



Dott. Geol.
PAOLO BERETTI

Geologia Applicata e Geotecnica
Consulenze e Controlli Ambientali

Via De Gasperi 2/1, 42020 Quattro Castella (RE)
Tel. 0522 1695098 - Cell. 348 6902667 e-mail: studio.beretti@gmail.com; paolo.beretti@epap.sicurezzaipostale.it

COMMITTENTE

Amministrazione Comunale di Albinea

Provincia di Reggio Emilia Comune di Albinea



Realizzazione del nuovo Centro Operativo Comunale (COC) della Protezione Civile di Albinea, Via Grandi

RELAZIONE GEOLOGICA, MODELLAZIONE GEOTECNICA E ANALISI DELL'AZIONE SISMICA



Revisione	Descrizione	Data	Redazione
0	GGG	Aprile 2020	Dott. Geol. Paolo Beretti

INDICE

INDICE	1
PARTE INTRODUTTIVA	2
Premessa.....	2
Inquadramento territoriale	2
Vincoli territoriali - Carta inventario del dissesto Provincia di Reggio Emilia	2
Piano e metodologia d'indagine	3
Riferimenti normativi	4
RELAZIONE GEOLOGICA SULLE INDAGINI - CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO.....	6
Inquadramento geologico e strutturale.....	6
Cenni di Geomorfologia.....	7
Inquadramento idrogeologico	8
Serie idrogeologica locale.....	8
Piezometria dell'acquifero freatico	9
Successione litomeccanica	10
Modello geologico.....	10
Pericolosità geologica e geomorfologica	10
Pericolosità idraulica dell'area (d.g.r. 1300/2016)	11
RELAZIONE SULLA PERICOLOSITA' SISMICA DELL'AREA - RISPOSTA SISMICA LOCALE.....	13
Inquadramento topografico	13
Storia sismica del sito.....	13
effetti attesi e livelli di approfondimento	15
Classe dell'opera: Azione sismica e pericolosità sismica di base.....	16
Identificazione categoria suolo di fondazione.....	17
Azione sismica di progetto (D.M. 17/01/2018).....	18
Fattore di amplificazione stratigrafico (D.M. 17/01/2018)	18
Fattore di amplificazione topografico (D.M. 17/01/2018)	18
Principali coefficienti di accelerazione sismica- Studio di II livello	18
Calcolo del fattore di amplificazione stratigrafico di III livello	19
Cenni metodologici.....	19
Definizione dello spettro di risposta relativo al sito in analisi	20
Definizione dei coefficienti di amplificazione sismica.....	21
Principali parametri di sollecitazione sismica derivanti dallo studio di III Livello	21
Analisi Suscettibilità alla Liquefazione.....	22
RELAZIONE GEOTECNICA SULLE INDAGINI - MODELLAZIONE GEOTECNICA DEL SITO	23
Tipologia progettuale delle opere	23
Volume significativo e piano di indagine.....	23
Incertezze interpretative e metodologiche relative alla ricostruzione del modello geologico-geotecnico- sismico.....	24
Successione geotecnica - Analisi geomeccanica dei terreni.....	24
Valore del coefficiente di Winkler mediato su tutta la verticale d'indagine	25
Tipologia e Piano di posa fondale	25
Verifica alle tensioni ammissibili (valore indicativo per predimensionamenti).....	26
Capacità portante resistente agli stati limiti ultimi	26
Parametri per la verifica allo scorrimento del piano di posa fondale	27
Verifica dei cedimenti (Stato limite di esercizio).....	28
Ulteriori accorgimenti da adottarsi in fase di studio esecutivo e direzione lavori.....	28
ALLEGATI	30

PARTE INTRODUTTIVA

PREMESSA

Nell'ambito progettuale relativo ai lavori di realizzazione del nuovo Centro Operativo comunale (C.O.C.) della Protezione Civile di Albinea, da ubicarsi in Via Grandi, si è effettuata l'indagine geologico geotecnica e sismica oggetto della presente relazione.

Dette analisi, che hanno consentito di individuare i caratteri geologici, geomorfologici, idrogeologici e geomeccanici dei terreni formanti il sottosuolo, sono state redatte su commissione dell'**Amministrazione Comunale di Albinea**, in ottemperanza ai dettati del D.M. 11/03/88 e circ. LL.PP. N° 30483 del 24/09/88 ed in riferimento alle nuove Norme Tecniche sulle Costruzioni, DM 17/01/2018.

INQUADRAMENTO TERRITORIALE

La zona in esame è ubicata nel comparto settentrionale del territorio comunale e dista circa 200 m dall'attuale tracciato fluviale del T. Lavezza.

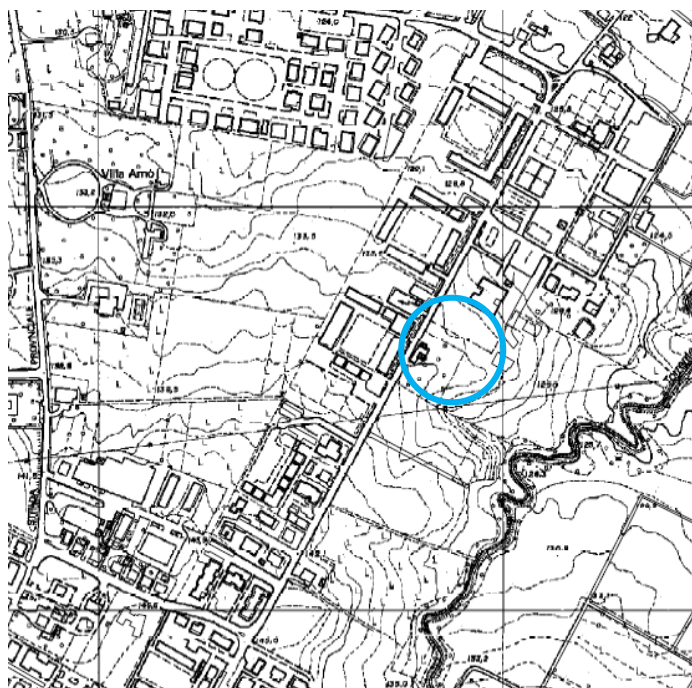
Dal punto di vista morfologico, il sito si sviluppa su di una superficie sub pianeggiante ed è caratterizzata da quote topografiche pari circa a 129,5 ÷ 130,0 m s.l.m.

Cartografia di riferimento

Foglio 1:50000	200	Reggio Emilia
Tavoletta 1:25000	200SE	Reggio nell'Emilia Sud
Sezione 1:10000	200160	Albinea
Elemento 1:5000	200164	Caselline

VINCOLI TERRITORIALI - CARTA INVENTARIO DEL DISSESTO PROVINCIA DI REGGIO EMILIA

Le perimetrazioni della "*Carta Inventario del dissesto (PAI-PTCP) e degli abitati da consolidare e trasferire (L445/1908), allegato P6 - sez 200160*" non individuano, in corrispondenza dell'area di impronta dell'intervento edificatorio, forme o processi di dissesto idrogeologico, siano essi in stato di attività o di quiescenza.



Carta Inventario del Dissesto		PAI	PTCP
	Frane attive (a1)	Fa	art.57
	Frane di crollo (a6)		
	Frane quiescenti (a2)	Fq	art.57
	Frane quiescenti parzialmente erose (a2a)		
	Scivolamenti in blocco (sb)		
	Frane stabilizzate	Fs	art.59
	Depositi alluvionali in evoluzione (b1)	Ee	art.58
	Depositi alluvionali in evoluzione parzialmente fissati da vegetazione (b1a)		
	Depositi alluvionali terrazzati (b2)	Eb	art.58
	Depositi alluvionali terrazzati (ordine b3 o maggiore di b3)	Em	art.58
	Conoidi in evoluzione	Ca	art.58
	Conoidi inattive	Cn	art.58
	Depositi di Versante s.l. (a3)		art.59
	Depositi morenici (c1)		
	Depositi morenici rissiani (c3)		
	Depositi morenici wurmiani (c4)		

Carta del dissesto - PTCP - allegato P6 - sezione 200160

PIANO E METODOLOGIA D'INDAGINE

Indagine geognostica

Per la caratterizzazione fisico meccanica del sottosuolo sono state eseguite due prove penetrometriche statiche CPT, utilizzando un penetrometro statico-dinamico, mod. Pagani Tg63-200, con le seguenti caratteristiche:

Comune di Albinea	Relazione geologica, modellazione geotecnica e analisi dell'azione sismica	Realizzazione del nuovo Centro Operativo Comunale (C.O.C.) della Protezione Civile di Albinea, via Grandi.
-------------------	---	--

- **Prova penetrometrica statica:** caratteristiche conformi allo standard europeo (cfr. *Indicazioni ISSMFE - AGI*), cella di pressione idraulica a lettura digitale, prima asta con punta *Begemann (Friction Sleeve Cone)*.

Prospezioni geofisiche

Al fine di determinare la categoria del suolo di fondazione, valutare lo schema sismo-stratigrafico e ricavare i parametri di microzonazione sismica dell'area in oggetto, in riferimento ai dettati del D.M. 17/01/2018, è stata considerata la seguente indagine:

- **Stendimento sismico integrato Remi – MASW**, effettuata utilizzando un sismografo digitale a 24 canali ad elevata dinamica MAE, attrezzato con 24 geofoni verticali con frequenza propria di 4,5 Hz, disposti ad interasse di 2,0 m per una lunghezza totale di indagine pari a 46,0 m. L'acquisizione dei microtremori ambientali è stata eseguita effettuando una decina di registrazioni della durata di 44 sec con una frequenza di campionamento di 500 Hz; la prospezione MASW è stata effettuata mediante 7 battute all'esterno dello stendimento.

Tale prospezione è stata eseguita direttamente dal collaboratore dello Scrivente, nell'ambito di una pregressa campagna d'indagine all'interno del medesimo contesto geologico – geomorfologico.

RIFERIMENTI NORMATIVI

NORME NAZIONALI

- Dlgs 11 febbraio 2010, n. 22:

Riassetto della normativa in materia di ricerca e coltivazione delle risorse geotermiche, a norma dell'articolo 27, comma 28, della legge 23 luglio 2009, n. 99. (10G0037)

- Ministero delle Infrastrutture

Decreto 14 gennaio 2008 Norme Tecniche sulle Costruzioni

Circolare 2 febbraio 2009 n. 617 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

- Presidenza del Consiglio dei Ministri

Ordinanza n. 3379 del 5 novembre 2004

Disposizioni urgenti di protezione civile.

- Presidenza del Consiglio dei Ministri

Ordinanza n. 3316 del 2 ottobre 2003

Modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003.

- Presidenza del Consiglio dei Ministri

Ordinanza n. 3274 del 20 marzo 2003

Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.

- Decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, 12 giugno 2003, n. 185

Regolamento recante norme tecniche per il riutilizzo delle acque reflue in attuazione dell'articolo 26, comma 2, del decreto legislativo 11 maggio 1999, n.152.

- Decreto Legge 12 ottobre 2000, n. 279

Interventi urgenti per le aree a rischio idrogeologico molto elevato e in materia di protezione civile, nonché a favore delle zone della regione Calabria danneggiate dalle calamità idrogeologiche di settembre ed ottobre 2000.

- Dlgs 11 maggio 1999, n.152

Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole.

Comune di Albinea	Relazione geologica, modellazione geotecnica e analisi dell'azione sismica	Realizzazione del nuovo Centro Operativo Comunale (C.O.C.) della Protezione Civile di Albinea, via Grandi.
-------------------	---	--

- Ministero dei Lavori Pubblici - Circolare 9 gennaio 1996, n. 218/24/3

Legge 2 febbraio 1974, n. 64. Decreto del ministero dei Lavori Pubblici 11 marzo 1988. Istruzioni applicative per la redazione della relazione geologica e della relazione geotecnica.

- Decisione n° 701/1995 della V Sezione giurisdizionale del Consiglio di Stato

Esclusiva competenza del geologo per la relazione geologica La competenza del geologo anche per la relazione geotecnica.

- Legge 11 febbraio 1994, n. 109 - (MERLONI TER)

Legge quadro in materia di lavori pubblici.

- Parere Ministero Lavori Pubblici, 17 dicembre 1993, N. 138

Consiglio Superiore, Assemblea Generale

Legge 2 febbraio 1974 n.64 - Decreto Ministeriale 11 marzo 1988 - Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e stabilità delle opere di fondazione. Relazione geologica e geotecnica. Competenze professionali.

- Decreto Ministero dei Lavori Pubblici 11 Marzo 1988

- Circolare Ministero Lavori Pubblici, 24 Settembre 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.

- Legge 8 agosto 1985, n. 431 - (Galasso)

Conversione in legge con modificazioni del Decreto Legge 27 giugno 1985, n. 312 concernente disposizioni urgenti per la tutela delle zone di particolare interesse ambientale.

- Legge 2 febbraio 1974, n. 64

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

- R.D. 16 maggio 1926 n°1126

Approvazione del regolamento per l'applicazione del regio decreto 30 dicembre 1923, n. 3267, concernente il riordinamento e la riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani.

- R.D. 30 dicembre 1923 n°3267

Vincolo idrogeologico: "Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani."

NORME REGIONALI

- D.E.R. n°1105 del 03 febbraio 2014

Indicazioni sulla documentazione tecnica da produrre a supporto della richiesta di contributi per interventi di consolidamento di terreno di fondazione in caso di riparazione, ripristino con miglioramento sismico o demolizione e ricostruzione di edifici dichiarati inagibili che abbiano riportato danni da liquefazione, a seguito della sequenza sismica che ha interessato la pianura emiliana nel maggio-giugno 2012.

- L.R. 23/05/2011 del 687/2011

- Atto di indirizzo recante individuazione degli interventi privi di rilevanza per la pubblica incolumità ai fini sismici e delle varianti, riguardanti parti strutturali, che non rivestono carattere sostanziale e definizione della documentazione attinente alla riduzione del rischio sismico necessaria per il rilascio del permesso di costruire e per la denuncia di inizio attività, ai sensi degli articoli 9, comma 4, e 10, comma 3 della L.R. n. 19 del 2008.

- Delibera dell'Assemblea legislativa progr. n°112 - oggetto n°3121 del 2 maggio 2007

Gli indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica.

- Delibera GR n°1117 del 11/07/2000

Direttiva regionale concernente le procedure amministrative e le norme tecniche relative alla gestione del vincolo idrogeologico, ai sensi ed in attuazione degli artt. 148, 149, 150 e 151 della L.R. 21 aprile 1999, n. 3 "Riforma del sistema regionale e locale".

- L.R. 24 marzo 2000 n°20

Disciplina generale sulla tutela e uso del territorio.

- Delibera n. 2193 del 21 dicembre 2015,

Aggiornamento degli indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna.

**RELAZIONE GEOLOGICA SULLE INDAGINI - CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE
GEOLOGICA DEL SITO****INQUADRAMENTO GEOLOGICO E STRUTTURALE**

Dal punto di vista strutturale, il sottosuolo della zona di Albinea e la fascia meridionale del territorio comunale di Reggio Emilia, appartiene alla regione delle Pieghe Pedeappenniniche - sottoregione delle Pieghe Emiliane, caratterizzata da un assetto a pieghe sinclinali ed anticlinali di direttrice appenninica, frequentemente dislocate da faglie subverticali orientate sia in modo appenninico che antiappenninico.

In relazione ai fenomeni di spostamento neotettonico non risulta, da studi territoriali svolti dal C.N.R. (Sottoprogetto Finalizzato Geodinamica), che faglie attive nel Quaternario abbiano manifestato palesi ripercussioni superficiali nel sito in oggetto.

I litotipi rocciosi affioranti nelle fasce del territorio comunale di Albinea sono attribuiti alle Formazioni Marine Calabrianne e Pre Calabrianne, costituite da sequenze sostanzialmente argillose siltose da stratificate a laminate, ad aspetto massiccio, alle quali si intercalano livelli sabbiosi talora sabbioso ghiaiosi conglomeratici.

Tali unità sono coperte da depositi eluviali sabbioso - sabbioso ghiaiosi alterati, a loro volta sovrastati da depositi colluviali, a componente sostanzialmente argillosa - argilloso limosa, attribuiti al Pleistocene ed Olocene, contraddistinti da intensi fenomeni di pedogenesi.

Infatti, nell'area in esame, i terreni affioranti sono ascrivibili a sedimenti della fase pluvio-fluvio-glaciale Rissiana, costituiti da materiali eterometrici più o meno pedogenizzati, con presenza di paleosuoli argillosi giallo-bruni: si rilevano infatti depositi ghiaiosi e ghiaioso sabbiosi, alternati a materiali limosi e sabbiosi, con subordinate intercalazioni argillose sovraconsolidate.

La nuova denominazione CARG della Regione Emilia Romagna attribuisce il sottosuolo dell'area in analisi al Subsistema di Villa Verrucchio – Unità di Niviano (**AES7a**). Detti materiali sovrastano i depositi ad elevata variabilità litologica laterale attribuibili al Sistema di Costamezzana (**CMZ**).

Si riporta di seguito la successione litostratigrafica inerente all'allegata *Tav. 2 Carta geologica*.

Serie Litostratigrafica**DEPOSITI QUATERNARI****UNITA' ALLUVIONALI TERRAZZATE (OLOCENE NON ATTUALE).*****SUBSISTEMA DI RAVENNA (AES8) (Olocene età radiometrica della base: 11.000-8.000 anni)***

Limi sabbiosi e limi argillosi negli apparati dei torrenti minori o ghiaie in lenti entro limi, subordinate ghiaie e ghiaie sabbiose in quelli dei torrenti e fiumi principali. 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. Nell'alta pianura su AES7b (affiorante solo in cave). Potenza fino a oltre 20 m.

AES8a – UNITA' DI MODENA (Post-VI secolo dC.)

Depositi ghiaiosi e fini. Unità definita dalla presenza di un suolo a bassissimo grado di alterazione, con profilo potente meno di 100 cm, calcareo e grigio-giallastro. Corrisponde al primo ordine dei terrazzi nelle zone intravallive. Nella pianura ricopre resti archeologici di età romana del VI secolo d.C. Potenza massima di alcuni metri (<10 m).

Comune di Albinea	Relazione geologica, modellazione geotecnica e analisi dell'azione sismica	Realizzazione del nuovo Centro Operativo Comunale (C.O.C.) della Protezione Civile di Albinea, via Grandi.
-------------------	---	--

SUBSISTEMA DI VILLA VERUCCHIO (AES7)

Depositi prevalentemente ghiaiosi e ghiaioso-sabbiosi in ambiente intravallivo e allo sbocco dei corsi d'acqua in pianura; lateralmente limi prevalenti con subordinate ghiaie e sabbie. Base discordante su AES6 o su unità più antiche. E' interamente suddiviso in due unità. Potenza fino a 50 metri circa.

AES7a - UNITÀ DI NIVIANO (Pleistocene sup.)

Depositi continentali ghiaioso sabbiosi dei terrazzi intravallivi e di conoide dei fiumi principali, e limo sabbiosi dei torrenti minori. Al tetto suoli decarbonatati, a luoghi alterati, con fronte di alterazione < 5 metri, orizzonti superficiali con colore variabile a seconda della litologia da rosso bruno a giallo bruno. Contatto inferiore in discontinuità su unità più antiche. Contatto superiore coincidente con la superficie topografica nelle aree intravallive e pedecollinari, sepolto da AES7b e AES nell'alta pianura. Potenza affiorante < 10 m o non valutabile.

CMZ- SINTEMA DI COSTAMEZZANA (Pleistocene inferiore)

E' costituito grossolanamente da 3 associazioni di facies, sovrapposte ciclicamente e giustapposte, che individuano, nel complesso, un prisma sedimentario costiero con tendenza regressiva e progradante verso nord, nord-ovest. 1) Sabbie e ghiaie argillose in strati spessi, frequentemente gradati e amalgamati, con intercalati livelli argillosi sottili, discontinui, biancastri, sterili, alternate a banconi argilloso-limosi con livelli ricchi in resti vegetali lignitizzati: depositi prossimali di delta-conoide. 2) Sabbie medio-fini in strati sottili e medi con laminazione piano-parallela oppure di tipo hummocky, intercalate a limi argillosi verdi, debolmente bioturbati, contenenti talora macrofaune oligotipiche: depositi lagunari. 3) Sabbie, sabbie ghiaiose e subordinatamente ghiaie ciottolose in strati massivi o con una gradazione diretta poco sviluppata e comunque sovente mascherata dalle frequenti amalgamazioni tra strati successivi che possono inglobare clasti pelitici di dimensioni anche metriche. Frequenti anche la stratificazione obliqua a grande scala e le laminazioni trattive. La matrice delle ghiaie è costituita sempre da sabbia medio grossolana: depositi di delta-conoide ad alta energia fluviale e marina. Il contatto di base è erosivo o netto e discordante su ATS e FAA. Lo spessore complessivo varia da 0 a 400 m circa.

CENNI DI GEOMORFOLOGIA

L'area studiata è stata interessata, in passato, da azioni modellatrici che hanno inciso e profondamente modificato le originarie morfologie.

L'agente modellante di maggior influenza è stato ed è l'acqua, sia di precipitazione meteorica sia canalizzata, che ha esplicato le sue azioni in fasi alterne di deposito e di erosione. Infatti durante i periodi interglaciali Riss - Wurm e Post Wurm, i corsi d'acqua erano particolarmente impetuosi, ricchi di acque derivanti sia dallo scioglimento progressivo delle lingue glaciali appenniniche che da precipitazioni sempre più abbondanti, conseguenti alle variazioni climatiche, che da arido fredde, sono progressivamente passate a condizioni più temperate equivalenti alle attuali.

In funzione del carico solido che i corsi d'acqua erano in grado di trasportare, si vennero a formare, lungo la fascia di raccordo tra collina e pianura, estesi "glacis" di accumulo. Le vestigia di tali morfologie, progressivamente smantellate dalle azioni erosive dei corsi d'acqua, sono oggi rappresentati dalle paleosuperfici pedogenizzate a suolo giallo bruno. A detta tipologia morfologica è ascrivibile quella su cui insiste il sito in esame.

In particolare, l'assetto geomorfologico del territorio è legato alle passate vicende fluviali del Torrente Lavezza, elemento caratterizzante il sito d'intervento, che si ubica all'interno della terminazione laterale di una conoide alluvionale Rissiana, attualmente non attiva. Risultano, inoltre, della stessa epoca temporale i depositi che si sviluppano ai margini di suddetto corpo.

Procedendo in direzione orientale, a circa 100 m dal sito in analisi, sono riscontrabili indizi riconducibili ad una scarpata di terrazzo di 3° ordine e, allontanandosi ulteriormente nella medesima direzione, a circa 200 m, si rinviene la presenza di una scarpata di terrazzo di 4° ordine, correlabile alle ultime fasi di escavazione del suddetto Torrente. Attualmente tale morfoscultura non presenta indizi di attività.

Comune di Albinea	Relazione geologica, modellazione geotecnica e analisi dell'azione sismica	Realizzazione del nuovo Centro Operativo Comunale (C.O.C.) della Protezione Civile di Albinea, via Grandi.
-------------------	---	--

Per quanto riguarda le forme ed i processi evolutivi, infatti, non si riscontrano dissesti in atto e il sito in esame è stabile ed in condizioni di sicurezza.

INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

L'area oggetto di studio, appartiene al bacino idrogeologico Padano, costituito dai depositi dei fiumi appenninici che hanno generato un insieme di livelli più o meno lentiformi che si succedono formando una sequenza ad orizzonti con caratteri granulometrici differenziati sulla verticale.

In tale sistema gli orizzonti acquiferi sono rappresentati da sequenze, a grado di permeabilità variabile lateralmente e verticalmente, formate da successioni di strati sabbioso ghiaiosi – sabbiosi, ai quali si alternano in subordine livelli limoso sabbiosi – limoso argillosi, con netta prevalenza percentualmente delle componenti sabbioso ghiaiose.

Queste ultime sono tra loro separate da spesse sequenze essenzialmente argillose, sostanzialmente impermeabili, che localmente possono includere subordinati livelli lentiformi sabbiosi – sabbioso ghiaiosi di modesto spessore e difficile individuazione.

SERIE IDROGEOLOGICA LOCALE

La serie idrogeologica di seguito descritta, ricostruita ordinando le colonne litostratigrafiche di perforazioni per pozzi e di sondaggi meccanici effettuati nel territorio in esame, può riassumersi in un complesso nel quale tendenzialmente prevalgono le sequenze argillose - argilloso limose, sostanzialmente impermeabili, alle quali si intercalano orizzonti lentiformi prevalentemente ghiaiosi e ghiaioso sabbiosi a spessore variabile, sede di circolazione idrica sotterranea. La sequenza degli orizzonti litologici che formano i primi 100 m del sottosuolo è schematicamente discretizzabile come di seguito esposto:

- A -** Successione a pronunciata variabilità litologica orizzontale, costituita prevalentemente da ghiaie – ghiaie sabbiose, alternate e/o sostituite lateralmente da terreni essenzialmente argillosi – argilloso limosi. Tale insieme, che contraddistingue i primi 8 ÷ 15 m del sottosuolo, forma l'acquifero freatico ed è caratterizzato da una marcata variabilità laterale e verticale del grado di permeabilità.
- B -** Unità essenzialmente impermeabile con spessore di 10 ÷ 15 m che contiene in percentuale subordinata corpi lentiformi ghiaioso sabbiosi, discontinui lateralmente; si rinviene in genere tra -10 ÷ -15 e -25 ÷ -30 m p.c.
- C -** Livello permeabile ghiaioso sabbioso con spessore oscillante in media tra 3 e 5 m; si riscontra tra -20 ÷ -25 e -30 ÷ -35 m p.c.
- D -** Orizzonte prevalentemente argilloso limoso impermeabile, continuo lateralmente, a spessore variabile di 3 ÷ 10 ÷ 15 m, contenente locali lenti sabbioso ghiaiose; è generalmente presente tra -30 ÷ -35 e -40 ÷ -45 m p.c.
- E -** Unità sostanzialmente ghiaioso sabbiosa, permeabile, con potenza variabile tra 2 ÷ 3 e 5 ÷ 10 m; si rinviene generalmente tra -30 ÷ -45 e -35 ÷ -50 m p.c.
- F -** Unità argilloso limosa, sostanzialmente impermeabile, con spessore variabile tra 5 ÷ 15 m, continua lateralmente; si riscontra tra -40 ÷ -45 e -50 ÷ -55 m p.c.

Comune di Albinea	Relazione geologica, modellazione geotecnica e analisi dell'azione sismica	Realizzazione del nuovo Centro Operativo Comunale (C.O.C.) della Protezione Civile di Albinea, via Grandi.
-------------------	---	--

- G** - Sequenza essenzialmente sabbioso ghiaiosa con spessore medio compreso tra 3 ÷ 5 ÷ 10 m; è riscontrabile generalmente tra -50 ÷ -55 e -60 m p.c.
- H** - Orizzonte prevalentemente argilloso limoso, impermeabile, con spessore di 5 ÷ 10 ÷ 20 m, che aumenta in potenza in direttrice sud; è generalmente riscontrabile tra -55 ÷ -60 e -80 m p.c.
- I** - Livello prevalentemente ghiaioso sabbioso, tendenzialmente continuo orizzontalmente, con spessore mediamente oscillante tra 3 e 5 m; è presente in genere tra -70 ÷ -75 e -85 m p.c.
- L** - Unità sostanzialmente argilloso limosa, impermeabile, con spessore di 15 ÷ 20 m che localmente può inglobare strati lentiformi ghiaiosi; si riscontra di solito tra -75 ÷ -85 e -90 ÷ -95 m p.c.
- M** - Sequenza essenzialmente sabbioso ghiaiosa con spessore medio compreso tra 3 ÷ 4 e 6 ÷ 10 m; è riscontrabile generalmente tra -90 ÷ -95 e -100 ÷ -110 m p.c.
- N** - Orizzonte prevalentemente argilloso limoso, impermeabile, con spessore di 10 ÷ 20 m; si rinviene a quote sottostanti -110 m p.c.

PIEZOMETRIA DELL'ACQUIFERO FREATICO

La conformazione isopiezometrica dell'area in esame denota un assetto idrogeologico complesso ad elevato grado di corrispondenza con il modello geomorfologico stratigrafico territoriale.

Le linee isopiezometriche, 1 km ad occidente dell'area di intervento, assumono un assetto territoriale tendenzialmente concavo con direttrici di moto dei deflussi idrici sotterranei rivolte all'interno delle isopieze che, nell'insieme, evidenziano la presenza di una falda conica convergente. Quest'ultima si contraddistingue con una fascia principale di raccolta dei deflussi idrici sotterranei con direttrice sud– nord, estendentesi circa da Albinea Capoluogo a Caselline, con andamento sub parallelo a Strada Provinciale n° 25.

Nell'ambito territoriale al quale appartiene il sito d'intervento, l'assetto isopiezometrico assume configurazione sub cilindrica, con andamento parallelo dei filetti idrici sotterranei, in direzione principale sud ovest – nord est, contraddistinti da valori di gradiente idraulico mediamente corrispondenti a:

$$i_n = 1.5 \div 2.5\%$$

concordanti con valori di trasmissività medio elevati correlabili a materiali ghiaioso sabbiosi.

Al momento dell'esecuzione delle prove penetrometriche, per ciascuna verticale d'indagine è stata misurata l'eventuale presenza di battente idrico sotterraneo, rilevando, nello specifico, i seguenti dati:

CPT1	Foro vuoto.
CPT2	Foro vuoto.

La falda freatica all'intorno dell'area di intervento, secondo gli strumenti programmatici territoriali, è generalmente riscontrabile a -10 ÷ - 14 m dal piano campagna.

SUCCESSIONE LITOMECCANICA

Allo scopo di determinare le caratteristiche fisico meccaniche del sottosuolo, sono state eseguite due prove penetrometriche statiche CPT; le verticali d'indagine sono ubicate come nella planimetria "Tav. 3 – Planimetria Ubicazione Indagini" ed i relativi risultati appaiono visualizzati negli allegati: "Diagrammi penetrometrici".

In base al rapporto di Begemann ottenuto dall'esecuzione di penetrometrie statiche, si è riconosciuta, dall'alto in basso rispetto alla quota del piano cortilivo, la successione litostratigrafico - meccanica di seguito descritta:

Successione litomeccanica (CPT1– CPT2)

Profondità	Descrizione Litomeccanica
Da – 0,8 ÷ – 1,0 m p.c. a – 1,8 ÷ – 2,2 m p.c.	Superato l'orizzonte rimaneggiato superficiale di spessore medio pari a 60 ÷ 80 cm, si riscontra un corpo argilloso limoso – limoso argilloso, a medio basso grado di consistenza. Al penetrometro statico si registrano valori medi di resistenza alla punta pari a $q_{cm} = 8 \div 16$ kgf/cmq e valori di resistenza ad attrito laterale locale pari a $f_{sm} = 0,9 \div 2,3$ kgf/cmq.
Da – 1,8 ÷ – 2,2 m a – 3,4 ÷ – 4,6 m p.c.	Unità argilloso limosa e limoso argillosa spiccatamente sovraconsolidata, caratterizzata da valori medi di resistenza alla punta oscillanti tra $q_{cm} = 25 \div 55$ kgf/cmq e da valori di resistenza ad attrito laterale locale variabili tra $f_{sm} = 1,5 \div >> 3,0$ kgf/cmq.
Da – 3,4 ÷ – 4,6 m a – 7,8 ÷ – 8,4 m p.c.	Ulteriore sequenza sedimentaria costituita da argille limose e/o limi argillosi sovraconsolidati. Al penetrometro statico si registrano valori medi di resistenza alla punta pari a $q_{cm} = 35 \div 80$ kgf/cmq e valori di resistenza ad attrito laterale locale compresi tra $f_{sm} = 2,3 \div >> 3,0$ kgf/cmq.
Oltre a – 7,8 ÷ – 8,4 m p.c.	Unità costituita da ghiaie - ghiaie argillose – ghiaie sabbiose, ad elevato grado di addensamento, contraddistinta da valori medi di resistenza alla punta pari a $q_{cm} = 110 \div > 250$ kgf/cmq, con medio massimi pari a $q_{cm} = > 320$ kgf/cmq. L'elevata consistenza meccanica ha impedito l'approfondimento delle verticali geognostiche.

MODELLO GEOLOGICO

Superato l'orizzonte rimaneggiato superficiale, le prospezioni geognostiche effettuate hanno identificato sequenze di livelli argilloso limosi e limoso argillosi a sensibile grado di sovraconsolidazione, costituenti tre differenti unità litologiche e geotecniche (**UGT1**, **UGT2** e **UGT3**).

Tali unità sono quindi state differenziate sulla base dei valori di resistenza alla punta, della resistenza ad attrito laterale e in relazione, appunto, al suddetto grado di sovraconsolidazione.

Oltre tali orizzonti, a partire da - 8,0 ÷ - 8,4 m dal piano di esecuzione delle indagini, è stata riscontrata la presenza di un importante corpo ghiaioso e/o ghiaioso sabbioso (**UGT4**). L'elevato grado di addensamento dei termini grossolani ha determinato l'interruzione dell'approfondimento d'indagine.

La successione litomeccanica riscontrata, denota l'appartenenza del sito alle sequenze di depositi alluvionali terrazzati, in accordo con le caratteristiche geomorfologiche territoriali precedentemente descritte.

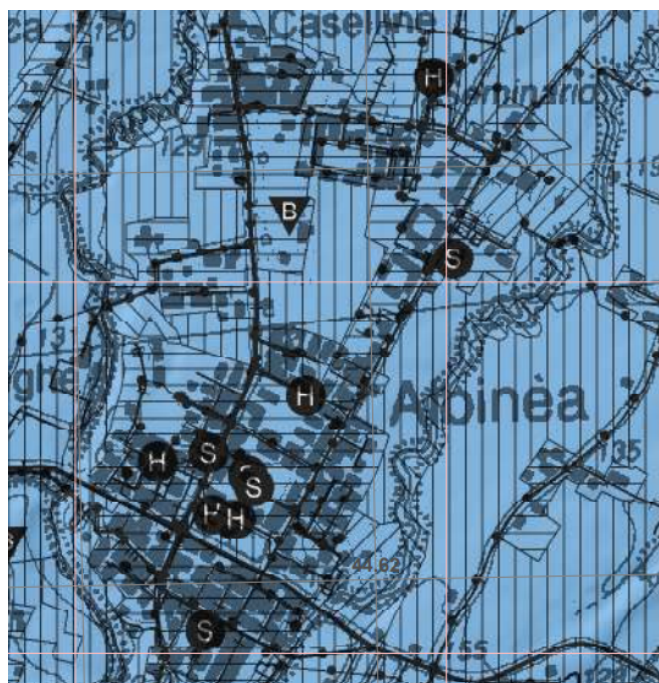
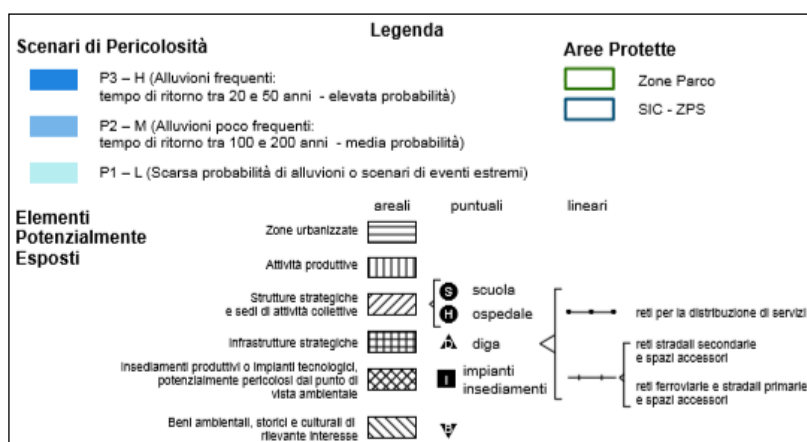
PERICOLOSITÀ GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA

Dal punto di vista geologico e geomorfologico, alle attuali condizioni al contorno, il sito si presenta in condizioni di stabilità e sicurezza.

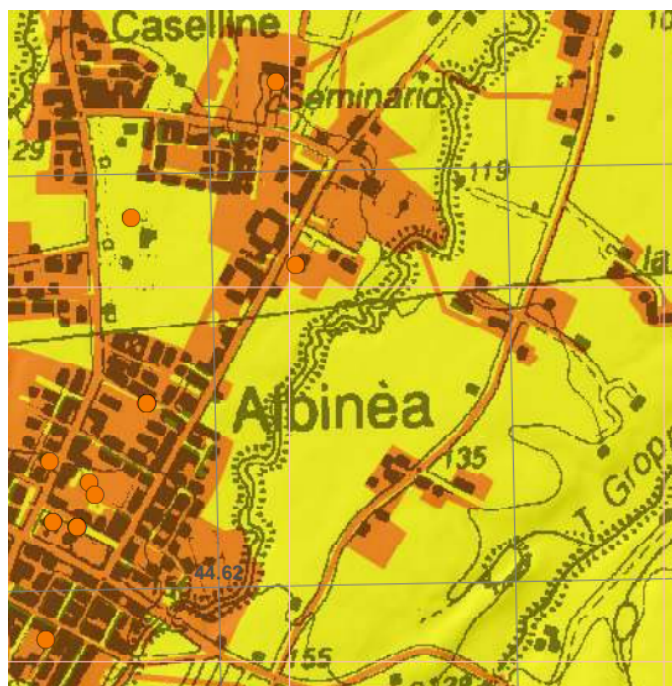
PERICOLOSITÀ IDRAULICA DELL'AREA (D.G.R. 1300/2016)

Si riportano gli estratti degli elaborati cartografici rappresentati dalle Mappe di Pericolosità e del Rischio di alluvione predisposte ai sensi dell'art. 6 della Direttiva 2007/60/CE e del D.Lgs. 49/2010. L'area di studio è compresa all'interno del **Reticolo Secondario di Pianura (RSP)** il quale, per definizione, è costituito da corsi d'acqua secondari di pianura gestiti dai Consorzi di bonifica e irrigui nella medio – bassa pianura padana.

In relazione alla disamina dell'elaborato grafico “*Direttiva Europea 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni – Mappa della pericolosità e degli elementi potenzialmente esposti*” il comparto territoriale in analisi ricade all'interno di un ambito contraddistinto da una pericolosità di **tipo P2 – M** (alluvioni poco frequenti, $T_R = 100 \div 200$ anni, probabilità media).



Mappa della pericolosità e degli elementi esposti.



Mappa del rischio

Le perimetrazioni della mappa del rischio potenziale esposte all'interno del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA), ai sensi della direttiva europea 2007/60/CE, evidenziano uno scenario di **rischio medio R2**.

Per gli interventi in progetto, alla luce della classificazione presentata, si consigliano i seguenti accorgimenti:

- I piani di calpestio dell'opera dovranno essere previsti a quote superiori rispetto a quelle degli assi stradali adiacenti.
- Gli impianti tecnici siano realizzati con accorgimenti tali da assicurare la continuità del funzionamento dell'impianto, anche in caso di alluvionamento;
- Le aperture siano a tenuta stagna o provviste di protezioni idonee.
- La realizzazione di un idoneo sistema di raccolta e allontanamento delle acque bianche e delle acque corrivanti sulla superficie areale all'intorno del fabbricato, in grado di proteggere lo stesso dalle piogge critiche o dagli eventi di allagamento (seppur improbabili).

RELAZIONE SULLA PERICOLOSITA' SISMICA DELL'AREA - RISPOSTA SISMICA LOCALE

INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO

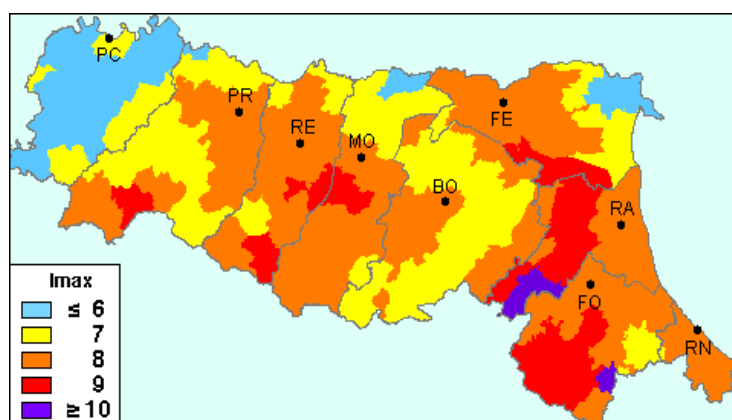
Le coordinate geografiche (**ellissoide ED50**) relative circa al centro dell'area d'intervento corrispondono a:

10,61377 ÷ 44,62803

(utilizzate per il calcolo dell'azione sismica – DM 17-01-18)

STORIA SISMICA DEL SITO

Nell'ambito in cui ricade il territorio comunale di Albinea (RE) il Catalogo delle massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani, valutate a partire dalla banca dati macrosismici del GNDT e dai dati del Catalogo dei Forti Terremoti in Italia di ING/SGA, Elaborato per il Dipartimento della Protezione Civile (*D. Molin, M. Stucchi e G. Valensise, 1996*) documenta eventi sismici giungenti al 7° – 8° grado della Scala *Mercalli - Cancani – Sieberg*, con intensità massima corrispondente ad $M = 4,5 \div 5,6$, come evidenziato nella seguente figura.



Zonazione sismica della RER sulla base della scala MCS.

Nell'ambito a cui appartiene il territorio comunale di Albinea, il Database Macrosismico DBMI04, utilizzato per la compilazione del catalogo parametrico CPTI04 (Gruppo di lavoro CPTI, 2004 – INGV, Bologna) sono documentati gli eventi sismici di seguito riportati:

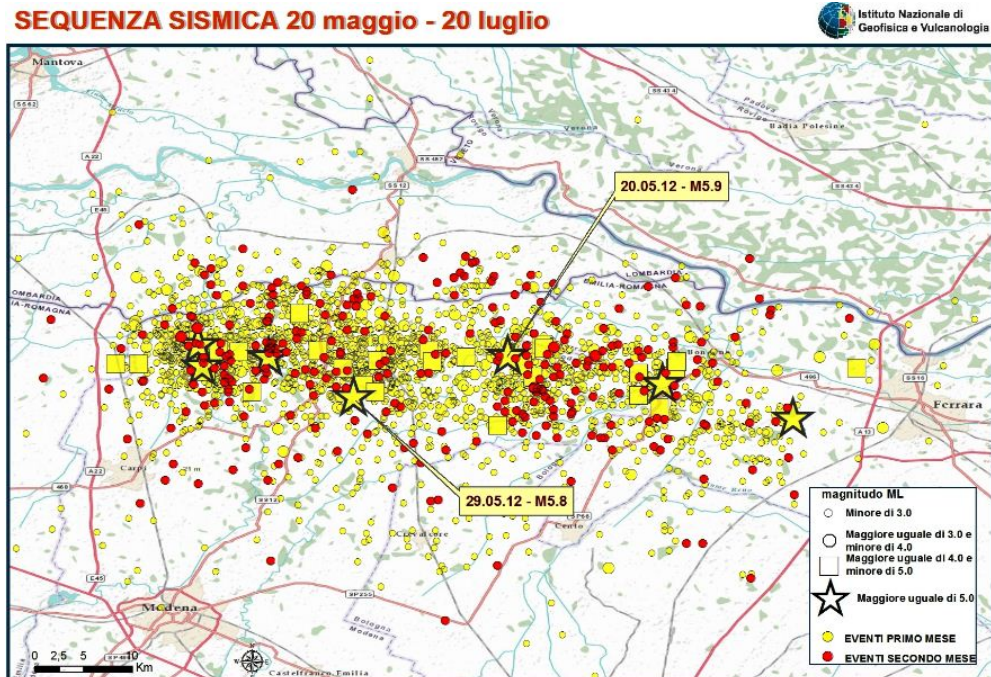
Storia sismica di Albinea [44.597, 10.690]

Numero di eventi: 6

Effetti	In occasione del terremoto del:								
Is	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Area epicentrale	Np	Ix	Mw
NF	1904	11	17	05	02	PISTOIESE	204	7	5.18
7	1971	07	15	01	33	Parmense	228	8	5.61
5	1983	11	09	16	29	Parmense	835	7	5.10
NF	1986	12	06	17	07	BONDENO	604	6	4.56
1-2	1995	10	10	06	54	LUNIGIANA	341	7	5.04
5-6	1996	10	15	09	55	CORREGGIO	135	7	5.44

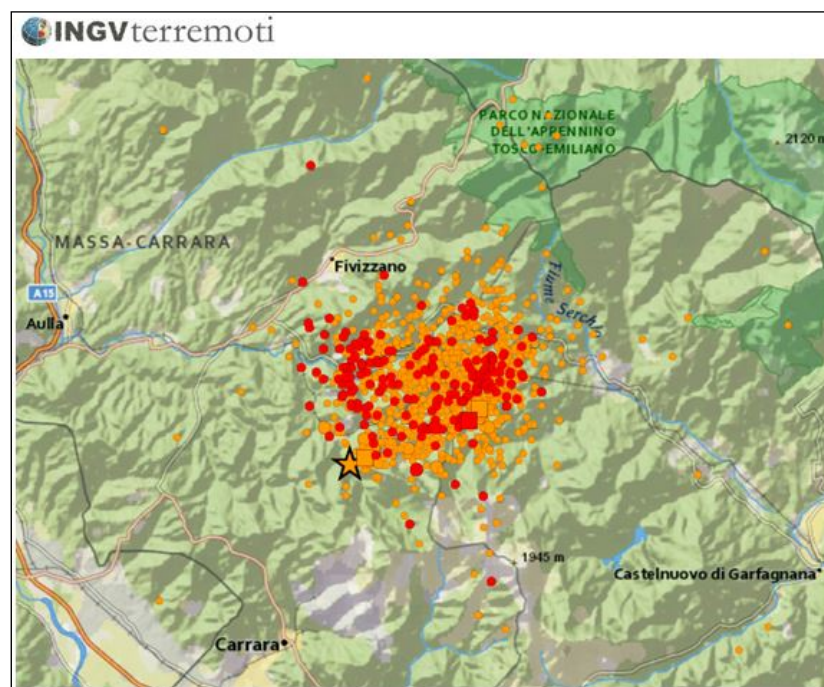
Storia sismica del comune di Albinea.

A detti dati vanno aggiunti quelli relativi ai recenti eventi sismici, datati 20/05/2012 e 29/05/2012 che hanno presentato intensità pari a $MW = 5.8 \div 5.9$, la cui distribuzione areale è presentata nella figura seguente.



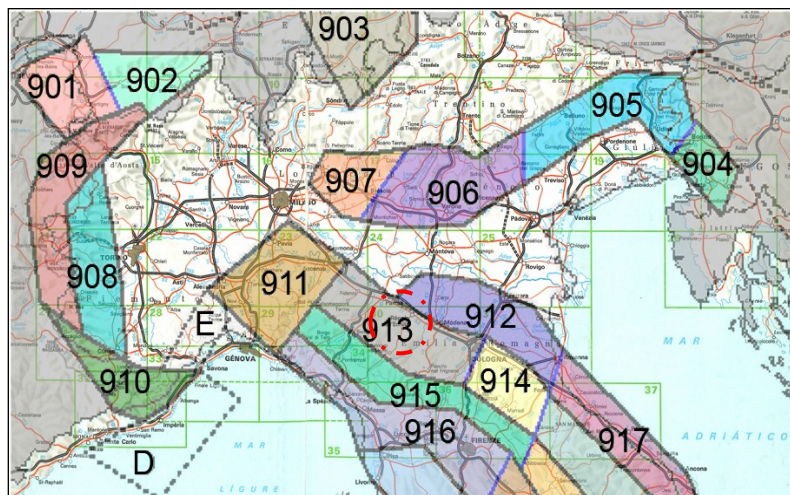
Distribuzione degli epicentri dei terremoti che hanno colpito la Bassa Pianura Padana.

L'ultima sequenza sismica significativa rilevata dai sismografi che ha coinvolto il centro – nord Italia è stata quella che ha coinvolto la Lunigiana e la Garfagnana nel Giugno – Luglio 2013; l'evento principale, datato 21/06/2013, ha presentato intensità pari a $MW = 5.2$.



Distribuzione degli epicentri dei terremoti che hanno colpito la Garfagnana – Lunigiana.

Gli epicentri sismici verificatisi nel territorio in analisi hanno origine, per la quasi totalità, nei primi 15 ÷ 25 km del sottosuolo evidenziando la prevalenza di un'attività sismogenetica di tipo superficiale. La zonazione sismica del territorio nazionale, la quale identifica le zone sorgente a caratteristiche sismiche omogenee, elaborata da I.N.G.V. (2003), attribuisce l'ambito territoriale in oggetto alla zona sismogenetica 913. La componente cinematica principale che regola la distribuzione degli sforzi all'interno di suddetta fascia è di tipo compressivo (prevalentemente *thrust*) legata all'accavallamento delle propaggini del fronte appenninico.



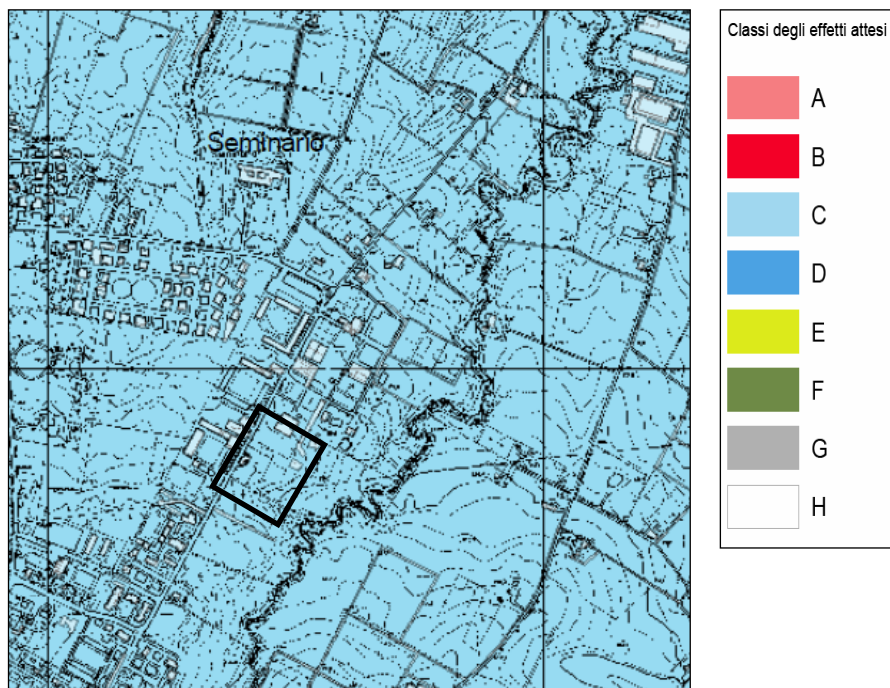
Zonazione sismogenetica ZS9 (INGV, 2004)

EFFETTI ATTESI E LIVELLI DI APPROFONDIMENTO

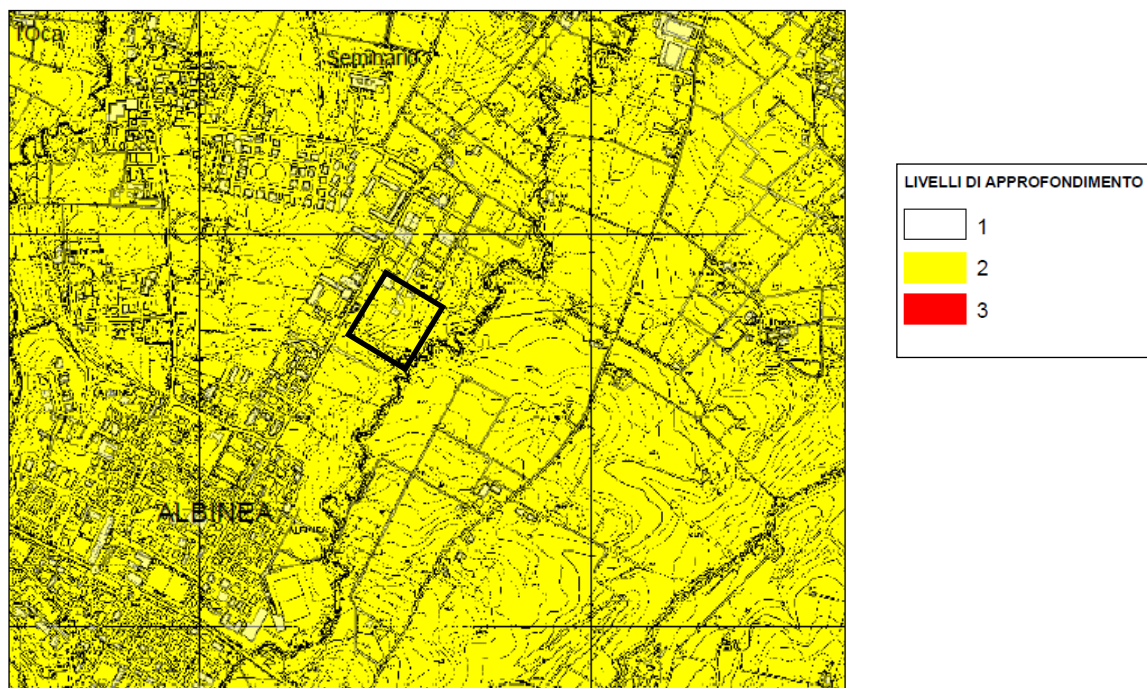
Dall'estratto della Carta delle aree suscettibili di effetti attesi" del PTCP vigente della Provincia di Reggio Emilia, si rileva che il comparto di monte del terreno oggetto di indagine ricade nell'ambito delle aree soggette ad amplificazione stratigrafica in caso di sollecitazione sismica (rif. Classe C).

Per questi ambiti viene richiesta un approfondimento di indagine di II livello.

		EFFETTI ATTESI				
		AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA	AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA	INSTABILITA' DI VERSANTE	CEDIMENTI	LIQUEFAZIONE
CLASSI	A	X		X		
	B	X	X	X		
	C	X				
	D	X	X			
	E		X			
	F	X				X
	G	X			X (potenziale)	
	H					



Rischio sismico: Carta degli effetti attesi- PTCP - allegato P9a - sezione 200SE



Rischio sismico: Carta dei livelli di approfondimento- PTCP - allegato P9b - sezione 200SE

CLASSE DELL'OPERA: AZIONE SISMICA E PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

L'intervento in progetto è caratterizzato dalla seguente classe d'opera e dai relativi parametri di definizione dell'input sismico.

	Classe	IV
Vita nominale	Vn	50 anni
Coefficiente d'uso	Cu	2,0

Comune di Albinea	Relazione geologica, modellazione geotecnica e analisi dell'azione sismica	Realizzazione del nuovo Centro Operativo Comunale (C.O.C.) della Protezione Civile di Albinea, via Grandi.
-------------------	---	--

Vita di riferimento	Vr	100 anni
----------------------------	-----------	-----------------

IDENTIFICAZIONE CATEGORIA SUOLO DI FONDAZIONE

I dati acquisiti dalle rilevazioni effettuate, denotano che i primi 30 m del sottosuolo, sottostanti la probabile quota di incastro delle fondazioni, sono contraddistinti dalle velocità di propagazione delle onde di taglio Vs, profondità e spessori, come riportato nella seguente tabella:

Orizzonte sismostratigrafico	Profondità da p.c. [m]	Spessore medio [m]	Vs [m/sec]
1	1,2 ÷ 1,5	0,3	336
2	1,5 ÷ 12,0	10,5	295
3	12,0 ÷ 31,2	19,2	327

La definizione del valore Vs₃₀, velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio nei primi 30 m del sottosuolo, si è determinata mediante la relazione:

$$V_{S_{30}} = \frac{30}{\sum_{i=1,n} \frac{h_i}{v_i}}$$

dove:

h_i = spessore dello strato i-esimo, m

v_i = velocità onde di taglio strato i-esimo, m/sec,

ottenendo, per i metodi di acquisizione sopra descritti, i seguenti valori di velocità Vs₃₀:

$$\mathbf{Vs_{30} = 315 \text{ m/sec}}$$

Dai parametri sopra esposti e delle caratteristiche geotecniche desunte dalle verticali delle prove penetrometriche statiche CPT, risulta che i litotipi che formano i primi 30 m del sottosuolo, soggiacenti la quota di incastro delle fondazioni, sono attribuibili a:

Categoria C: *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s.*

AZIONE SISMICA DI PROGETTO (D.M. 17/01/2018)

Sulla base delle indicazioni contenute delle NTC di cui al D.M. 17/01/18, per l'area in esame, considerando strutture di classe IV (vita nominale $V_n = 50$ anni, coefficiente d'uso $C_u = 2,0$: vita di riferimento $V_r = 100$ anni), risultano i seguenti valori di accelerazione di riferimento al suolo e parametri per il calcolo degli spettri di risposta di riferimento, in funzione dei diversi stati limite considerati:

STATO LIMITE	T_R (anni)	a_g (g)	F_0 (-)	T_{c*} (s)
SLO	60	0.068	2.480	0.266
SLD	101	0.085	2.460	0.274
SLV	949	0.202	2.387	0.298
SLC	1950	0.249	2.433	0.310

dove:

SLO = Stato limite di operatività; $P_v = 81\%$

SLD = Stato limite di danno; $P_v = 63\%$

SLV = Stato limite di salvaguardia della vita; $P_v = 10\%$

SLC = Stato limite di prevenzione del collasso; $P_v = 5\%$

a_g = accelerazione massima di riferimento al suolo

F_0 = fattore di amplificazione

T_{c*} = inizio del tratto orizzontale dello spettro di risposta

FATTORE DI AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICO (D.M. 17/01/2018)

Secondo i dettami del D.M. 17/01/2018, l'area è caratterizzata dal seguente coefficiente di amplificazione stratigrafica: **$S_s = 1,41$**

FATTORE DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICO (D.M. 17/01/2018)

Per l'area in oggetto, in relazione a quanto asserito dal D.M. 17/01/2018, si potrà considerare un coefficiente di amplificazione topografica pari a: **$S_T = 1,0$**

PRINCIPALI COEFFICIENTI DI ACCELERAZIONE SISMICA- STUDIO DI II LIVELLO

Alla luce degli studi effettuati nella presente relazione, i terreni di fondazione saranno sottoposti ad un'accelerazione sismica quantificabile secondo i seguenti principali parametri dinamici:

	D.M. 17/01/2018 ($\beta = 0,24$)
Latitudine (ED50)	44.62803
Longitudine (ED50)	10.61377
Vita nominale struttura	50 anni
Classe struttura opera	IV
Coefficiente d'uso	2,0
Vita di riferimento struttura	100 anni
Vs30	315 m/sec
Categoria suolo di fondazione	C

Comune di Albinea	Relazione geologica, modellazione geotecnica e analisi dell'azione sismica	Realizzazione del nuovo Centro Operativo Comunale (C.O.C.) della Protezione Civile di Albinea, via Grandi.
-------------------	---	--

Pga di riferimento (SLV)	0,202
Coefficiente di amplificazione stratigrafico (SLV)	1,410
Coefficienti di amplificazione topografico:	1,0
F_{0SLV}	2,387
T_{cSLV}	0,298 s
coefficiente sismico orizzontale	$k_h = 0,068$
coefficiente sismico verticale	$k_v = \pm 0,034$
a_{max}/g	0,285

CALCOLO DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICO DI III LIVELLO

CENNI METODOLOGICI

In relazione alla classe d'uso dell'opera, per meglio definire il comportamento dinamico dei terreni a prescindere dalla categoria di suolo (assai soggettivamente valutabile in tale contesto), si è svolta l'analisi di III livello sismico relativa al fattore di amplificazione.

L'analisi della risposta sismica locale è quindi stata sviluppata attraverso l'utilizzo del software gratuito STRATA, gli accelerogrammi assegnati al Comune di Albinea nell'ambito degli Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica della Regione.

L'elaborazione ha consentito di ricavare i seguenti spettri di accelerazione, presentati unitamente alla funzione media (opportunamente ricavata, di colore rosso) e allo spettro di riferimento per il sito in esame (di colore nero).

Quindi, oltre agli accelerogrammi messi a disposizione dal sito della Regione Emilia Romagna, al seguente indirizzo internet (<http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia/temi/sismica/gli-indirizzi-per-gli-studi-di-microzonazione-sismica-in-emilia-romagna-per-la-pianificazione-territoriale-e-urbanistica>), i dati d'ingresso sono stati ricavati inserendo nel foglio di calcolo ministeriale le coordinate geografiche (opportunamente convertite in sistema cartografico ED50) del sito in analisi.

All'interno di suddetta maschera di calcolo, si recuperano i dati necessari per ricostruire gli spettri di risposta normalizzati del sito in esame alle seguenti condizioni:

- condizioni di campo libero (free - field) su suolo rigido (categoria sottosuolo A, $V_s > 800$ m/s) indicato dal grafico di colore nero;
- sulla base di quanto desunto dalle prospezioni geofisiche, dal valore di V_{s30} desunto e dalla conseguente attribuzione del sito in analisi ad una specifica categoria di sottosuolo, è possibile determinare lo spettro di risposta maggiorato del coefficiente di amplificazione stratigrafico (S_s); tale grafico è indicato dalla linea di colore fucsia.

Dal punto di vista prettamente operativo, per ogni singolo accelerogramma considerato, il software STRATA per la determinazione del fattore di amplificazione stratigrafico, richiede che sia inserita la stratigrafia del sito in analisi e la profondità desunta alla quale si riscontra il bedrock sismico.

Per ogni sismo-orizzonte occorre indicare il *soil type*, lo spessore (espresso in metri), il peso di volume (espresso in kN/m^3) e la velocità di propagazione delle onde di taglio (m/sec).

A ciascun numero di *soil type*, corrisponde una tipologia granulometrica e fisica di suolo e, di conseguenza, una relativa curva di decadimento, messa a disposizione dal programma.

Il codice di calcolo mediante i parametri inseriti desume, mediante ripetute iterazioni, il modulo di taglio G_{MAX} (MPa) per ogni singolo orizzonte; inoltre, nel caso si disponga di prove di laboratorio dinamiche (quali colonne risonanti o taglio ciclico) è possibile inserire tali valori manualmente, oltre alle curve di decadimento, al fine di raffinare ulteriormente la stima del fattore di amplificazione.

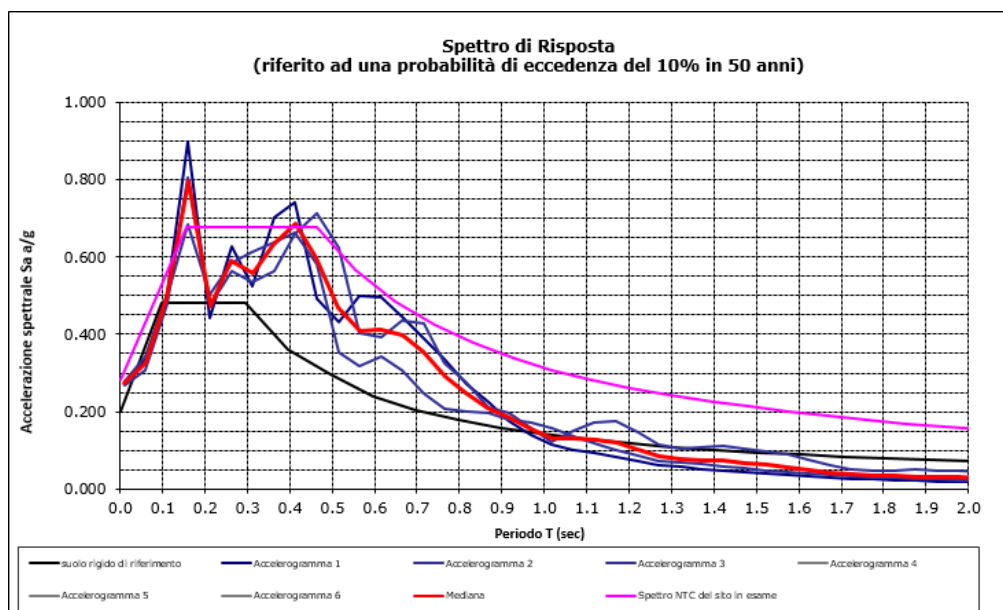
DEFINIZIONE DELLO SPETTRO DI RISPOSTA RELATIVO AL SITO IN ANALISI

Per lo studio della risposta sismica del sito in esame si è scelto di utilizzare come input di riferimento quello ottenuto applicando allo spettro di risposta allo stato limite di salvaguardia della vita, calcolato su suolo rigido (ovvero il bedrock sismico), un coefficiente d'uso per una struttura di classe IV ($C_u = 2,0 \rightarrow V_r = 100$ anni). La stratigrafia del sottosuolo e le sue caratteristiche litostratigrafiche e sismiche sono state desunte da due prove penetrometriche statiche CPT e da uno stendimento sismico integrato Re.Mi. – M.A.S.W.

Qui di seguito si riporta la stratigrafia ed i parametri di input adottati per le simulazioni mediante il software STRATA:

Name	Unit weight [kN/mc]	G/Gmax Model	Damping Model
1	19,00	Idriss (1990), Clay	Idriss (1990), Clay
2	19,50	Idriss (1990), Clay	Idriss (1990), Clay
3	21,00	Idriss (1990), Sand	Idriss (1990), Sand

	Depth (m)	Thickness (m)	Soil Type	Vs (m/s)
1	0.00	1.50	1	336.00
2	1.50	10.50	2	295.00
3	12.00	19.50	3	327.00
4	31.50	Half-Space	Bedrock	703.00



Comune di Albinea	Relazione geologica, modellazione geotecnica e analisi dell'azione sismica	Realizzazione del nuovo Centro Operativo Comunale (C.O.C.) della Protezione Civile di Albinea, via Grandi.
-------------------	---	--

Spettri di risposta calcolati con approfondimento di III livello.

A differenza di quanto restituito dal foglio di calcolo ministeriale, il grafico dello spettro di risposta desunto dallo Scrivente, relativo al sito in analisi, non viene normalizzato, in quanto tale scelta metodologica comporterebbe una riduzione nella qualità del dato fornito.

DEFINIZIONE DEI COEFFICIENTI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA

La definizione dell'amplificazione del moto sismico tra bedrock sismico e superficie per ognuna delle zone identificate dai modelli precedentemente illustrati, è stata effettuata sia con la determinazione del rapporto di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA₀) che mediante la determinazione dell'intensità di Housner (o intensità dello spettro di risposta) SI/SI₀, è definita come:

$$SI = \int_{T_1}^{T_2} PSV(T, \xi) dt$$

Il parametro risultante evidenzia la severità del moto sismico in correlazione al danno potenziale atteso per effetto dei terremoti in esame. Gli estremi dei periodi di integrazione sono in genere funzione dei periodi strutturali della tipologia di edifici presenti nell'area in esame.

Lo studio originale condotto da Housner, definisce il fattore di amplificazione, tra T = 0,1 e 2,5 sec.

Nel contesto del presente studio, l'approccio per la determinazione dei periodi di integrazione, è stato effettuato considerando le caratteristiche delle tipologie strutturali previste in progetto ed analizzando le variazioni dei fattori di amplificazione in funzione dei diversi periodi esaminati.

Sulla base di queste considerazioni sono stati definiti gli intervalli di periodi per la determinazione dei valori di intensità spettrale, presentati nella tabella seguente.

Intervallo di periodo	Fattore di amplificazione	Range di accelerazione spettrale a/g
FA pga	1,36	
FA IS 0,1 ÷ 0,2	1,32	0,49 ÷ 0,80
FA IS 0,2 ÷ 0,3	1,13	0,48 ÷ 0,60
FA IS 0,3 ÷ 0,4	1,41	0,56 ÷ 0,68
FA IS 0,4 ÷ 0,5	1,88	0,47 ÷ 0,68
FA IS 0,5 ÷ 1,0	1,52	0,13 ÷ 0,47

Fattori di amplificazione dell'intensità spettrale determinati per i vari intervalli di periodo.

L'analisi approfondita del fattore di amplificazione stratigrafico (III livello) proposta all'interno del presente documento risulta leggermente inferiore rispetto a quanto ricavato con l'analisi dell'azione sismica desunta secondo l'approccio ministeriale D.M. 17/01/2018 (II livello).

PRINCIPALI PARAMETRI DI SOLLECITAZIONE SISMICA DERIVANTI DALLO STUDIO DI III LIVELLO

Pga di riferimento	0,202
Coefficiente di amplificazione litologica Ss	1,36 (III livello)
Coefficienti di amplificazione topografico St	1,000

Comune di Albinea	Relazione geologica, modellazione geotecnica e analisi dell'azione sismica	Realizzazione del nuovo Centro Operativo Comunale (C.O.C.) della Protezione Civile di Albinea, via Grandi.
-------------------	---	--

a_{max}/g	0,274
coefficiente sismico orizzontale	$k_h = 0,066$
coefficiente sismico verticale	$k_v = \pm 0,033$

ANALISI SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE

L'analisi della sequenza litomeccanica evidenzia che i terreni riscontrati nei primi 14 m dal piano campagna, sono costituiti da alternanze di strati essenzialmente argillosi e argilloso limosi sensibilmente sovraconsolidati e lenti argilloso ghiaiose e/o ghiaioso argillose.

Nei litotipi a prevalente costituzione argillosa, la percentuale in componenti fini (diametri minori di 0,005 mm) è superiore al 20% e il grado di addensamento dei materiali grossolani risulta notevolmente elevato.

Dette caratteristiche, unitamente all'assenza di falda nel primo sottosuolo, evidenziano che i terreni che formano il primo sottosuolo non sono suscettibili a rischio di liquefazione in occasione di sollecitazione sismica.

RELAZIONE GEOTECNICA SULLE INDAGINI - MODELLAZIONE GEOTECNICA DEL SITO**TIPOLOGIA PROGETTUALE DELLE OPERE**

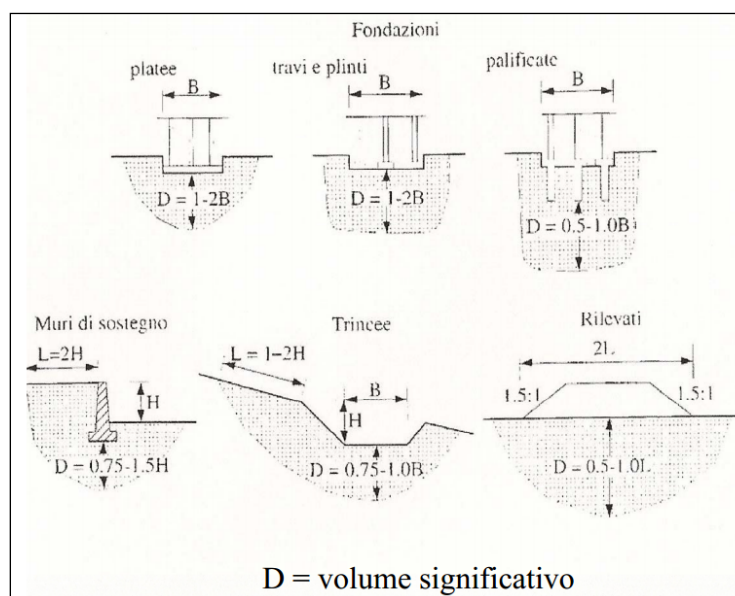
L'intervento è caratterizzato dalla seguente classe d'opera e dai relativi parametri di definizione dell'input sismico.

	Classe	IV
Vita nominale	Vn	50 anni
Coefficiente d'uso	Cu	2,0
Vita di riferimento	Vr	100 anni

VOLUME SIGNIFICATIVO E PIANO DI INDAGINE

Le attuali norme vigenti in materia di costruzioni prevedono che sia indagata la porzione di sottosuolo influenzata, direttamente o indirettamente, dalla costruzione dell'opera e che influenza l'opera stessa. Tale orizzonte è definito volume significativo e al suo interno si sviluppano e si dissipano le pressioni esercitate dalla struttura.

In relazione alla scelta della tipologia fondale e del piano di posa, la forma e le dimensioni del volume significativo possono subire delle variazioni, a tratti anche significative, come evidenziato nella figura seguente.



Identificazione del volume significativo.

In relazione alle caratteristiche progettuali dell'opera, si è previsto l'esecuzione di due indagini penetrometriche statiche CPT, protratte sino al rifiuto all'avanzamento; il piano di lavoro descritto, unitamente allo studio geofisico realizzato, risponde alle richieste normative.

INCERTEZZE INTERPRETATIVE E METODOLOGICHE RELATIVE ALLA RICOSTRUZIONE DEL MODELLO GEOLOGICO-GEOTECNICO- SISMICO.

E' opportuno soffermarsi sul grado di interpretazione dei dati analizzati e sulle incertezze intrinseche dei metodi utilizzati e delle ricostruzioni effettuate, che assumono carattere soggettivo.

Meritano di essere sottolineati i seguenti aspetti:

- Le indagini geognostiche hanno consentito di definire con buon grado di dettaglio i valori di coesione non drenata nei litotipi più fini a comportamento coesivo e, in corrispondenza dei termini più grossolani, la corretta stima dell'angolo d'attrito. Gli altri parametri geotecnici presentati all'interno del suddetto documento tecnico sono stati desunti mediante correlazioni empiriche, ben note in letteratura, e dall'analisi comparativa di prove di laboratorio eseguite su campioni indisturbati prelevati su terreni ascrivibili al medesimo contesto geologico - geomorfologico.
- L'esecuzione di prospezioni geofisiche di superficie (Re.Mi. – M.A.S.W.) presenta fisiologicamente un margine di errore noto in letteratura, oltre ad un alone di soggettività dipendente dalle scelte del soggetto elaboratore; tuttavia, quanto emerso da suddette analisi, conferma quanto individuato dalle indagini geognostiche.

L'esecuzione di tale indagine integrata consente di definire con buon grado di dettaglio i primi metri di sottosuolo mediante le prospezioni di tipo attivo (M.A.S.W.) le quali tendono a diventare meno precise con l'aumentare della profondità, ove invece le prospezioni geofisiche passive (Re.Mi.) aumentano di risoluzione.

SUCCESSIONE GEOTECNICA - ANALISI GEOMECCANICA DEI TERRENI

Per quanto riguarda l'analisi geomeccanica dei dati ottenuti dalle prove penetrometriche statiche, si sono ricavati i valori della coesione non drenata, c_u , dalla relazione di *Begemann*, l'angolo d'attrito interno, in termini di tensioni efficaci, ϕ' , da quella di *L'Herminier*, il grado di consolidazione dalla relazione di *Ladd* e il modulo edometrico dalla relazione di *Mitchell* e *Gardner*.

Il coefficiente di Poisson, ν , si è ricavato da correlazioni empiriche tra velocità di propagazione delle onde sismiche e valori di resistenza penetrometrica, il modulo elastico da correlazioni tra E_d , E e ν , il coefficiente di Winkler, k , dalle equazioni di Bowles, modificate da evidenze sperimentali direttamente ricavate.

L'analisi è stata effettuata in termini statistici secondo il D.M. 17/01/2018 (si veda allegato "*Analisi statistica dati penetrometrici*"), ricavando i valori caratteristici di resistenza alla punta e di attrito laterale locale per ognuna delle unità individuate e quindi estrapolando i parametri geotecnici di seguito evidenziati.

Unità geotecnica	Parametri geognostici caratteristici	Parametri geotecnici caratteristici
UGT1: da - 1,0 m a - 2,0 m p.c. Argille limose e limi argillosi a medio grado di compressibilità.	$q_{c_k} = 9,35 \text{ kgf/cmq}$ $f_{s_k} = 1,24 \text{ kgf/cmq}$	$\phi'_k = 22^\circ$ $c'_k = 0,07 \text{ kgf/cmq}$ $c_{uk} = 0,37 \text{ kgf/cmq}$ $\gamma_{nk} = 0,00190 \text{ kgf/cmc}$ $E_{dk} = 42 \text{ kgf/cmq}$ $k_k = 1,03 \text{ kgf/cmc}$
UGT2: da - 2,0 a - 3,0 ÷ - 4,5 m p.c. Argille limose e/o limi argillosi spiccatamente sovraconsolidati. Basso grado di compressibilità.	$q_{c_k} = 39,54 \text{ kgf/cmq}$ $f_{s_k} = 3,53 \text{ kgf/cmq}$	$\phi'_k = 23^\circ$ $c'_k = 0,17 \text{ kgf/cmq}$ $c_{uk} = 0,91 \text{ kgf/cmq}$ $\gamma_{nk} = 0,00197 \text{ kgf/cmc}$ $E_{dk} = 79 \text{ kgf/cmq}$ $k_k = 1,64 \text{ kgf/cmc}$
UGT3 da - 3,0 ÷ - 4,5 m a - 8,0 ÷ - 8,5 m p.c. Argille limose e limi argillosi sovraconsolidate, grado di compressibilità basso.	$q_{c_k} = 57,54 \text{ kgf/cmq}$ $f_{s_k} = 4,74 \text{ kgf/cmq}$	$\phi'_k = 25^\circ$ $c'_k = 0,23 \text{ kgf/cmq}$ $c_{uk} = 1,05 \text{ kgf/cmq}$ $\gamma_{nk} = 0,00199 \text{ kgf/cmc}$ $E_{dk} = 96 \text{ kgf/cmq}$ $k_k = 1,93 \text{ kgf/cmc}$
UGT4: Oltre a - 80, ÷ - 8,5 m da p.c. Ghiaie argillose – argille ghiaiose profonde, grado di compressibilità praticamente nullo.	$q_{c_k} = 177,86 \text{ kgf/cmq}$ $f_{s_k} = 2,07 \text{ kgf/cmq}$	$\phi'_k = 35^\circ$ $c'_k = 0,00 \text{ kgf/cmq}$ $c_{uk} = 0,00 \text{ kgf/cmq}$ $Dr_k = 78 \%$ $\gamma_{nk} = 0,00205 \text{ kgf/cmc}$ $E_{dk} = 240 \text{ kgf/cmq}$ $k_k = 7,45 \text{ kgf/cmc}$

Ove: C_u = coesione non drenata, c' = coesione drenata; ϕ' = angolo di attrito efficace, Dr = densità relativa; γ_n = peso dell'unità di volume; E_d = modulo edometrico, k = modulo di reazione.

VALORE DEL COEFFICIENTE DI WINKLER MEDIATO SU TUTTA LA VERTICALE D'INDAGINE

In relazione alla stratigrafia evidenziata e ai parametri geomeccanici ricavati mediante l'indagine geognostica precedentemente descritta, si può utilizzare un valore del coefficiente di Winkler, mediato sulla verticale da - 1,0 m sino a - 10 m p.c., pari a:

$$k = 1,21 \text{ kgf/cmc}$$

Si precisa che tale valore, come quelli relativi ai singoli orizzonti è da ritenersi indicativo e rappresenta un valore generale per la serie litomeccanica in quanto, come ben noto, detto coefficiente risulta funzione della geometria e della tipologia fondale.

I valori presentati sono stati ricavati dall'equazione di Bowles:

$$k_k = [(E_d(1+\nu)(1-2\nu))/(1-\nu)]/C$$

con C = costante adimensionale pari a 22,5 (funzione dei dati ricavati, su tali tipi di terreno, da prove di carico su piastra).

TIPOLOGIA E PIANO DI POSA FONDALE

In relazione alle caratteristiche litologiche e geotecniche del sottosuolo, **è possibile e consigliabile l'utilizzo di fondazioni dirette**. In relazione ad un primo orizzonte argilloso limoso e limoso argilloso potenzialmente interessato da intensi e reiterati processi di essiccazione e rigonfiamento, il piano di appoggio fondale dovrà essere posto ad una profondità minima, rispetto all'attuale piano di calpestio, almeno pari a:

Comune di Albinea	Relazione geologica, modellazione geotecnica e analisi dell'azione sismica	Realizzazione del nuovo Centro Operativo Comunale (C.O.C.) della Protezione Civile di Albinea, via Grandi.
-------------------	---	--

$$D = -1,40 \div -1,60 \text{ m}$$

Si consiglia, ad ogni modo, di approfondire il più possibile il piano di posa, per evitare l'insorgere di fenomeni reiterati di ritiro – essiccazione.

VERIFICA ALLE TENSIONI AMMISSIBILI (VALORE INDICATIVO PER PREDIMENSIONAMENTI)

Per il calcolo del carico ammissibile sul terreno si è utilizzata la relazione di Meyerhof, relativamente alle penetrometrie statiche:

$$q_a = q_c / f$$

dove:

q_a = carico ammissibile sui terreni in kgf/cm²

q_c = valore della resistenza alla punta in kgf/cm²

f = fattore di sicurezza funzione delle caratteristiche del penetrometro usato e della punta con cui si è attrezzato lo stesso, del rapporto D/B e cioè tra profondità del piano di posa e larghezza della fondazione.

In relazione alle prove geognostiche effettuate, si può utilizzare un carico ammissibile indicativo pari a:

$$q_a = 1,20 \text{ kgf/cm}^2$$

CAPACITÀ PORTANTE RESISTENTE AGLI STATI LIMITI ULTIMI

Il calcolo del valore della capacità portante unitaria, sia agli stati ammissibili sia agli stati ultimi, per fondazioni dirette di tipo continuo, con solette a comportamento poco flessibile, si è eseguito utilizzando la relazione di *Terzaghi*, integrata dai coefficienti di *Hansen*:

$$q_d = c \delta_c N'_c + q_0 \delta_q N'_q + \delta_\gamma \frac{1}{2} \gamma B N'_\gamma$$

dove:

N'_c , N'_q , N'_γ = coefficienti di capacità portante in funzione di ϕ . Si adottano i valori N' in rapporto al tipo di compressibilità dei litotipi riscontrati.

δ_c , δ_q , δ_γ = coefficienti in forma funzione del rapporto B/L

q_0 = peso efficace del terreno al piano di incastro della fondazione e che contribuisce alla resistenza in relazione al carico laterale dei terreni in kgf/cm²

γ = peso di volume del terreno in kgf/cm³

c = coesione del terreno in kgf/cm²

B = larghezza della fondazione in cm

L = lunghezza della fondazione in cm

Il calcolo della pressione critica al rifluimento o carico di inizio delle plasticizzazioni al bordo delle fondazioni, si è eseguito utilizzando la relazione di *Frolich*:

$$P_{cr} = \frac{\pi(\gamma h + c \cdot \text{ctg} \phi)}{\text{ctg} \phi - (1/2\pi - \phi)}$$

dove:

γ = peso di volume del terreno in kgf/cm³

h = profondità del piano di posa delle fondazioni

ϕ = angolo d'attrito interno dei terreni

c = coesione in kgf/cm².

I valori sono stati determinati in riferimento allo spessore di terreno sottostante le opere fondali coinvolto dall'involuppo di spirale logaritmica delle sollecitazioni generate dal cuneo di penetrazione delle fondazioni nel contesto dell'insieme opera – terreno e sono presentati negli allegati fogli “*Verifica al collasso terreno fondazione*”.

In riferimento ai dettami del DM 17/01/18, si è determinato la resistenza R del terreno di fondazione allo stato limite ultimo (SLU) adottando i parametri previsti nella tab. 6.2.II – combinazioni di coefficienti parziali $M1$ ed $M2$, che riducono i parametri geotecnici. Dette verifiche sono state eseguite, in funzione dei tipi di terreni riscontrati nel sito esaminato, sia in termini di tensioni efficaci, condizioni drenate, che in termini di tensioni totali, condizioni non drenate.

In presenza di sollecitazione sismica sono stati indicativamente determinati i valori di resistenza del terreno alla stato limite di salvaguardia della vita (SLV), tenendo conto degli effetti cinematici ed inerziali a cui vengono sottoposti i terreni di fondazione in occasione di *shock* dinamici. Tra le metodologie proposte in letteratura (la capacità resistente del terreno in campo pseudo-statico è un problema tuttora aperto) sono state utilizzate le relazioni presentate da *Maugeri & Novità* (2002), considerando un coefficiente sismico orizzontale pari a $\sigma_h = 0,056$ (con $\beta = 0,24$ come da NTC 17/01/2018, tenendo quindi conto della duttilità del terreno di fondazione).

In relazione alle caratteristiche stratigrafiche del primo sottosuolo, per il calcolo delle capacità resistenti dei terreni sono stati utilizzati i parametri medio ponderati dell'unità geotecnica **UGT1 e UGT2**.

	Utilizzo coefficienti parziali M1	
	SLU (assenza sisma)	SLV (presenza sisma)
Condizioni drenate	$R = 3,629 \text{ kgf/cm}^2$	$R = 3,074 \text{ kgf/cm}^2$
Condizioni non drenate	$R = 3,377 \text{ kgf/cm}^2$	$R = 2,996 \text{ kgf/cm}^2$

Tali valori possono leggermente variare in funzione della geometria delle fondazioni, delle caratteristiche della struttura in elevazione e delle tensioni effettivamente trasmesse al suolo, determinati in modo preliminare nel corso del presente studio (calcolati per una fondazione a trave rovescia).

PARAMETRI PER LA VERIFICA ALLO SCORRIMENTO DEL PIANO DI POSA FONDALE

Si riportano di seguito i parametri geotecnici da utilizzarsi per le verifiche di scorrimento del piano di posa delle strutture fondali:

Parametri	Utilizzo coefficienti M1
ϕ'	16°

Comune di Albinea	Relazione geologica, modellazione geotecnica e analisi dell'azione sismica	Realizzazione del nuovo Centro Operativo Comunale (C.O.C.) della Protezione Civile di Albinea, via Grandi.
-------------------	---	--

c' (cautelativamente si può omettere)	0,07 kgf/cm ²
---------------------------------------	--------------------------

VERIFICA DEI CEDIMENTI (STATO LIMITE DI ESERCIZIO)

In relazione alla variazione laterale e verticale del grado di compressibilità dei litotipi riscontrati nel sito in oggetto sottostanti le ipotizzate quote fondali (comunque estremamente basso) e ai carichi applicati, si ritiene che le tensioni di esercizio della struttura in oggetto determineranno abbassamenti dei terreni di sottofondazione trascurabili nel contesto dell'interazione terreno – struttura. Anche i cedimenti secondari, indotti da sollecitazione sismica, rientreranno pienamente nel campo della tollerabilità nel contesto dell'interazione terreno – struttura.

ULTERIORI ACCORGIMENTI DA ADOTTARSI IN FASE DI STUDIO ESECUTIVO E DIREZIONE LAVORI:

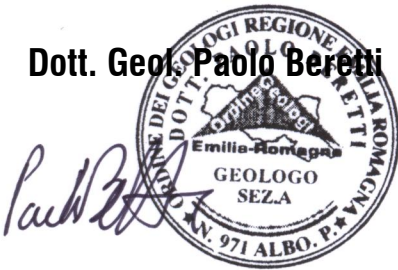
- In fase progettuale, in relazione alle reali tensioni applicate al suolo e alle scelte progettuali, sarà necessario provvedere alla verifica dettagliata dei valori dei cedimenti e alla corretta scelta delle dimensioni fondali da adottare, al fine di ottenere cedimenti assoluti, differenziali e valori di distorsione angolare e cedimenti sismici rientranti nell'ambito della tollerabilità, oltre alla corretta definizione delle capacità resistenti dei terreni alle quote di appoggio fondale.
- In relazione alle particolari caratteristiche del primo sottosuolo, contraddistinto sovente da sensibile variabilità litologica laterale, è consigliabile la presenza di un tecnico abilitato, in fase di scavo e messa alla luce dei piani di posa fondali e dei fronti di scavo, al fine di verificare le caratteristiche litologiche e geomeccaniche dei materiali affioranti e di certificare l'analogia di queste ai dati presentati in tale documento. Nel caso in cui, una volta raggiunta la profondità del piano di posa fondale, si dovesse riscontrare la presenza di materiali non idonei, risulterà necessaria la realizzazione di bonifiche locali, riportandosi alle quote di progetto mediante getti di conglomerato magro.
- Regularizzare, comunque, il piano di fondazione mediante getti di conglomerato magro e impermeabilizzare le strutture interrato.
- L'orizzonte superficiale, essendo caratterizzato da processi di alterazione meteorica e di essiccazione e rigonfiamento, **è potenziale sede di battente idrico sotterraneo effimero o venute locali d'acqua**, legate ai periodi di precipitazione meteorica intensa e a fenomeni di infiltrazione dalla superficie provenienti dal comparto di monte; necessiterà, quindi, prevedere una possibile ed estemporanea saturazione idrica nei primi orizzonti del sottosuolo, sia a fini della fase di realizzazione degli scavi di fondazione sia relativamente alla risalita di umidità sulle strutture in elevazione.
- **Al fine di ridurre gli effetti di essiccazione – rigonfiamento nel primo sottosuolo** si consiglia:
 - approfondire il più possibile il piano di appoggio fondale;
 - evitare l'impermeabilizzazione completa di superfici esterne all'area d'impronta del fabbricato, soprattutto in epoche successive alla costruzione;
 - assicurare la tenuta degli elementi di raccolta e di veicolamento di acque bianche e reflue;

Comune di Albinea	Relazione geologica, modellazione geotecnica e analisi dell'azione sismica	Realizzazione del nuovo Centro Operativo Comunale (C.O.C.) della Protezione Civile di Albinea, via Grandi.
-------------------	---	--

- prevedere, nelle aree verdi, sistemi di irrigazione a goccia e/o con irrigatori a getto, per evitare la completa desaturazione del primo orizzonte argilloso nei periodi caldi o siccitosi.
 - evitare la piantumazione di alberi ad alto fusto in adiacenza al fabbricato (soprattutto sui lati meridionale, orientale ed occidentale del fabbricato) o prevederla mediante messa in posa di idonei presidi per gli apparati radicali.
- **Vista la classificazione del territorio in relazione alla pericolosità idraulica**, si consigliano i seguenti accorgimenti progettuali:
- ✓ I piani di calpestio dell'opera dovranno essere previsti a quote superiori rispetto a quelle degli assi stradali adiacenti.
 - ✓ Gli impianti tecnici siano realizzati con accorgimenti tali da assicurare la continuità del funzionamento dell'impianto, anche in caso di improbabile alluvionamento; le aperture siano a tenuta stagna o provviste di protezioni idonee.
 - ✓ Si raccomanda la realizzazione di un idoneo sistema di raccolta e allontanamento delle acque bianche.
 - ✓ Si consiglia la messa in posa di un idoneo sistema di raccolta e veicolamento delle acque corrivanti sulla superficie areale all'intorno del fabbricato (in grado di proteggere lo stesso dalle piogge critiche o dagli eventi di allagamento).

Quattro Castella, Aprile 2020

Dott. Geol. Paolo Beretti

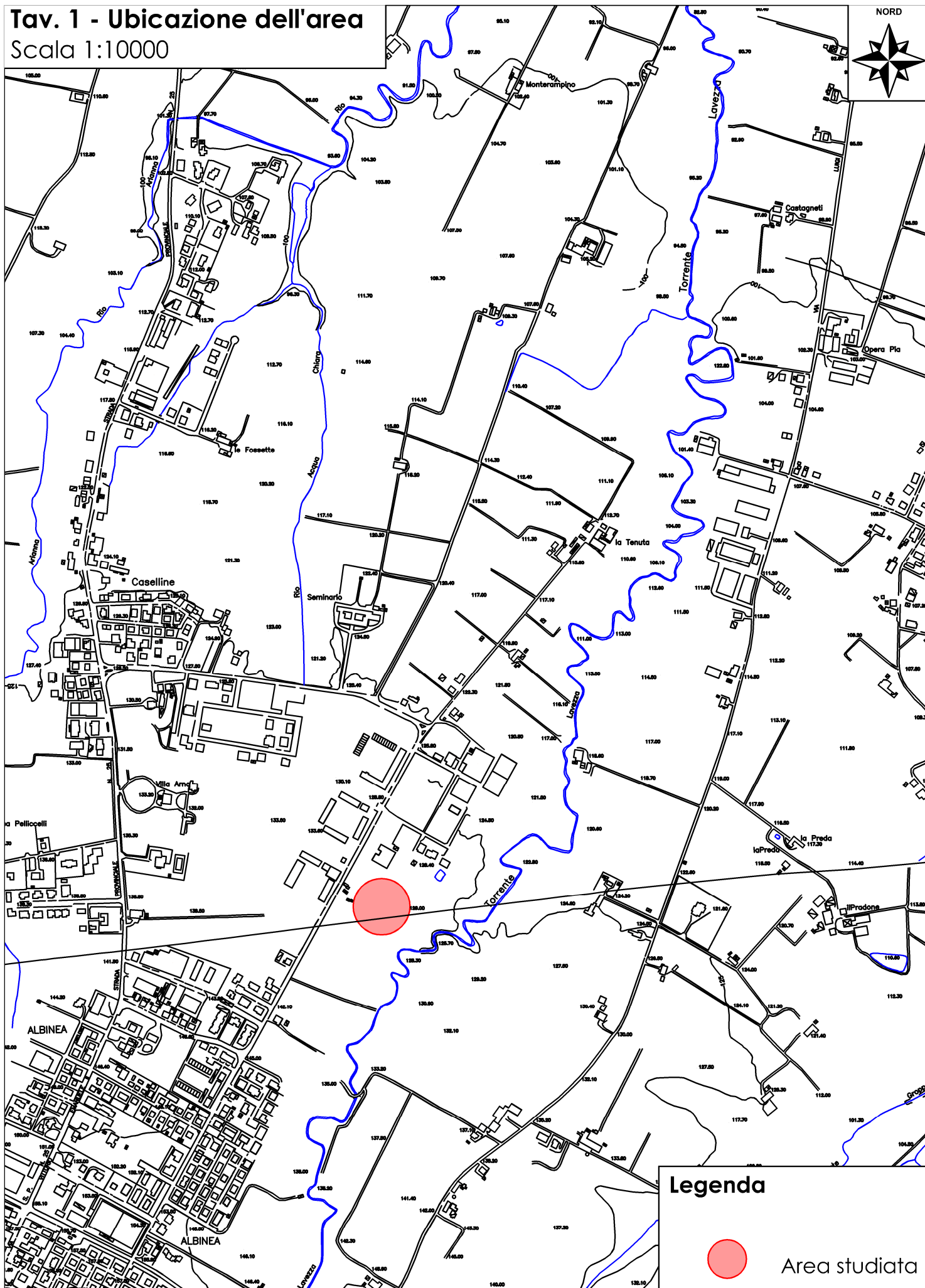


Comune di Albinea	<i>Relazione geologica, modellazione geotecnica e analisi dell'azione sismica</i>	Realizzazione del nuovo Centro Operativo Comunale (C.O.C.) della Protezione Civile di Albinea, via Grandi.
-------------------	--	--

ALLEGATI

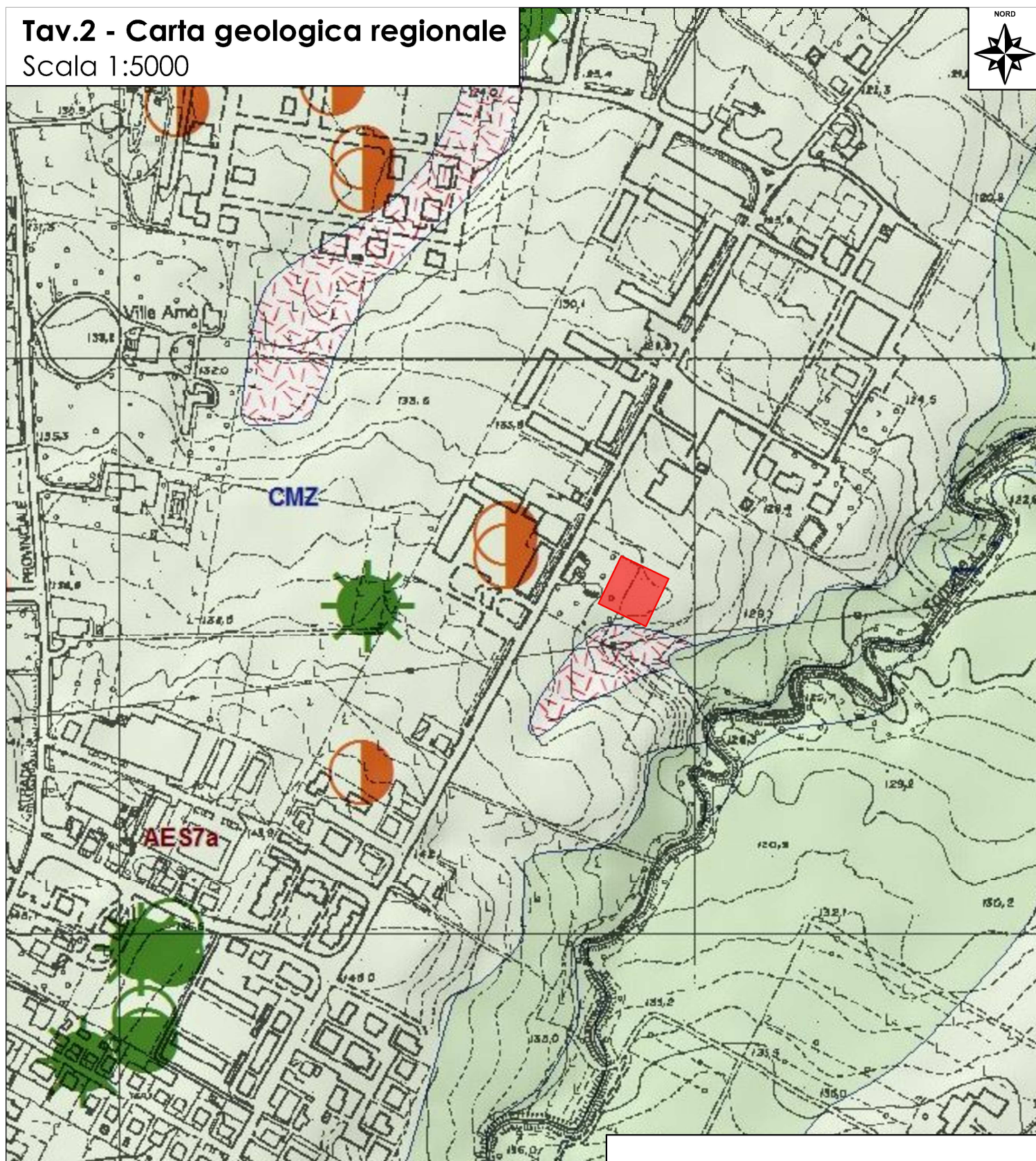
- Tav. 1. Ubicazione dell'area.
- Tav. 2. Estratto carta geologica.
- Tav. 3. Ubicazione indagini in situ.
- Stendimento sismico integrato Re.Mi. – M.A.S.W.
- Prove penetrometriche statiche CPT.
- Analisi statistica prova penetrometrica statica CPT.
- Verifica al collasso terreno fondazione.
- Rapporto fotografico.

Tav. 1 - Ubicazione dell'area
Scala 1:10000



Tav.2 - Carta geologica regionale

Scala 1:5000



LEGENDA

Depositi quaternari continentali

AES8 - Subsintema di Ravenna

AES7 - Subsintema di Villa Verucchio

AES7a - Unità di Niviano

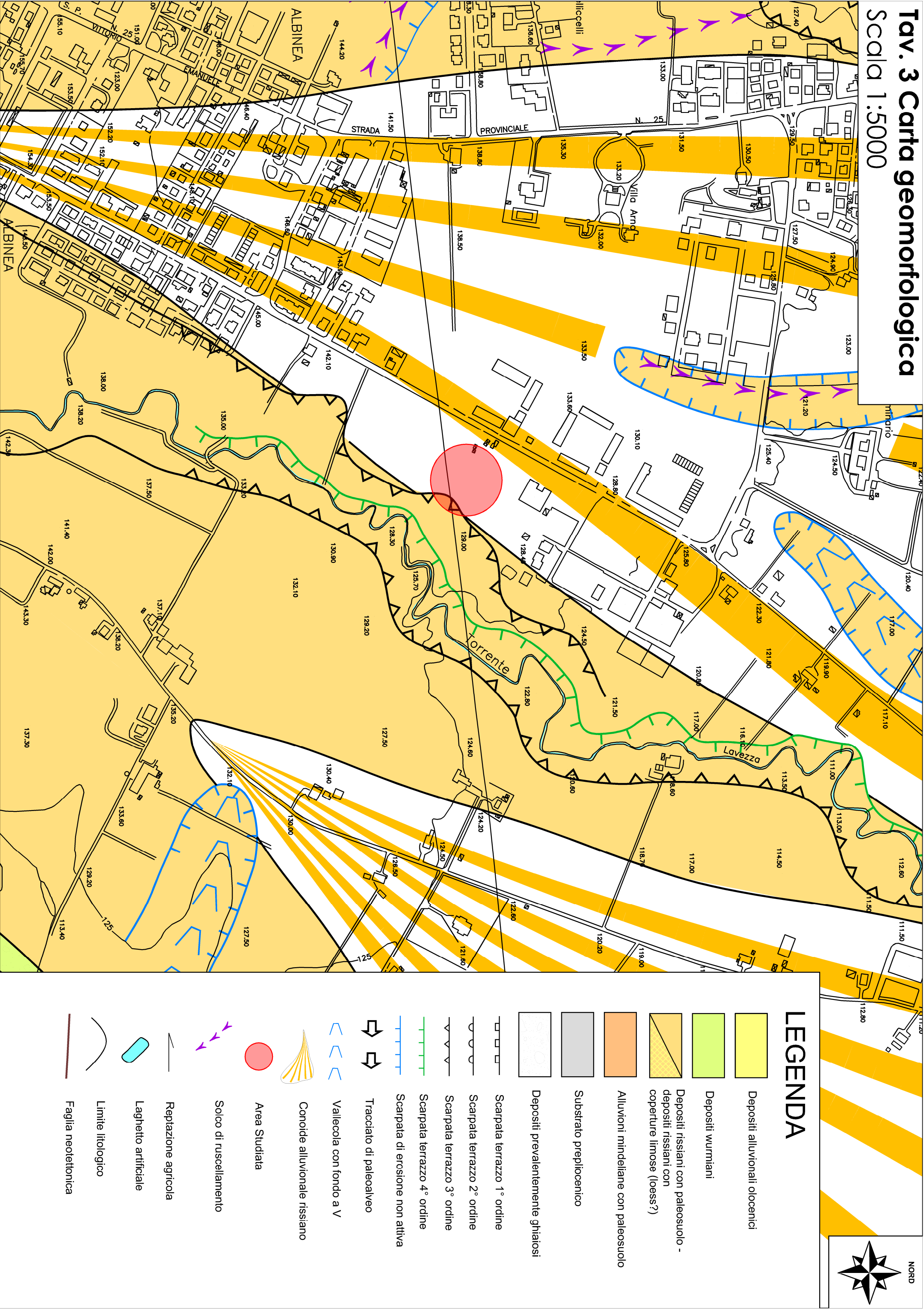
CMZ - Sintema di Costamezzana



Area studiata

Tav. 3 Carta geomorfologica

Scala 1:5000



LEGENDA

- Depositi alluvionali olocenici
- Depositi wurmiani
- Depositi rissiani con paleosuolo - depositi rissiani con coperture limose (loess?)
- Alluvioni mindeliane con paleosuolo
- Substrato prepleocenico
- Depositi prevalentemente ghiaiosi
- Scarpata terrazzo 1° ordine
- Scarpata terrazzo 2° ordine
- Scarpata terrazzo 3° ordine
- Scarpata terrazzo 4° ordine
- Scarpata di erosione non attiva
- Tracciato di paleovalveo
- Vallecola con fondo a V
- Conoide alluvionale rissiano
- Area Studiata
- Solco di ruscellamento
- Reptazione agricola
- Laghetto artificiale
- Limite litologico
- Faglia neotettonica

Tav.4 - Ubicazione indagini in situ
Scala 1:500



Dott. Geol. Paolo Beretti

Via De Gasperi 2/1, Quattro Castella Tel. 0522 1695098; fax 0522 1691413, Cell: 348 6902667

Indagine integrata Re.Mi. - M.A.S.W.

Località: Albinea (RE)

Committente: Amministrazione Comunale di Albinea

Cantiere: Via Grandi

Data: 20/01/2017

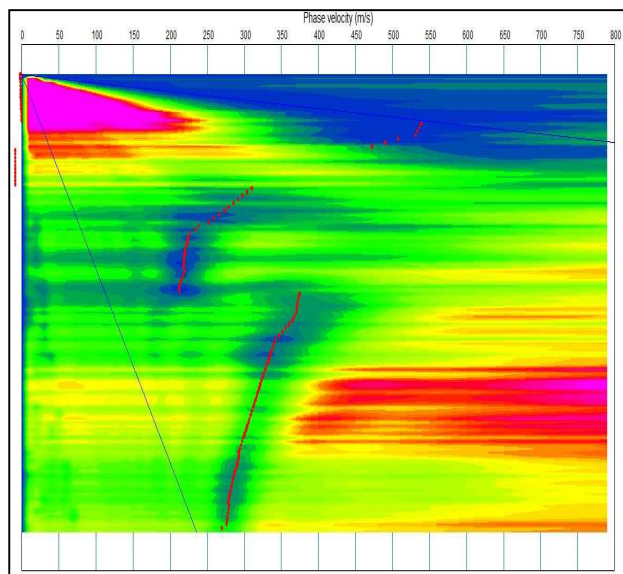


Fig. 1: Dispersione M.A.S.W.

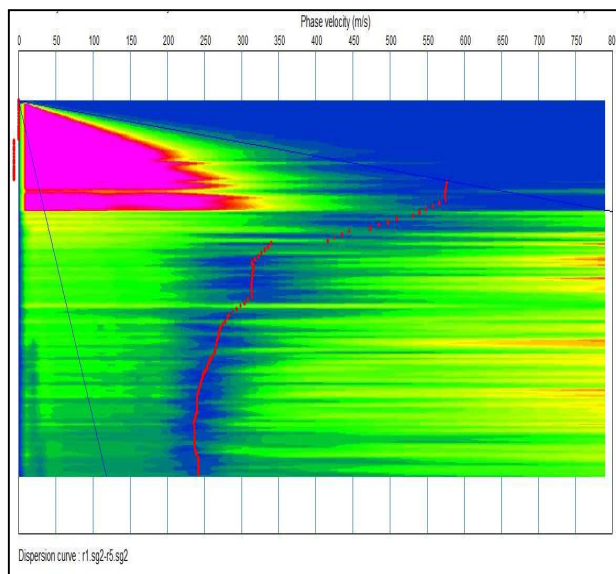


Fig. 2: Dispersione Re.Mi.

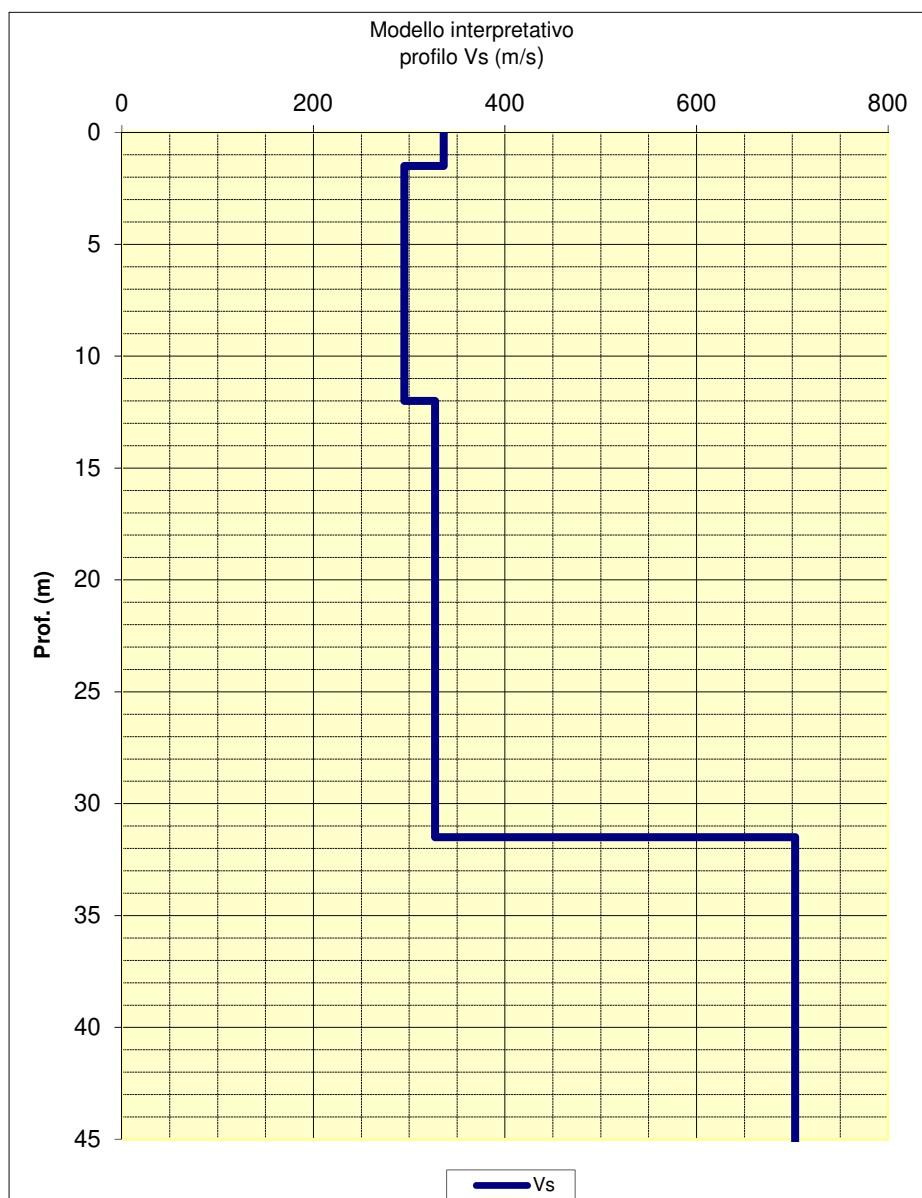
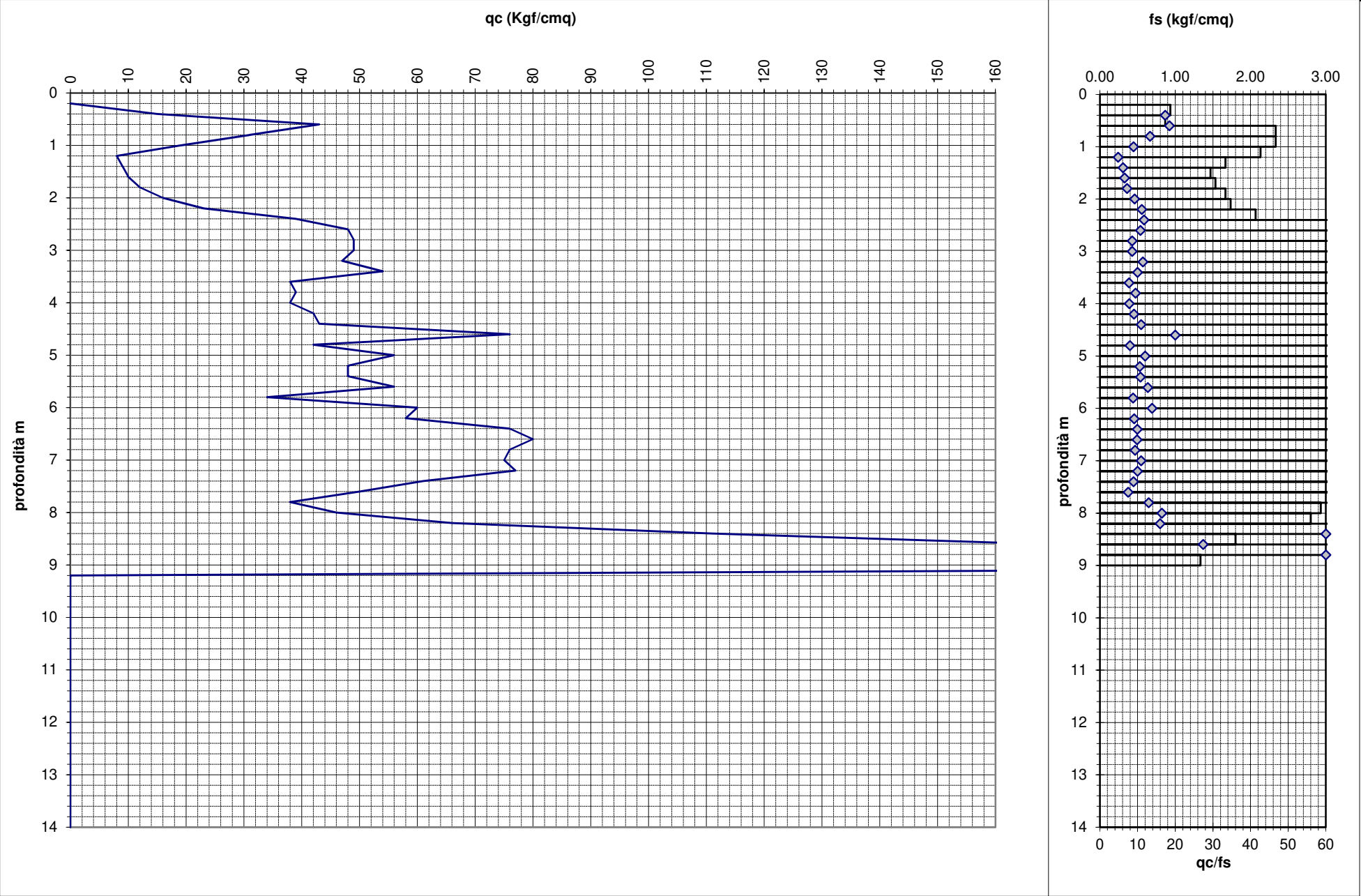


Fig. 3: Profilo onde VS

Dott. Geol. Paolo Beretti <i>Geologia applicata e Geotecnica, Consulenze Ambientali</i> Via De Gasperi 2/1 – 42020 Quattro Castella (RE) Tel.0522 1695098 Fax 0522 1691413 Cell. 348 6902667					Prova penetrometrica statica					COMMITTENTE: Amm. Comunale Albinea				
					CPT			1		CANTIERE: COC Protezione Civile				
					ATTREZZO: Pen. Statico dinamico Pagani TG 63-200					Data: 22/04/2020				
OPERATORE: Dr.Beretti					Profondità falda: Foro vuoto									
Letture di campagna e elaborazioni														
PROF.	qc kgf/cmq	RI kgf/cmq	fs kgf/cmq	qc/fs	PROF.	qc kgf/cmq	RI kgf/cmq	fs kgf/cmq	qc/fs	PROF.	qc kgf/cmq	RI kgf/cmq	fs kgf/cmq	qc/fs
0.2					5.2	48	118	4.53	10.6	10.2				
0.4	15	29	0.87	17.3	5.4	48	116	4.47	10.7	10.4				
0.6	43	56	2.33	18.4	5.6	56	123	4.40	12.7	10.6				
0.8	31	66	2.33	13.3	5.8	34	100	3.87	8.8	10.8				
1.0	19	54	2.13	8.9	6.0	60	118	4.33	13.8	11.0				
1.2	8	40	1.67	4.8	6.2	58	123	6.40	9.1	11.2				
1.4	9	34	1.47	6.1	6.4	76	172	7.67	9.9	11.4				
1.6	10	32	1.53	6.5	6.6	80	195	8.13	9.8	11.6				
1.8	12	35	1.67	7.2	6.8	76	198	8.13	9.3	11.8				
2.0	16	41	1.73	9.2	7.0	75	197	6.87	10.9	12.0				
2.2	23	49	2.07	11.1	7.2	77	180	7.73	10.0	12.2				
2.4	39	70	3.33	11.7	7.4	61	177	6.87	8.9	12.4				
2.6	48	98	4.47	10.7	7.6	50	153	6.67	7.5	12.6				
2.8	49	116	5.73	8.5	7.8	38	138	2.93	13.0	12.8				
3.0	49	135	5.73	8.5	8.0	46	90	2.80	16.4	13.0				
3.2	47	133	4.13	11.4	8.2	66	108	4.13	16.0	13.2				
3.4	54	116	5.40	10.0	8.4	111	173	1.80	61.7	13.4				
3.6	38	119	4.93	7.7	8.6	168	195	6.13	27.4	13.6				
3.8	39	113	4.13	9.4	8.8	249	341	1.33	186.8	13.8				
4.0	38	100	4.87	7.8	9.0	360	380			14.0				
4.2	42	115	4.67	9.0	9.2					14.2				
4.4	43	113	3.93	10.9	9.4					14.4				
4.6	76	135	3.80	20.0	9.6					14.6				
4.8	42	99	5.27	8.0	9.8					14.8				
5.0	56	135	4.67	12.0	10.0					15.0				

LEGENDA: qc = resistenza alla punta; RI = resistenza laterale; fs = resistenza ad attrito laterale locale; qc/fs = rapporto di Begemann

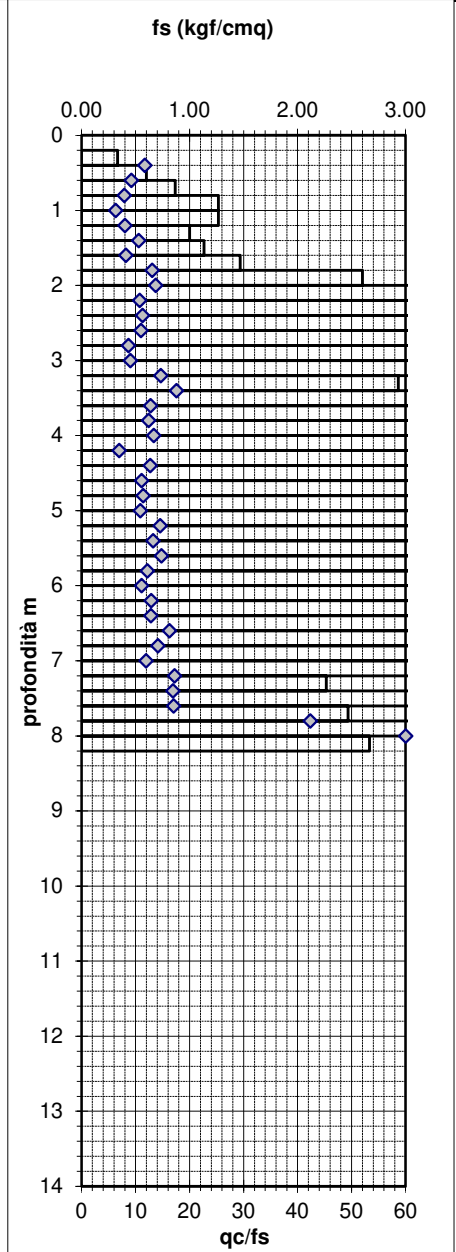
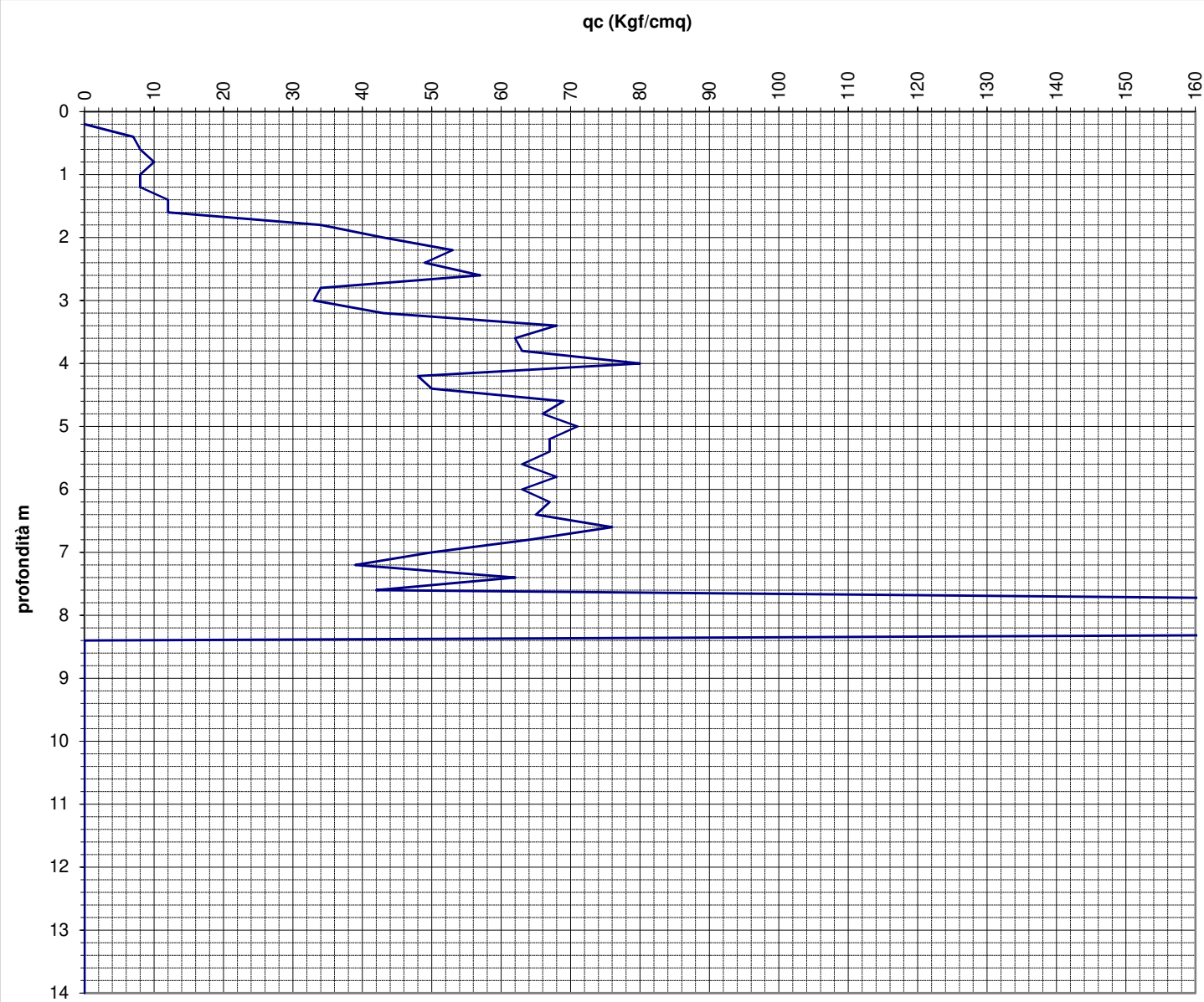
Dott.Geol.Paolo Beretti Via De Gasperi 2/1 – Quattro Castella (RE) Tel. 0522 1695098 Fax 0522 1691413 Cell. 348 6902667 QUOTA: p.c.	PROVA PENETROMETRICA C.P.T. N° 1	COMMITTENTE: Amm. Comunale Albinea
	ATTREZZO: Pen. statico dinamico Pagani	CANTIERE: COC Protezione Civile
	Profondità falda: Foro vuoto	DATA: 22/04/2020



Dott. Geol. Paolo Beretti Geologia applicata e Geotecnica, Consulenze Ambientali Via De Gasperi 2/1 – 42020 Quattro Castella (RE) Tel.0522 1695098 Fax 0522 1691413 Cell. 348 6902667					Prova penetrometrica statica					COMMITTENTE: Amm. Comunale Albinea				
					CPT			2		CANTIERE: COC Protezione Civile				
					ATTREZZO: Pen. Statico dinamico Pagani TG 63-200					Data: 22/04/2020				
OPERATORE: Dr.Beretti					Profondità falda: Foro vuoto									
Letture di campagna e elaborazioni														
PROF.	qc kgf/cmq	RI kgf/cmq	fs kgf/cmq	qc/fs	PROF.	qc kgf/cmq	RI kgf/cmq	fs kgf/cmq	qc/fs	PROF.	qc kgf/cmq	RI kgf/cmq	fs kgf/cmq	qc/fs
0.2					5.2	67	165	4.60	14.6	10.2				
0.4	7	12	0.60	11.7	5.4	67	136	5.07	13.2	10.4				
0.6	8	17	0.87	9.2	5.6	63	139	4.27	14.8	10.6				
0.8	10	23	1.27	7.9	5.8	68	132	5.60	12.1	10.8				
1.0	8	27	1.27	6.3	6.0	63	147	5.67	11.1	11.0				
1.2	8	27	1.00	8.0	6.2	67	152	5.20	12.9	11.2				
1.4	12	27	1.13	10.6	6.4	65	143	5.07	12.8	11.4				
1.6	12	29	1.47	8.2	6.6	76	152	4.67	16.3	11.6				
1.8	34	56	2.60	13.1	6.8	64	134	4.53	14.1	11.8				
2.0	43	82	3.13	13.7	7.0	50	118	4.20	11.9	12.0				
2.2	53	100	4.93	10.7	7.2	39	102	2.27	17.2	12.2				
2.4	49	123	4.33	11.3	7.4	62	96	3.67	16.9	12.4				
2.6	57	122	5.20	11.0	7.6	42	97	2.47	17.0	12.6				
2.8	34	112	3.93	8.6	7.8	237	274	5.60	42.3	12.8				
3.0	33	92	3.67	9.0	8.0	236	320	2.67	88.5	13.0				
3.2	43	98	2.93	14.7	8.2	390	430			13.2				
3.4	68	112	3.87	17.6	8.4					13.4				
3.6	62	120	4.87	12.7	8.6					13.6				
3.8	63	136	5.07	12.4	8.8					13.8				
4.0	80	156	6.00	13.3	9.0					14.0				
4.2	48	138	6.93	6.9	9.2					14.2				
4.4	50	154	3.93	12.7	9.4					14.4				
4.6	69	128	6.20	11.1	9.6					14.6				
4.8	66	159	5.80	11.4	9.8					14.8				
5.0	71	158	6.53	10.9	10.0					15.0				

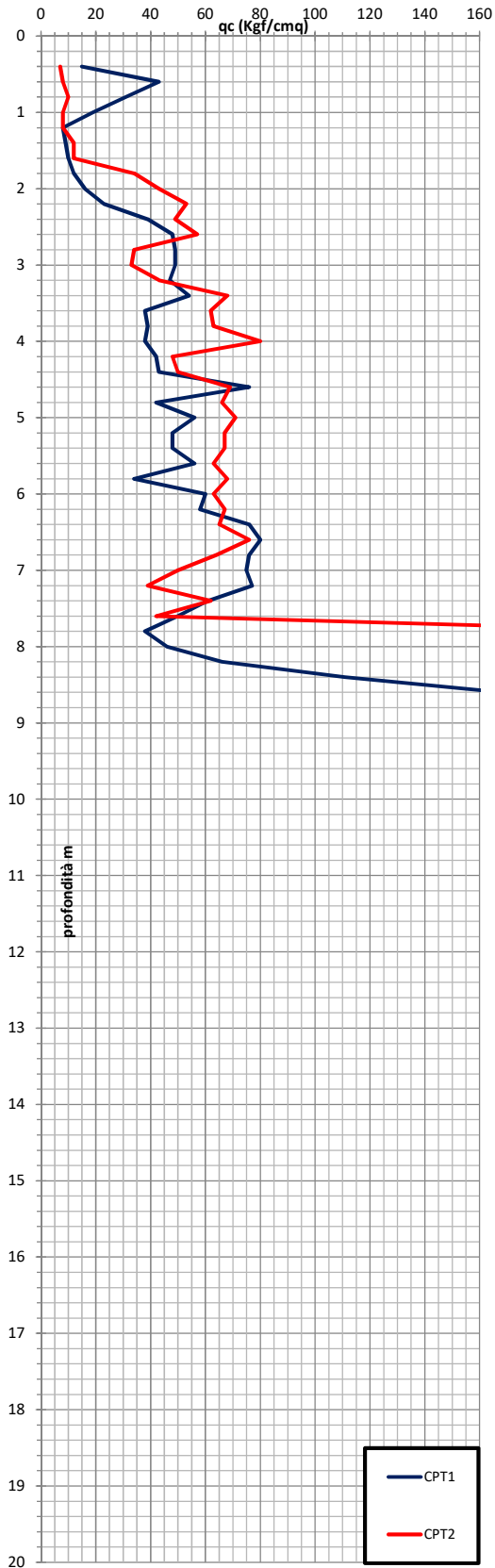
LEGENDA: qc = resistenza alla punta; RI = resistenza laterale; fs = resistenza ad attrito laterale locale; qc/fs = rapporto di Begemann

Dott.Geol.Paolo Beretti Via De Gasperi 2/1 – Quattro Castella (RE) Tel. 0522 1695098 Fax 0522 1691413 Cell. 348 6902667	PROVA PENETROMETRICA C.P.T. N° 2	COMMITTENTE: Amm. Comunale Albinea
	ATTREZZO: Pen. statico dinamico Pagani	CANTIERE: Via Grandi
	QUOTA: p.c. Profondità falda: Foro vuoto	DATA: 22/04/2020

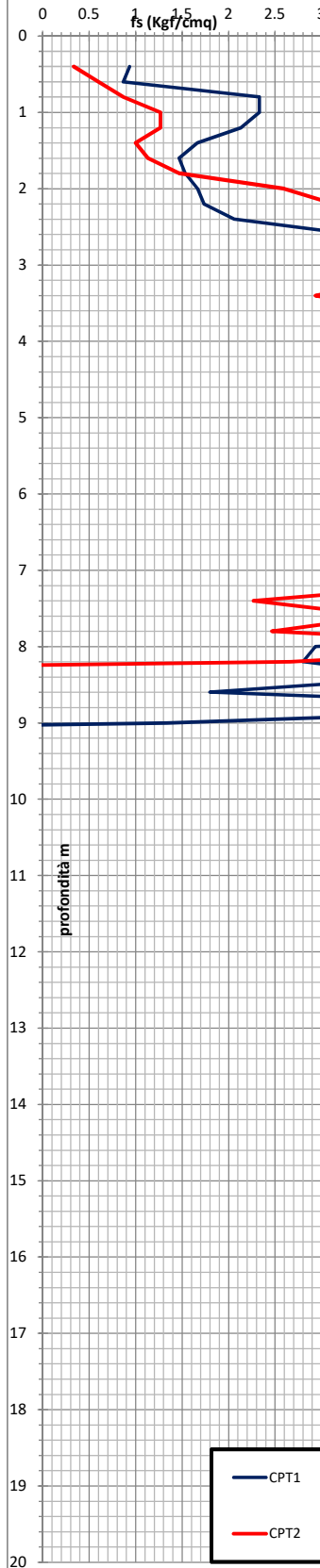


Analisi statistica dati penetrometrici

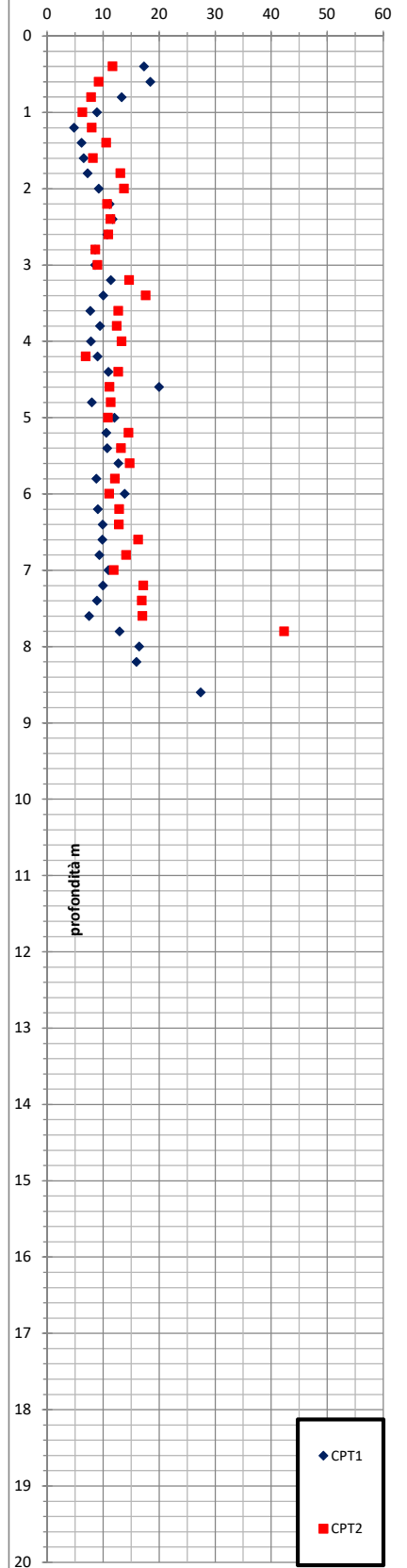
Resistenza alla punta



Res. ad attrito laterale locale



Rapporto di Begemann



qc (kgf/cm²)					
	UGT1	UGT2	UGT3	UGT4	
campioni	11	20	41	7	
Minimo	8.00	23.00	34.00	111.00	
Massimo	19.00	57.00	80.00	390.00	
Media	11.27	42.75	60.80	250.14	
Moda	8.00	49.00	76.00	#N/D	
Mediana	10.00	43.00	63.00	237.00	
Dev. Stand.	3.36	8.09	12.25	91.11	
Media tron	10.78	43.00	61.42	250.14	
t student	1.81	1.73	1.68	1.94	
qck	9.35	39.54	57.54	177.86	

fs (kgf/cm²)						
	UGT1	UGT2	UGT3	UGT4	UGT5	UGT6
campioni	11	20	41	7	0	0
Minimo	0.87	1.47	2.27	1.33		
Massimo	2.33	5.73	8.13	6.13		
Media	1.48	4.02	5.13	3.45		
Moda	1.67	5.73	5.07	#N/D		
Mediana	1.47	4.23	4.87	2.67		
Dev. Stand.	0.43	1.25	1.46	1.74		
Media tron	1.46	4.11	5.08	3.45		
t student	1.81	1.73	1.68	1.94		
fsk	1.24	3.53	4.74	2.07		

Calcolo Stati limite ultimi - Verifica al collasso terreno-fondazione

Parametri fondazione

B	80	cm
D	150	cm
D'	105	cm
γ	0,00195	kg/cm ³
	0,00195	kg/cm ³
γH	0,20475	kg/cm ²

Sisma

Categoria suolo	C
β	0,240
pga SLV	0,202
Ss	1,410
St	1,000
amax	0,2848
kh	0,0684
Kv	0,0342

Parametri terreno

M1			M2		
c'	0,120	kg/cm ²	c'	0,096	
ϕ'	22	°	ϕ'	17,9	
$\phi' / \text{grad.}$	0,3840		$\phi' / \text{grad.}$	0,3232	
cu	0,610	kg/cm ²	cu	0,436	
Nc	14,4		Nc	12,4	
Nq	7		Nq	5,6	
N γ	6		N γ	4,5	
zc	0,9089		zc	0,9089	
zq	0,6523		zq	0,5144	
z γ	0,6523		z γ	0,5144	
ω	0	°	ω	0	
Rad(ω)	0		Rad(ω)	0	
gc	1,0000		gc	1,0000	
gq	1,0000		gq	1,0000	
g γ	1,0000		g γ	1,0000	
sc	1		sc	1	
sq	1		sq	1	
s γ	1		s γ	1	
α	2,44				

Calcolo tensioni ammissibili

	critica		ammissibile	
condizioni drenate	3,629	kgf/cm ²	1,210	kgf/cm ²
condizioni non drenate	3,377	kgf/cm ²	1,206	kgf/cm ²

Carico critico

	Frolich	
condizioni drenate	1,224	kgf/cm ²
condizioni non drenate	2,120	kgf/cm ²

Stato limite ultimo

	R - M1				R - M2			
	SLU		SLV		SLU		SL	
drenate	3,629	kgf/cm ²	3,074	kgf/cm ²	2,688	kgf/cm ²	2,256	
non drenate	3,377	kgf/cm ²	2,996	kgf/cm ²	2,470	kgf/cm ²	2,180	

Capacità portante resistente Rd (kgf/cm²)

Condizioni drenate					Maugeri e Novità
	SLU		SLV		
A1 +M1+R1	Ed ≤ 3,629		Ed _{sisma} ≤ 3,074	γr = 1	
A2 +M2+R2	Ed ≤ 1,493		Ed _{sisma} ≤ 1,253	γr = 1,8	
A1 +M1+R3	Ed ≤ 1,578		Ed _{sisma} ≤ 1,336	γr = 2,3	
Condizioni non drenate					
	SLU		SLV		
A1 +M1+R1	Ed ≤ 3,377		Ed _{sisma} ≤ 2,996	γr = 1	
A2 +M2+R2	Ed ≤ 1,372		Ed _{sisma} ≤ 1,211	γr = 1,8	
A1 +M1+R3	Ed ≤ 1,468		Ed _{sisma} ≤ 1,303	γr = 2,3	

kg/cm ^q
°
kg/cm ^q
°
V
kgf/cm ^q
kgf/cm ^q
2002
M2
0,323
0,335
0,068
8,038
-5,787
-2,659
-1,495
-1,835
-2,042
0,642
0,885
0,852

RAPPORTO FOTOGRAFICO

Prove penetrometriche statiche CPT



CPT1



CPT2