sede stradale dismessa	47.88	0.40-0.60	47.88	Meyerhof 1957	100

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (2) ex sede stradale dismessa	47.88	0.40-0.60	47.88	Sowers (1961)	41.41

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato (2) ex sede stradale dismessa	47.88	0.40-0.60	47.88	Bowles (1982) Sabbia Media	30.83

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Mpa)
Strato (2) ex sede stradale dismessa	47.88	0.40-0.60	47.88	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	12.34

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (2)	47.88	0.40-0.60	47.88	Classificazione A.G.I.	ADDENSATO

ex sede stradale dismessa					
------------------------------	--	--	--	--	--

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m³)
Strato (2) ex sede stradale dismessa	47.88	0.40-0.60	47.88	Terzaghi-Peck 1948	18.04

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m³)
Strato (2) ex sede stradale dismessa	47.88	0.40-0.60	47.88	Terzaghi-Peck 1948	21.02

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (2) ex sede stradale dismessa	47.88	0.40-0.60	47.88	(A.G.I.)	0.26

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Mpa)
Strato (2) ex sede stradale dismessa	47.88	0.40-0.60	47.88	Ohsaki (Sabbie pulite)	241.98

Velocità onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (2) ex sede stradale dismessa	47.88	0.40-0.60	47.88	Ohta & Goto (1978) Limi	116.87

Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_H / P_0$

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	K_0
Strato (2) ex sede stradale dismessa	47.88	0.40-0.60	47.88	Navfac 1971-1982	7.88

 Q_c (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Q_c (Mpa)
Strato (2) ex sede stradale dismessa	47.88	0.40-0.60	47.88	Robertson 1983	9.39

PROVA ... Nr.5

Strumento utilizzato... DMP 3020 PAGANI
 Prova eseguita in data 11/07/2019
 Profondità prova 1.70 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	3	0.857	0.95	1.11	47.60	55.57
0.20	26	0.755	7.27	9.63	363.42	481.59
0.30	20	0.803	5.95	7.41	297.36	370.45
0.40	27	0.751	7.51	10.00	375.47	500.11
0.50	30	0.749	8.32	11.11	416.13	555.68
0.60	26	0.747	7.19	9.63	359.75	481.59
0.70	26	0.745	7.18	9.63	358.86	481.59
0.80	24	0.743	6.61	8.89	330.44	444.54
0.90	22	0.742	5.75	7.76	287.68	387.96
1.00	20	0.790	5.57	7.05	278.54	352.69
1.10	21	0.738	5.47	7.41	273.30	370.32
1.20	30	0.736	7.79	10.58	389.51	529.03
1.30	34	0.685	8.21	11.99	410.44	599.57
1.40	33	0.683	7.95	11.64	397.38	581.93
1.50	29	0.731	7.48	10.23	373.93	511.40
1.60	71	0.630	15.76	25.04	788.22	1252.04
1.70	100	0.628	22.15	35.27	1107.31	1763.43

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
1.5	24.73	8.94	Coesivo	0	20.59	22.65	15.44	0.76	18.79	terreno vegetale sottoposto a fenomeni di essiccazione
1.7	85.5	30.16	Incoerente	0	22.85	21.38	33.17	0.76	64.98	ghiaie e sabbie

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.5
TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (KPa)
Strato (1) terreno vegetale sottoposto a fenomeni di essiccazione	18.79	0.00-1.50	Terzaghi-Peck	124.35

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Mpa)
Strato (1) terreno vegetale sottoposto a fenomeni di essiccazione	18.79	0.00-1.50	Robertson (1983)	3.69

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Mpa)
Strato (1) terreno vegetale sottoporto a fenomeni di essiccazione	18.79	0.00-1.50	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	18.97

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Mpa)
Strato (1) terreno vegetale sottoporto a fenomeni di essiccazione	18.79	0.00-1.50	Apollonia	18.43

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (1) terreno vegetale sottoporto a fenomeni di essiccazione	18.79	0.00-1.50	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m³)
Strato (1) terreno vegetale sottoporto a fenomeni di essiccazione	18.79	0.00-1.50	Meyerhof	20.59

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m³)
Strato (1) terreno vegetale sottoporto a fenomeni di essiccazione	18.79	0.00-1.50	Meyerhof	22.65

Velocità onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) terreno vegetale sottoporto a fenomeni di essiccazione	18.79	0.00-1.50	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	107.5

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (2) ghiaie e sabbie	64.98	1.50-1.70	64.98	Meyerhof 1957	100

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (2) ghiaie e sabbie	64.98	1.50-1.70	64.98	Sowers (1961)	46.19

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato (2) ghiaie e sabbie	64.98	1.50-1.70	64.98	Bowles (1982) Sabbia Media	39.22

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Mpa)
Strato (2) ghiaie e sabbie	64.98	1.50-1.70	64.98	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	15.78

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (2) ghiaie e sabbie	64.98	1.50-1.70	64.98	Classificazione A.G.I.	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m³)
Strato (2) ghiaie e sabbie	64.98	1.50-1.70	64.98	Terzaghi-Peck 1948	18.89

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m³)
Strato (2) ghiaie e sabbie	64.98	1.50-1.70	64.98	Terzaghi-Peck 1948	21.54

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (2) ghiaie e sabbie	64.98	1.50-1.70	64.98	(A.G.I.)	0.22

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Mpa)
Strato (2) ghiaie e sabbie	64.98	1.50-1.70	64.98	Ohsaki (Sabbie pulite)	322.44

Velocità onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (2) ghiaie e sabbie	64.98	1.50-1.70	64.98	Ohta & Goto (1978) Limi	154.22

Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	K0
Strato (2) ghiaie e sabbie	64.98	1.50-1.70	64.98	Navfac 1971-1982	11.15

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Qc (Mpa)
Strato (2) ghiaie e sabbie	64.98	1.50-1.70	64.98	Robertson 1983	12.74