

**STUDIO GEOLOGICO A SUPPORTO PL ATR.1 TE BRUNETTI
1° STRALCIO**

DOCUMENTO:

RELAZIONE GEOLOGICA

RIFERIMENTI NORMATIVI

D.M. 17.01.2018 (N.T.C. P.TO 6.2.1) - D.G.R. IX/2616 30.11.2011

TIPOLOGIA DI OPERA

PIANO DI LOTTIZZAZIONE TE BRUNETTI 1° STRALCIO

PROVINCIA

MANTOVA

COMUNE

MANTOVA

INDIRIZZO

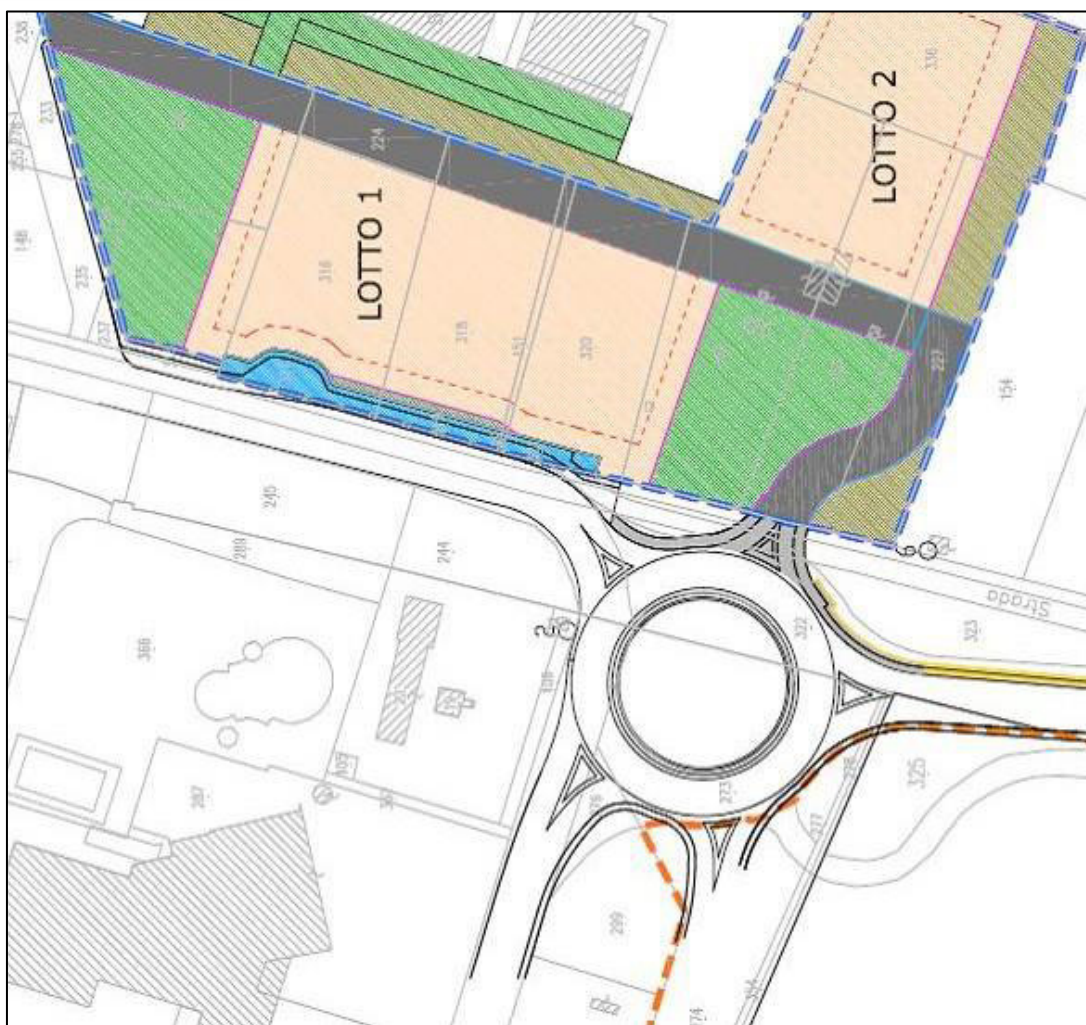
VIA TRINCERONE – MANTOVA (MN)

DATA

31/10/2018

COMMITTENTE

**GIAN ANDREA VIRGILI – LOVATO LILIANA – CUNOCI PASQUALE-
RUGGERI ROSANNA-MALAVASI CHIARA-MALAVASI MARIANGELA-
MANTOVANI LINA**



IL TECNICO DOTT. GEOL. PASINI PAOLO

Dott. Geologo Paolo Pasini

Sarginesco di Castellucchio (MN) Via Teatrino n. 6
Cell. 3478374658 Tel 0376439454 e-mail paolopasini@ngi.it
P. IVA 02203360207 – C.F.: PSNPLA64A05L826K

1. PREMESSA	2
2. MODELLO GEOLOGICO	3
3. INQUADRAMENTO URBANISTICO.....	11
4. SCELTA DEL TERREMOTO DI PROGETTO E STIMA DEGLI EFFETTI DI SITO.....	13
5. PROPOSTA DI UN MODELLO GEOTECNICO.....	15
6. VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE.....	18
7. CONCLUSIONI	20
ALLEGATI	

RELAZIONE GEOLOGICA

1. PREMESSA

Su incarico e per conto dei committenti sigg.ri GIAN ANDREA VIRGILI – LOVATO LILIANA – CUNOCI PASQUALE-RUGGERI ROSANNA-MALAVASI CHIARA-MALAVASI MARIANGELA-MANTOVANI LINA, è stato eseguito uno studio finalizzato alla definizione delle caratteristiche geologiche di un'area ricadente all'interno dell'**ATR.1 Te Brunetti** del piano delle regole della città di Mantova, posto nella periferia meridionale del centro abitato di Mantova, il quale sarà interessato da un piano di lottizzazione (1°stralcio). La presente relazione geologica costituisce uno studio preliminare delle caratteristiche dell'ambiente sottosuolo e idrico, due componenti necessarie alla definizione dello stato dell'ambiente naturale all'interno del quale sarà inserita l'opera in progetto.

Il Comune di **Mantovane** è fornito di Piano Di Governo del Territorio che comprende lo studio geologico conforme alla L.R. 12/05, quindi vengono riprodotti esclusivamente gli elaborati cartografici riferiti a tale disposto normativo. Viene di seguito fornita una rapida disamina delle normative che hanno ricaduta sullo studio qui illustrato. A seguito della **Deliberazione dell'Autorità di Bacino n°18 del 26/4/2001** "Adozione del Piano stralcio per l'assetto idrogeologico per il bacino idrografico di rilievo nazionale del Fiume Po" e del successivo D.P.C.M. del 24/5/2001 (pubblicato sulla G.U. della Repubblica Italiana n°183 del 8/8/2001) di approvazione, il PAI è entrato definitivamente in vigore portando effetti immediati in termini di indirizzi urbanistici e limitazioni d'uso del suolo.

Il Comune di **Mantova** risulta inserito negli elenchi allegati alla D.G.R. n° 7/7365 del 11/12/2001, "Attuazione del Piano Stralcio per l'Assetto idrogeologico del Bacino del Fiume Po (PAI) in campo urbanistico. Art.17, comma 5, della Legge 18 maggio 1989 n°183": l'area in esame ricade in particolare all'interno della fascia **C** del P.A.I. Il **D.Lgs. 152/06** costituisce il riferimento legislativo da applicare all'interno delle fasce di tutela istituite per le opere di captazione delle acque ad uso potabile. **L'Ordinanza n°3274 del 20/03/03** "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona

sismica”, ha di fatto modificato la classificazione sismica del territorio nazionale. L’ordinanza richiede alle Regioni di eseguire la valutazione di *ag* sul proprio territorio e quindi di assegnare ogni area ad una delle zone della nuova classificazione. Il **Comune di Mantova** è stato incluso in **ZONA 3** come individuato dall’Allegato A della stessa ordinanza e dall’Allegato A della D.G.R. n° 7/14964 del 7/11/03. Nel presente studio è inserito un approfondimento in prospettiva sismica, secondo le procedure e metodologie dettate dalle norme vigenti (D.M. 17/01/18). I criteri e le procedure adottati per la redazione della presente relazione consentono di definire il modello geologico. Lo studio dell’area è stato effettuato attraverso il reperimento e l’analisi delle fonti bibliografiche disponibili (nello specifico prove penetrometriche statiche eseguite a ridosso dell’area in esame dallo scrivente) ed attraverso un rilievo in sito, atto ad inquadrare l’area dal punto di vista geologico e geomorfologico. Si sono utilizzati i risultati di n°2 prove penetrometriche dinamiche eseguite dallo scrivente all’interno dell’area e di una n°1 indagine geofisica eseguita con tecnica HVSR.

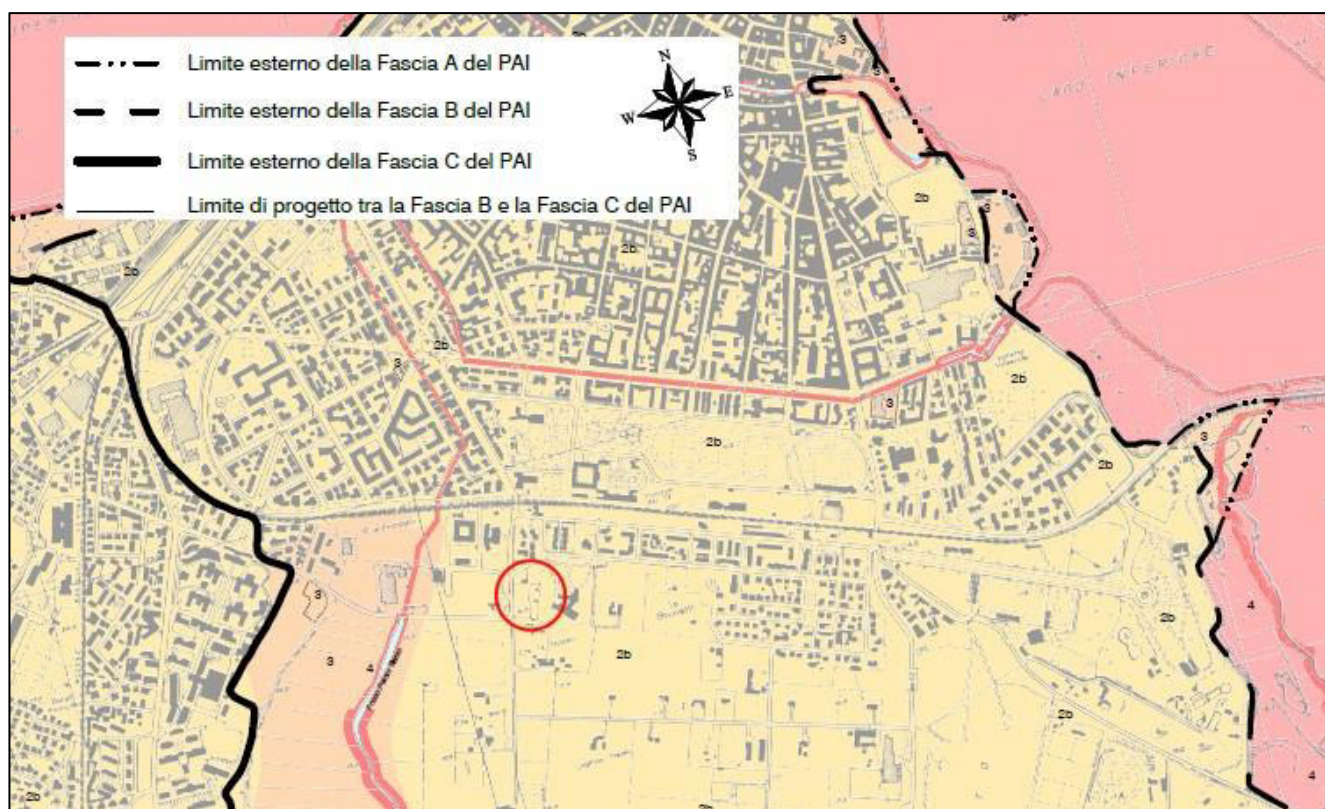
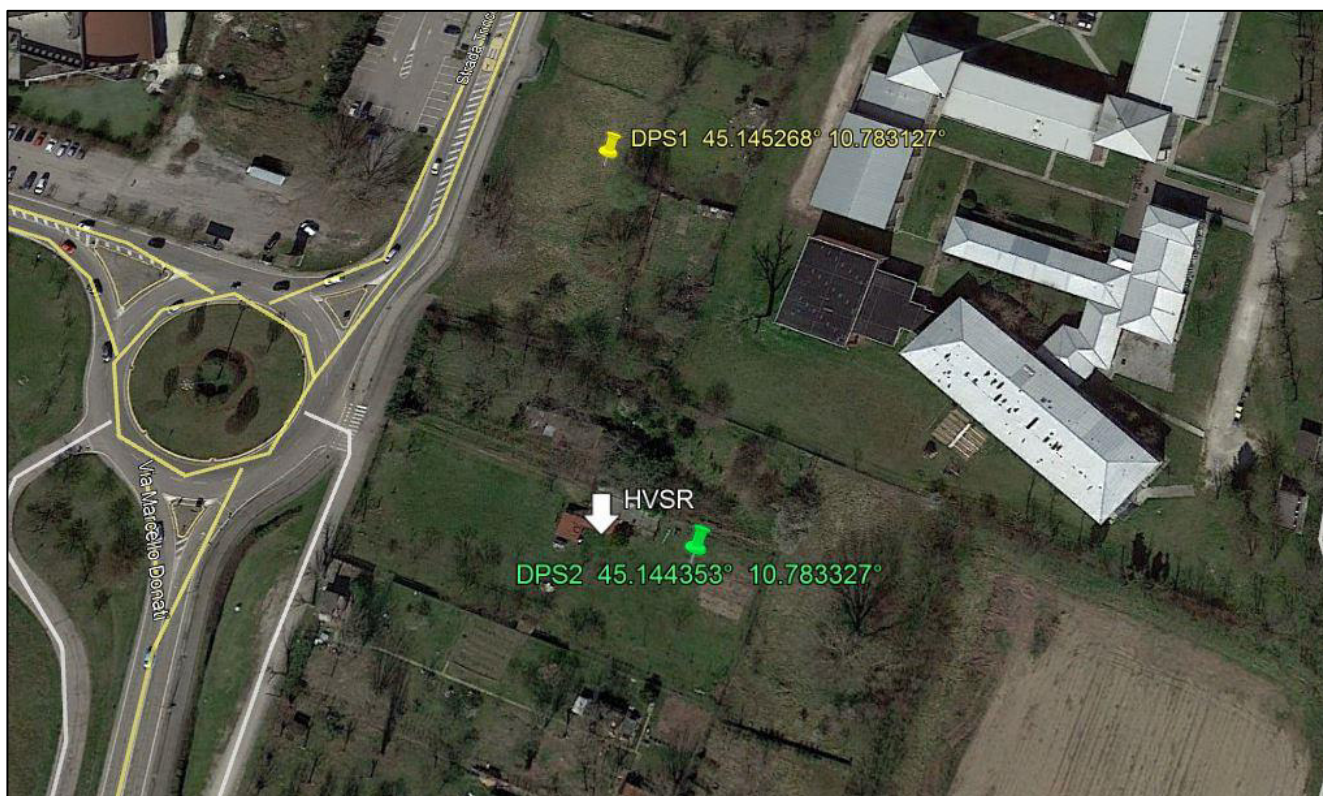


Fig. 1 estratto PAI

2. MODELLO GEOLOGICO

2.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E TERRITORIALE

L’area oggetto dello studio è collocata nella Carta Tecnica Regionale alla scala 1:10.000 alla sezione “E7c4 - Mantova”. La quota media dei terreni è valutabile in circa 17 m.s.l.m come deducibile dalla CTR scala 1:10000.



Fotografia 1 area in esame con indicazione prove eseguite

2.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'evoluzione geologica di tutta la fascia pedemontana è collegata allo sviluppo del processo orogenetico alpino. In particolare, l'imponente fenomeno di sedimentazione che si registra a partire dal Pliocene, è collegato alla presenza dell'avanfossa alpina, che si va a raccordare, oltre i 7.000 di profondità nel sottosuolo della Pianura Padana, con le propaggini dell'avanfossa appenninica. Se nel Pleistocene il bacino padano era occupato da acque marine, periodicamente caratterizzate da fenomeni di regressione e d'ingressione, nel Pleistocene medio – superiore e compiutamente nel Pliocene si va delineando il riempimento ad opera degli scaricatori fluvio – glaciali a Nord e fluviali a Sud. Durante i vari intervalli interglaciali, e soprattutto nel corso dell'ultima fase post glaciale, si va strutturando il progressivo riempimento delle aree esterne agli apparati morenici: le conoidi ciottolose – ghiaiose – sabbiose dell'alta pianura (sandur), passano a depositi via via più fini (sabbie, limi e argille) nella media e poi bassa pianura. La gradazione e l'interdigitazione di tali depositi è tipicamente di conoide, con sovrapposizione dei depositi legati alla dinamica fluviale. Dal punto di vista **geomorfologico** il territorio è caratterizzato da alcuni lineamenti chiaramente riferibili alle passate glaciazioni, che qui hanno lasciato un'impronta indelebile del loro passaggio. L'alternarsi di fasi glaciali ed interglaciali, l'erosione e il trasporto di materiale, in seguito rimaneggiato dagli scaricatori fluvioglaciali e rideposto, costituiscono le componenti fondamentali dei processi che hanno contribuito al modellamento della superficie topografica attuale. Dal punto di vista

morfologico, l'area ricade all'interno della unità conosciuta in letteratura come media pianura mantovana. Essa si estende a S dell'anfiteatro morenico frontale del Garda ed è costituita da depositi fluvioglaciali e fluviali di pertinenza del fiume Mincio, il quale rappresentò il maggior "scaricatore" del ghiacciaio gardesano e che in passato ha trasportato una massa enorme di materiale litoide. Questo materiale, in funzione del regime idraulico del momento, è pervenuto a latitudini diverse con granulometrie eterogenee e variamente classate; infatti l'attività del fiume Mincio e dei numerosi scaricatori fluvioglaciali, uscendo dalla cerchia morenica frontale del Benaco, abbandonavano i materiali trasportati man mano che l'energia di trasporto andava diminuendo, determinando una gradazione granulometrica da N verso S. L'elemento morfologico più rilevante è rappresentato dal fiume stesso, che scorre incassato rispetto all'ampia zona terrazzata circostante, costruita dal Mincio durante le fasi glaciali ed interglaciali, quando questo possedeva portate e capacità di trasporto ben superiori alle attuali. A testimonianza di queste fasi rimangono oggi tre ordini di terrazzi. L'evoluzione dei corsi d'acqua nel tempo sono stati influenzati dai fenomeni di subsidenza (che hanno interessato l'intera Pianura Padana) e dalla tettonica profonda. La tettonica profonda non solo ha condizionato la deposizione dei sedimenti alluvionali, ma quasi sicuramente li ha interessati fino agli strati più superficiali, con fasi tettoniche che si sono succedute sino ad epoche recentissime, anche se molti movimenti sono imputabili al semplice costipamento differenziale dei sedimenti. L'assetto altimetrico e morfologico di questo tratto di pianura è la risultante dell'evoluzione della rete idrografica, che a sua volta dipende dai movimenti tettonici, dalla subsidenza naturale e dall'intervento antropico. I fiumi che scorrono in questa porzione di bassa pianura si trovano in uno stadio di maturità evolutiva in cui la fase deposizionali prevale su quella erosiva a causa della bassa capacità di deflusso e dell'esigua capacità di trasporto; questo quadro è confermato dalla presenza di meandri e di alvei pensili che hanno reso necessaria la costruzione di argini artificiali. In assenza di argini artificiali i fiumi tendono a divagare e quando le acque di piena traboccano si verifica un deposito differenziato con la sedimentazione di elementi fini o grossolani in funzione della diversa energia cinetica della corrente. In prossimità dell'alveo il fiume tende a depositare materiali più grossolani formando dossi di tracimazione (argini naturali), oltre che ventagli e canali di esondazione in corrispondenza delle rotte; tali emergenze morfologiche si manifestano sia lungo i corsi attuali dei fiumi che in corrispondenza di alvei abbandonati (paleoalvei). Nelle aree distali più depresse, poste tra un fiume e l'altro, l'energia cinetica della corrente diminuisce ed i depositi si fanno sempre più fini per diventare prevalentemente argillosi nelle bassure dove la prolungata permanenza delle acque favorisce la sedimentazione delle particelle in sospensione. Per la maggiore costipabilità dei materiali fini rispetto a quelli sabbiosi, si determina poi un aumento dei dislivelli fra i dossi dei paleoalvei e le valli, oltre che fra la rete idrografica ed il livello medio del territorio. In questa situazione, in concomitanza

con gli eventi alluvionali, è possibile che un fiume cambi il suo percorso. In questo meccanismo “naturale” è intervenuto l’uomo che, innalzando argini artificiali ed emungendo acqua dal sottosuolo, accelerando i processi di costipazione e di subsidenza, ha modificato la dinamica deposizionale e quindi l’assetto morfologico del territorio. La costruzione di argini artificiali, in questa zona, si è completata nel XV secolo; a partire da questo periodo i fiumi sono stati canalizzati entro percorsi ben definiti e non hanno più avuto possibilità di aprirsi, dopo una rotta, nuovi percorsi. Di conseguenza le alluvioni degli ultimi 500 anni hanno determinato un classamento ben preciso dei depositi per cui troviamo sedimenti più grossolani e sedimenti più fini rispettivamente nelle vicinanze e nelle zone più lontane dai percorsi attuali dei fiumi. Questo spiega perché antichi dossi corrispondenti a paleoalvei siano stati ricoperti da sedimenti più fini (specie nella zona orientale, altimetricamente più bassa e più esposta alle inondazioni recenti) che hanno notevolmente uniformato la morfologia dell’area. Il bacino necessario per contenere questi sedimenti è generato da un processo naturale di subsidenza: le velocità di subsidenza nelle aree di pianura alluvionale con una deposizione attiva sono tipicamente 0,2 - 5 mm all’anno. Le unità affioranti nel territorio esaminato sono esclusivamente di carattere continentale, e legate alle modalità di sedimentazione sopra descritte. La zona in esame è posta all’interno della struttura geomorfologica del sistema MINCIO – Laghi di Mantova, la quale è generalmente ribassata rispetto alla pianura circostante (da 3 a 7 metri). Limiti di questa depressione (conosciuta in letteratura geologica – CARTA GEOLOGICA DEL COZZAGLIO - con il nome di Bassure (in sostanza ex alvei abbandonati che, prima dell’intervento antropico, furono delle paludi) sono scarpate fluviali di vario ordine (vedi estratto carta geomorfologica con elementi geopedologici allegata tratta dal P.G.T. del Comune di Mantova - redatta dallo studio Studio Associato Atlantide di Mantova). Immissario ed emissario del sistema fluviale-lacustre è il fiume MINCIO, il cui alveo subisce, all’altezza del Lago Superiore di Mantova, una brusca deviazione di percorso, ruotando da N-S ad E-W: situazione questa, riconducibile a cause neotettoniche. La zona esaminata è all’interno di quello che nella storia della città di Mantova è conosciuto con il nome di Lago del Paiolo (interrato in modo definitivo solo nel corso del XVIII secolo). In particolare, l’area si trova a ridosso del limite tra le formazioni fini palustri post glaciali dette bassure sopra citate (siglate in carta con m). e formazioni sabbiose, costituite da terreni fini sabbioso calcarei (siglate in carta con sk) spesso ferrettizzate, sovrapposte stratigraficamente o talvolta incassate entro formazioni tenaci, giallastre, non ferrettizzate, impermeabili, entrambe del periodo interglaciale Mindel riss (siglate in carta con ck – vedi estratto carta Geologica d’Italia in scala 1:100000).

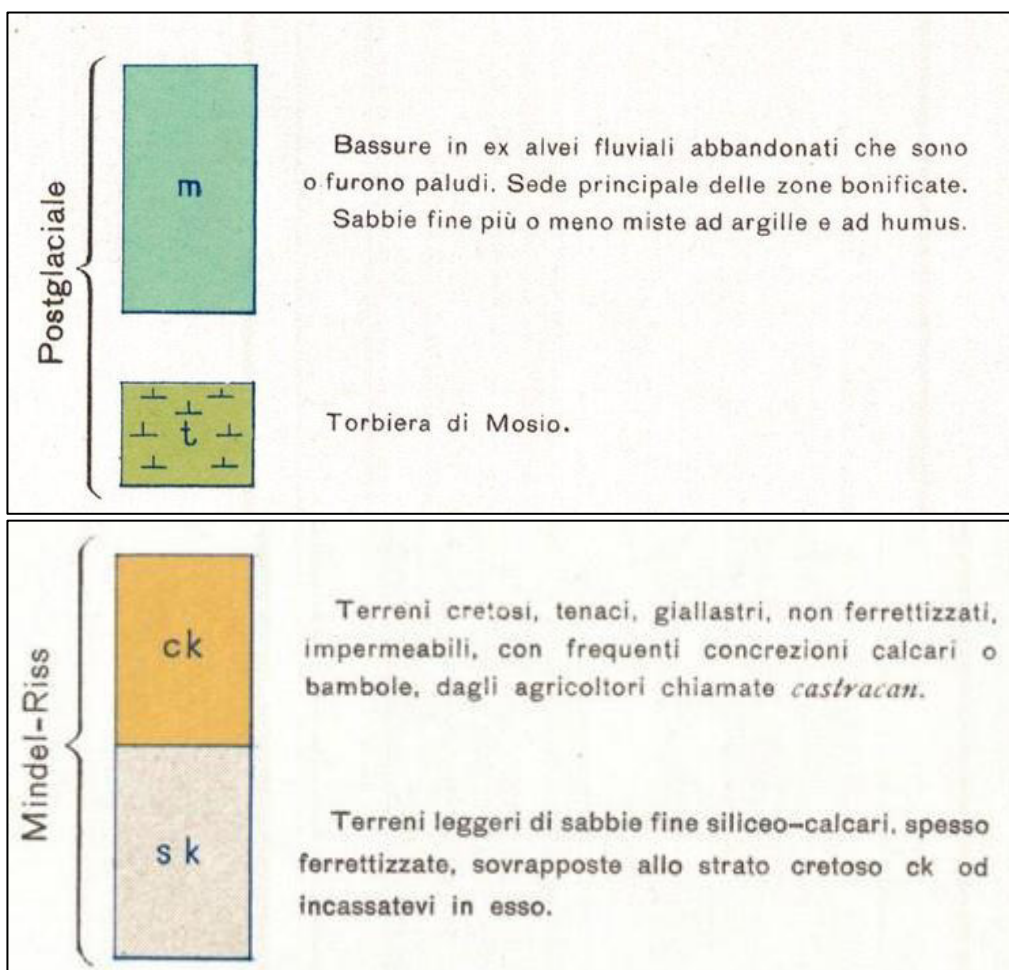
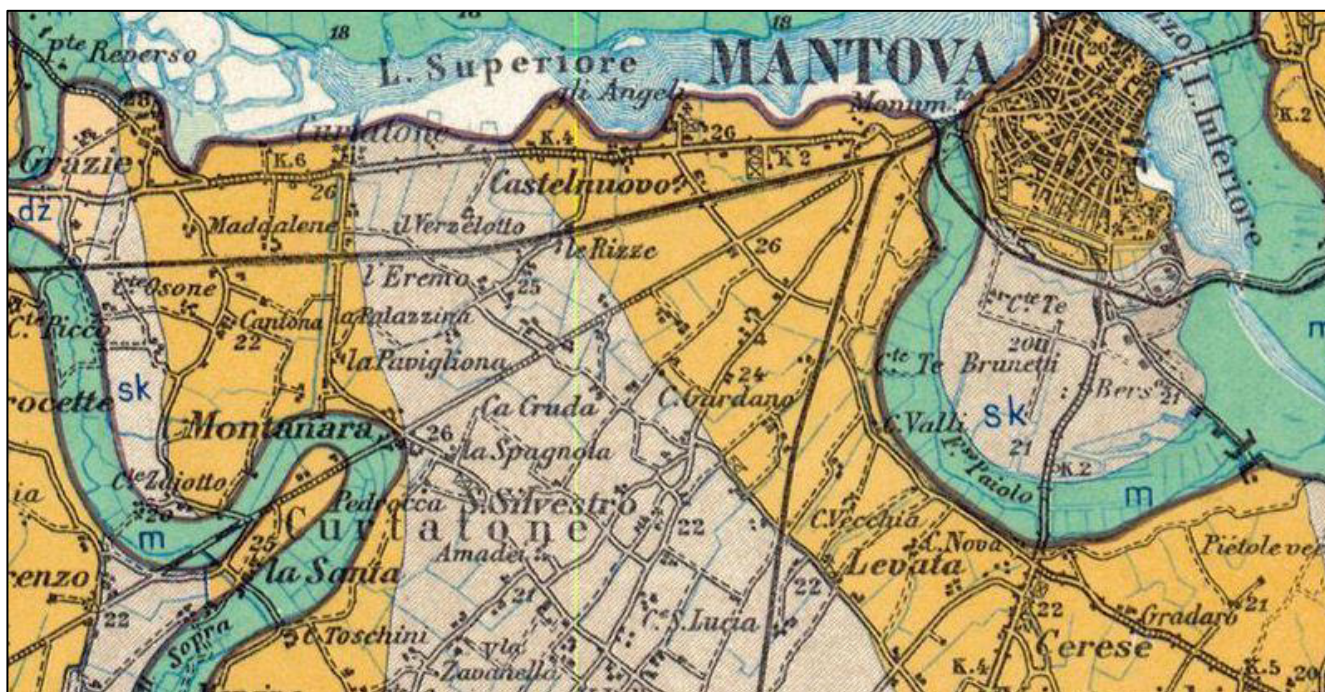


fig. 2

2.4.1 RISCHIO IDRAULICO

Per quanto riguarda l'eventuale insorgenza di rischio idraulico legato ai corsi d'acqua fluenti nel territorio comunale o in sua prossimità, si è fatto riferimento al Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) adottato con delibera del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del fiume Po n.18/2001 del 26.04.2001. La legge 18 maggio 1989 n. 183 recante "Norme per il riassetto

organizzativo e funzionale della difesa del suolo” ha dato il via alla riorganizzazione di tutta la materia riguardante la difesa del suolo, prevedendo la ripartizione del territorio nazionale in bacini idrografici classificati di rilievo nazionale, interregionale e regionale, nonché l’istituzione delle Autorità di Bacino che devono provvedere alla redazione dei piani di bacino. I piani di bacino hanno valore di piano territoriale di settore e sono prevalenti rispetto agli strumenti di pianificazione comunale. L’intera regione Lombardia è ricompresa nel bacino nazionale del fiume Po. Allo stato attuale è stato approvato il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF), che individua e regola le attività nelle fasce di pertinenza fluviale sull’asta del fiume Po e sui principali affluenti. Le fasce fluviali sono classificate in: fascia di deflusso della piena (Fascia A), fascia di esondazione esterna alla precedente (Fascia B) e area di inondazione per piena catastrofica (Fascia C); per ciascuna fascia sono perseguiti obiettivi specifici di tutela e regolamento dell’uso del suolo. Per quanto riguarda il rischio alluvioni, l’area in esame, secondo il Piano per la valutazione e la gestione del rischio di alluvioni (PGRA), adottato ai sensi della Direttiva europea 2007/60/CE, recepita nel diritto italiano con D.Lgs. 49/2010, ricade all’interno del bacino del Po nella **macrozona 2. Settore intermedio della pianura padana** (*Zona di espansione delle piene su superfici da 10.000 a 30.000 ha. Sviluppo dei fenomeni per rottura impulsiva di argine e progressiva sommersione della pianura circostante. Le inondazioni avvengono per inadeguatezza del reticolo secondario e coinvolgono centri abitati e infrastrutture di rilevante importanza. Il sistema idrografico principale è costituito dall’asta del Po e dagli affluenti, quello secondario è costituito dalla rete artificiale di bonifica, prevalentemente a scolo meccanico*). In particolare essa fa parte dell’ambito territoriale RP (Reticolo principale) le cui caratteristiche di pericolosità sono sotto illustrate. Valutando le Mappe di pericolosità e rischio approvate dalla Regione Lombardia nel PGRA, allegate alla presente, l’area **ricade all’interno della fascia di probabilità L=rara** di alluvioni o scenari di eventi (H=frequente; M=poco frequente; L=raro) **con rischio R2=medio** secondo la classica scala adottata in queste situazioni (R4=molto elevato; R3=elevato; R2=medio; R1=moderato).

La cartografia è riportata in allegato.

Anche dal punto di vista neotettonico, non sono presenti in sito faglie capaci e la struttura riconosciuta nel sottosuolo più vicina all’area in esame è la faglia sepolta di Piadena, di cui si terrà conto nella definizione degli spettri di progetto ricorrendo ai dati pubblicati dall’INGV.

Tabella riepilogativa scenari di inondazione

Direttiva Alluvioni		Pericolosità	Tempo di ritorno individuato per ciascun ambito territoriale (anni)				
Scenario	TR (anni)		RP	RSCM (legenda PAI)	RSP	ACL	ACM
Elevata probabilità di alluvioni (H = high)	20-50 (frequente)	P3 elevata	10-20	Ee, Ca RME per conoide ed esondazione	Fino a 50 anni	15 anni	10 anni
Media probabilità di alluvioni (M = medium)	100-200 (poco frequente)	P2 media	100-200	Eb, Cp	50-200 anni	100 anni	100 anni
Scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi (L = low)	Maggiore di 500 anni, o massimo storico registrato (raro)	P1 bassa	500	Em, Cn		Massimo storico registrato	>> 100 anni

2.5 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Il territorio di pertinenza di questo studio appartiene al grande bacino padano, in cui lo spessore dell'acquifero per l'area qui considerata è mediamente di 300 ÷ 400 m. Non viene fatta una distinzione tra depositi marini e continentali, ma viene assunta come riferimento l'interfaccia fra acque dolci e salate. I depositi sedimentari, formati da ghiaie, sabbie, limi e argille, caratterizzati da transizioni verticali ed orizzontali, danno luogo a falde libere, artesiane e semi artesiane. L'acquifero presente nel territorio del nostro studio è molto produttivo sia per il grande spessore assunto dalle unità più permeabili (circa 100 ÷ 200 m) e la possibilità di ricarica naturale, sia per l'efficace sistema irriguo e la permeabilità dei depositi superficiali attribuiti al Fluvioglaciale Wurm, che ne favoriscono la ricarica. Tale acquifero viene considerato a scala regionale come un sistema mono falda compartimentato nei primi 120 metri e nel suo insieme, fino al limite dei depositi con acque ad alto contenuto salino, come un acquifero multi falda. L'acquifero presenta variazioni del carico idraulico, per cui si possono avere differenze nel livello statico anche di qualche metro fra falda libera superficiale o semi confinata e falde profonde confinate. Come si può notare anche dalle sezioni idrogeologiche presenti in bibliografia, vi sono potenti strati di materiali ghiaioso sabbiosi alternati a sedimenti fini ed impermeabili. È in queste ghiaie e sabbie che hanno sede gli acquiferi, che, dal fronte dell'anfiteatro morenico si estendono con continuità fino al F. Po dando vita a quella che è l'area più ricca di acqua del Paese. La struttura dell'acquifero è in diretta relazione con le caratteristiche geolitologiche dei depositi prima descritti. La falda superficiale si incontra a profondità variabili da 2 a 11 m, con generale copertura argillosa nella fascia occidentale e in parte in quella sud occidentale.

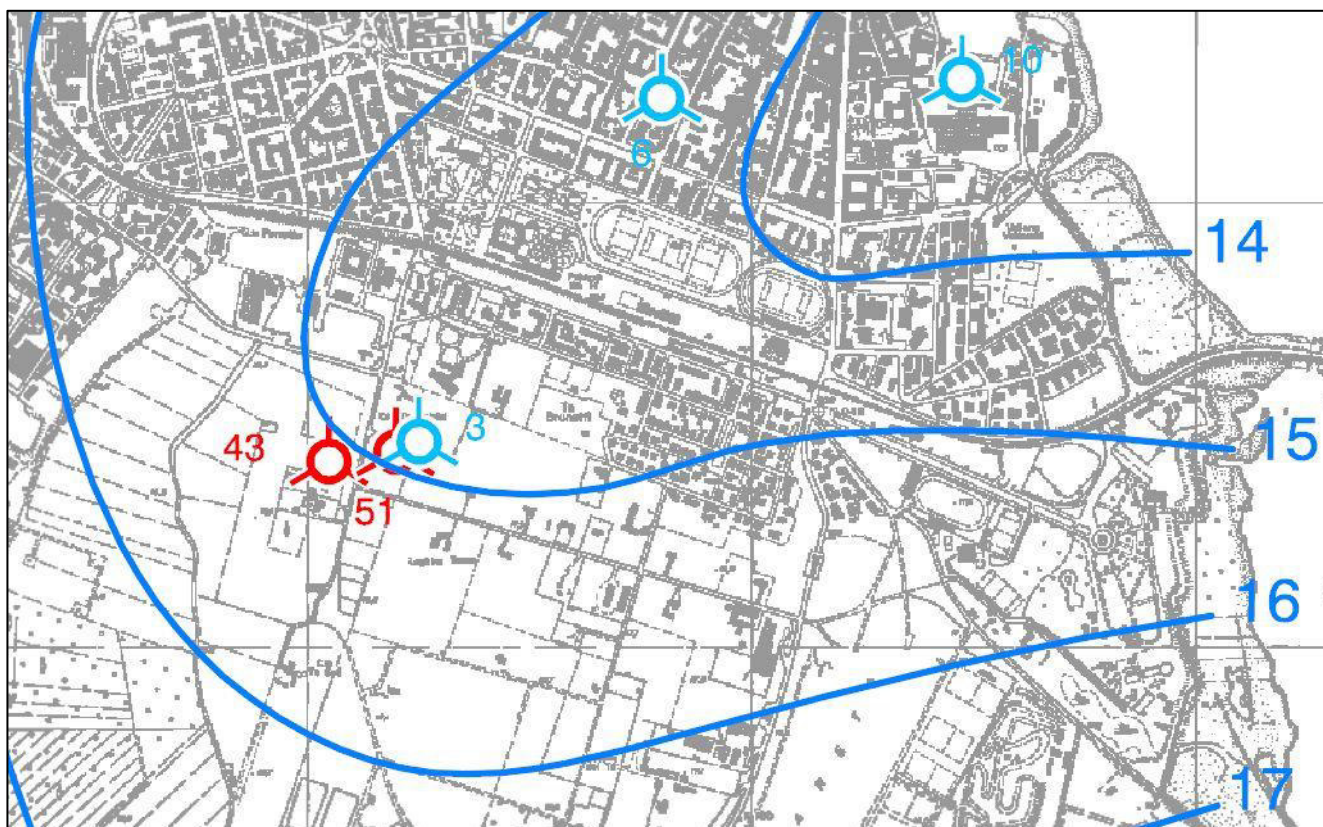


Fig. 3 estratto carta idrogeologica da PGT

Lo spessore del primo acquifero è intorno a 30 m ed è residente in sabbie fini con intercalazioni di piccole lenti argillose: esso risente notevolmente degli apporti dell'area di ricarica (unità pedecollinare). Il letto di questo acquifero è costituito da uno strato di argille marnose, potente da 7 a 10 m, posto a profondità variabile da 37 a 55 m, di colore grigio scuro. Il secondo acquifero ha spessore variabile intorno a 20 – 25 m e si estende fino a circa 83 m di profondità. La struttura più profonda è caratterizzata da più acquiferi sovrapposti, alcuni dei quali in pressione, non compartimentati, in cui sono presenti scambi idrici reciproci.

Il flusso sotterraneo è prevalentemente orientato in direzione NNW – SSE. La valle del Mincio, localizzata ad E del territorio comunale, rappresenta un importante asse di drenaggio sotterraneo: tutta le zone ad E ed a W di essa subiscono un richiamo delle acque sotterranee verso di essa. Ne è testimonianza anche il gradiente idraulico, il quale aumenta rapidamente avvicinandosi alla valle stessa. I principali parametri idraulici che caratterizzano questa unità sono:

- trasmissività, i cui valori medi sono compresi tra 0,005 e 0,05 mq/s
- conducibilità, valori medi tra 0,0005 e 0,005 m/s

Sezioni idro stratigrafiche ricostruite sulla base delle informazioni reperite in letteratura sono allegate alla presente.

3. INQUADRAMENTO URBANISTICO DELL'AREA

La fase di progettazione preliminare e di valutazione della fattibilità dell'intervento ha previsto l'analisi delle limitazioni d'uso del territorio (vincoli) in particolare modo quelli descritti e presenti nella relazione geologica a corredo del vigente **PGT** comunale e quelli relativi alla normativa sovraordinata (PTCP, Ambientale, Regionale e di Bacino). Dalla visione della **Carta di Fattibilità Geologica** per le azioni di piano si evince che il sito in esame ricade in **classe 2b**, "*fattibilità con modeste limitazioni*", sottoclasse associata ad aree con elevata vulnerabilità della falda. Nella **Carta di Pericolosità Sismica Locale** l'area di studio ricade in zona **Z4a** (Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi fluvioglaciali granulari e/o coesivi).

Sigla	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, ecc.) Zone con depositi granulari fini saturi	Cedimenti e/o liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, ecc.)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	

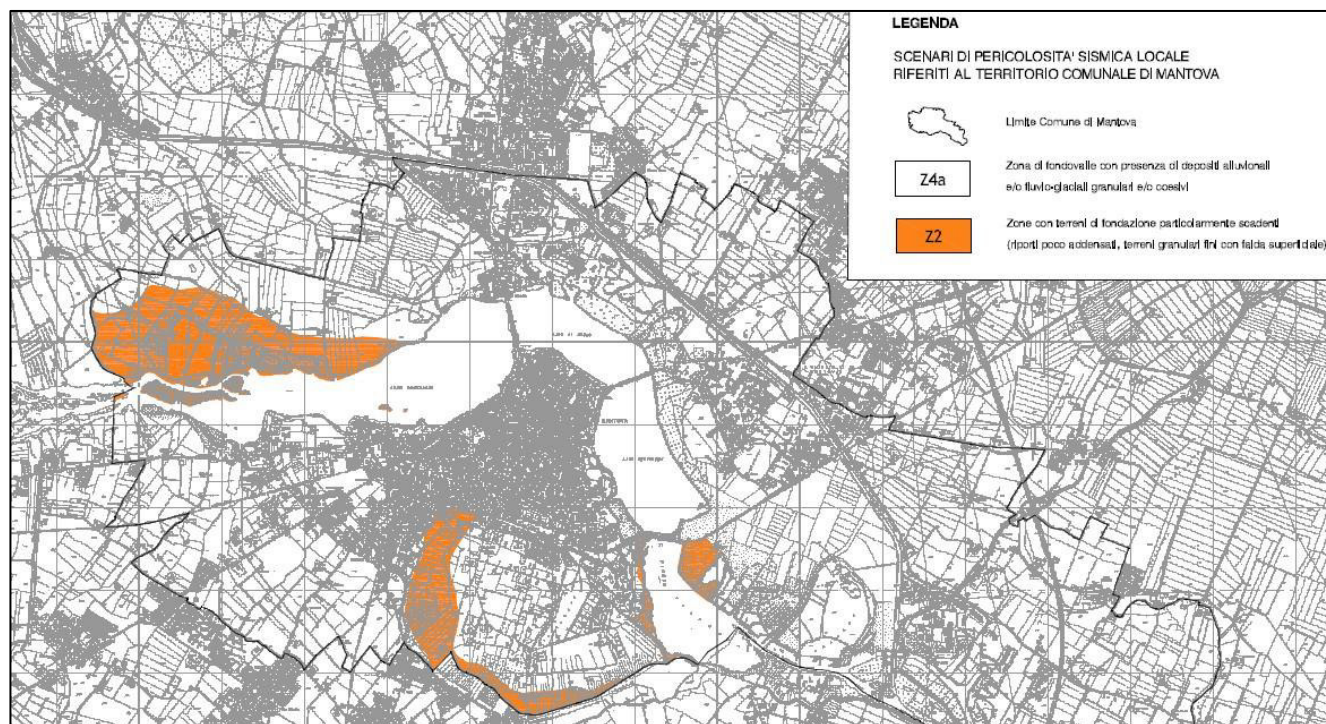


Fig. 4 estratto carta PSL da PGT

Dallo studio della componente sismica del PGT si evince che la procedura semi quantitativa di 2° livello ha evidenziato che per lo scenario ascrivibile al sito oggetto di intervento la possibile amplificazione sismica risulta **inferiore ai valori di soglia** forniti dalla Regione Lombardia e dalla normativa nazionale e che quindi l'applicazione dello spettro previsto dalla normativa per la categoria di sottosuolo identificata (D.M. 17 gennaio 2018) risulta sufficiente a tenere in considerazione i reali effetti di amplificazione litologica. Per la caratterizzazione della classe di sottosuolo è stata utilizzata una indagine geofisica con tecnica **HVSR** eseguita dallo scrivente in sito in esame all'interno della stessa formazione geologica, per la quale è stata verificata una categoria di sottosuolo di tipo **C**. Dalla successiva **analisi di II livello** emerge che, nell'intervallo di periodo compreso tra $0.1 \div 0.5$ e $0.5 \div 1.5$ s, il **valore di Fa risulta inferiore a quello di soglia**, quindi in questo contesto potrà essere confermata una **categoria di sottosuolo** pari a quella misurata, pertanto la **C**.



Fotografia 2 indagine HVSR in sito

LITOLOGIA: SABBIOSA

		Valori soglia						
PR	CM	COMUNE	INTERVALLO	B	C	C _{calc} (*)	D	E
20	30	MANTOVA	0.1 - 0.5	1,4	1,8	1,04	2,1	1,9
			0.5 - 1.5	1,7	2,3	1,88	3,9	2,9
		valori FAC < FAS	categoria sottosuolo come calcolato					
		valori FAC > FAS	necessità 3° livello o categoria sottosuolo superiore					

4. SCELTA DEL TERREMOTO DI PROGETTO E STIMA DEGLI EFFETTI DI SITO

4.1 Determinazione del sisma di progetto.

La determinazione del sisma di progetto è stata effettuata sulla base della procedura descritta nel D.M. 17.01.2018. (appendice B). Questi i parametri di calcolo impiegati:

Parametro	S.L.V.	S.L.D.
Accelerazione max al bedrock (g): (componente orizzontale)	0,09(*)	0,040
Fattore di amplificazione spettrale max:	2,57	2,59
Periodo inizio tratto velocità costante (s):	0,31	0,25

(*) Delibera Giunta regionale Lombardia 11 luglio 2014 - n. X/2129 Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d)

4.2 Determinazione Descrizione parametri sismici di calcolo utilizzati in tabella

Sulla base dei risultati ottenuti attraverso l'indagine geofisica e in base alle indicazioni contenute nel **D.M. 17.01.2018**, sono stati stimati i parametri sismici da impiegare nelle successive fasi di verifica.

Calcolo di $a_{g\max}$ - accelerazione massima orizzontale al piano di posa delle fondazioni

Esso si ottiene dalla seguente relazione:

dove $a_{g\text{bedrock}}$ è l'accelerazione sismica orizzontale al bedrock, S_s è il fattore di amplificazione stratigrafica e S_t il fattore di amplificazione topografica. 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 dall'espressione:

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

con:

- h_i spessore dell'i-esimo strato;
- $V_{s,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
- N numero di strati;
- H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da $V_S \geq 800$ m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

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 di terreno fino a tale profondità. Sulla base del valore calcolato di V_{s30} vengono identificate 5 classi, A, B, C, D ed E alle quali corrispondono un differente spettro di risposta elastico. Lo schema indicativo di riferimento per la determinazione della classe del sito è il seguente (viene indicata in rosso quella riferita al terreno in esame):

Categoria sottosuolo	Descrizione	spessore	$V_{s,eq}$ (m/s)	
		m	da	a
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> 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 .	Qualsiasi	Qualsiasi	≥ 800
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente, compresi fra 360 m/s e 800 m/s.	> 30 m	360	800
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 metri, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori delle velocità equivalenti compresi fra 180 e 360 m/s.	> 30 m	180	360
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati oppure di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> con profondità del substrato superiori a 30 metri, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori delle velocità equivalenti compresi fra 100 e 180 m/s.	> 30 m	100	180
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.	Fino a 30 m	D	C

Il valore della $V_{s,eq}$ stimato dalla indagine **HVSR** ha fornito un valore di **234 m/s** rispetto al p.c. il quale pone il sito, secondo il D.M. 17.01.2018, nella **categoria di sottosuolo C**. Utilizzando questo dato vengono ricavati i valori di F_a (fattori di amplificazione spettrali) pari a:

SUOLO DI CATEGORIA C

- F_a (nell'intervallo 0.1-0.5 s) = **1.04** < 1.8±0.1 (soglia comunale)
- F_a (nell'intervallo 0.5-1.5 s) = **1.88** < 2.3±0.1 (soglia comunale)

Coefficiente stratigrafico S_s

Viene stimato in funzione della categoria del sottosuolo secondo lo schema seguente:

ESPRESSIONI DI S_s	
Categoria sottosuolo	S_s
A	1,00
B	$1.00 \leq 1.40 - 0.40 F_0 a_{bedrock} \leq 1.20$
C	$1.00 \leq 1.70 - 0.60 F_0 a_{bedrock} \leq 1.50$
D	$0.90 \leq 2.40 - 1.50 F_0 a_{bedrock} \leq 1.80$
E	$1.00 \leq 2.00 - 1.10 F_0 a_{bedrock} \leq 1.60$

Coefficiente topografico S_t

Categoria topografica	Caratteristiche della superficie topografica	S_t
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$	1,00
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$	1,20
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	1,20
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$	1,40

Coefficiente sismico orizzontale terreno k_{hk}

È necessario per la valutazione degli effetti cinematici del sisma sul terreno di fondazione e si determina infine moltiplicando il valore di a_g per un fattore correttivo β : $k_{hk} = \beta a_g$

Valore di A_g accelerazione massima orizzontale al piano di posa delle fondazioni

$$a_g h_{max}(G) = 0,135$$

4.3 Stima dell'inclinazione del carico dovuta ad eventi sismici

Si evidenzia inoltre che i valori della capacità portante sono comunque subordinati ai cedimenti (vedere capitolo specifico). Si ricorda anche che i valori della capacità portante dipendono dall'interazione struttura – terreno e pertanto i valori saranno in funzione delle tipologie delle fondazioni che verranno adottate, delle dimensioni e dalla loro profondità di imposta. Nel caso di sollecitazioni indotte da un evento sismico è opportuno tenere in considerazione, nel calcolo dei carichi ammissibili, anche degli effetti inerziali sul terreno di fondazione, effetti che conducono ad una diminuzione della capacità portante. In sostanza la componente orizzontale della sollecitazione sismica conduce ad una risultante del carico inclinata rispetto alla verticale. L'inclinazione della risultante da inserire nel calcolo della portanza è quello di considerare l'accelerazione massima orizzontale al piano di posa delle fondazioni secondo la relazione:

$$\theta = \arctg a_{gSLV} \quad \text{da cui si ricava } \theta = \arctg 0,135 = 7,69^\circ$$

5. PROPOSTA DI UN MODELLO GEOTECNICO

Per la stima dei parametri geotecnici, inerenti le caratteristiche del volume di sottosuolo interessato dall'intervento in esame, è stata utilizzata n. 1 prova CPT eseguita dallo scrivente in prossimità del sito in esame, le cui caratteristiche sono illustrate in tabella.

PROVE PENETROMETRICHE ESEGUITE			
PROVA	PROFONDITA' RAGGIUNTA dal piano di camp. att. (m)	PROFONDITA' CHIUSURA FORO dal piano di camp. att. (m)	LIVELLO PIEZOMETRICO dal piano di camp. att. (m) sede di prova
DPS1	10,0	-	-1,8
DPS2	10,0	1,6	-

Fotografia 2 prove eseguite



5.1 STIMA DEI VALORI CARATTERISTICI DEI PARAMETRI GEOTECNICI DEL TERRENO

L'indagine in sito effettuata ha permesso di definire una litologia ed una stratigrafia di massima, con conseguente stima della parametrizzazione geotecnica, come nel modello geotecnico semplificato di seguito riportato. La valutazione dei valori caratteristici dei parametri geotecnici, per le verifiche allo Stato Limite Ultimo e allo Stato Limite d'Esercizio, è stata eseguita conformemente alle indicazioni contenute nell'Eurocodice 7. Considerato il numero sufficientemente elevato di dati misurati (valori di **N_p**) si è optato per un approccio statistico, utilizzando una probabilità di superamento del 5%, come indicato nell'Eurocodice 7. Il modello geotecnico è stato ottenuto attraverso la procedura descritta in dettaglio di seguito:

- I singoli valori di **N_p** ottenuti con la prova penetrometrica sono stati inizialmente accorpati in strati omogenei;
- Per ogni strato omogeneo è stata eseguita una stima cautelativa del valore medio di **N_p** con la seguente relazione statistica:

$$p_k = p_m - t_{n-1}^{0,05} \left(\frac{s_p}{\sqrt{n}} \right) \quad \text{dove:}$$

p_k = valore caratteristico del parametro geotecnico (q_{ck} o N_{sptk});

p_m = valore medio del parametro (q_{cm} o N_{sptm});

n = numero di misure;

s_p = deviazione standard delle misure;

$t_{n-1}^{0,05}$ = t di Student per $n-1$ gradi di libertà e probabilità di superamento del 5%.

I livelli stratigrafici individuati lungo le verticali di prova sono stati correlati fra di loro e i corrispondenti parametri geotecnici mediati.

Da m: a m:		descrizione litologica	C _{uk} kPa	Φ _k (°)	γ _{natk} (t/m ³)	Dr _k (%)	E _{yk} /Mo _k (kg/cm ²)
0 ÷ 5	SI	Sabbia debolmente limosa	-	30	1,9	60	150
5 ÷ 8,5	Ls	Limo sabbioso	80	-	1,9	-	100
8,5 ÷ >10(*)	Sa	Sabbia addensata	-	32	1,9	80	300

(*) desunto da dati di letteratura (pozzi a stratigrafia nota e prove CPT limitrofe)

Profondità della falda -3,5 m da p.c. di prova			
METODO CALCOLO PRINCIPALI			
denominazione	Simbolo	Unità misura	Metodo di calcolo
Angolo di attrito	Φ'	(°)	De Beer
Angolo di attrito a volume costante	Φ _{cv}	(°)	Bolton
Densità relativa incoerenti	Dr	(%)	Kulhawy & Mayne
Coesione non drenata	c _u	(kg/cm ²)	Searle
Coesione efficace (drenata)	c'	(kg/cm ²)	Mesre et Al.
Rapporto di sovra consolidazione	O.C.R.	-	Ladd & Foot
Peso di volume incoerenti	γ _{nat}	(t/m ³)	Correlazione con Dr%
Peso di volume coesivi	γ _{nat}	(t/m ³)	Correlazione con C _u
Modulo di Young incoerenti	E _s	(kg/cm ²)	Schmertmann
Modulo edometrico coesivi	M	(kg/cm ²)	Mitchell & Gardner - CL

6. VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

Il sito in cui si effettuano interventi di tipo edificatorio, deve essere stabile nei confronti della liquefazione, intendendo con tale termine quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate. Se il terreno risulta suscettibile di liquefazione e gli effetti conseguenti appaiono tali da influire sulle condizioni di stabilità di pendii o manufatti, occorre procedere ad interventi di consolidamento del terreno e/o trasferire il carico a strati di terreno non suscettibili di liquefazione. In assenza di interventi di miglioramento del terreno, l'impiego di fondazioni profonde richiede comunque la valutazione della riduzione della capacità portante e degli incrementi delle sollecitazioni indotti nei pali.

6.1.2 Esclusione della verifica a liquefazione

La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

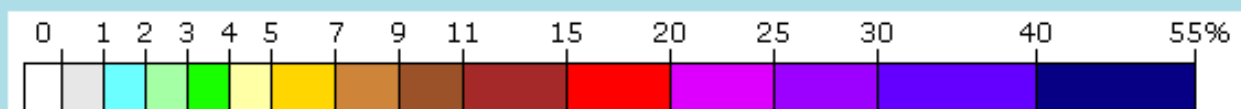
1. **accelerazioni massime** attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) **minori di $0,1g$** ;
2. profondità media stagionale della **falda superiore a 15 m** dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

6.1.3 VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE NEL SITO IN ESAME

L'applicazione dei quattro criteri previsti dalla Normativa nazionale (D.M. 17.01.2018) non consente di escludere la possibilità di liquefazione nei terreni di fondazione del sito in esame. La magnitudo momento di riferimento per il calcolo è stata ottenuta dalle mappe interattive di pericolosità sismica dell'INGV.

Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 45.1547, lon: 10.7983, ID: 13837)										
	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	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	3.370	6.740	4.080	2.000	0.823	0.086	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	4.690	11.500	9.020	5.620	2.460	0.272	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	1.920	6.550	6.960	5.550	2.540	0.296	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.260	2.580	4.020	3.970	2.050	0.261	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.576	2.180	2.530	1.310	0.185	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.038	0.853	1.350	0.662	0.101	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.236	0.709	0.396	0.066	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.031	0.263	0.155	0.027	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.001	0.083	0.095	0.021	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.031	0.105	0.031	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.013	0.096	0.034	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.067	0.027	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.040	0.017	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.020	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	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

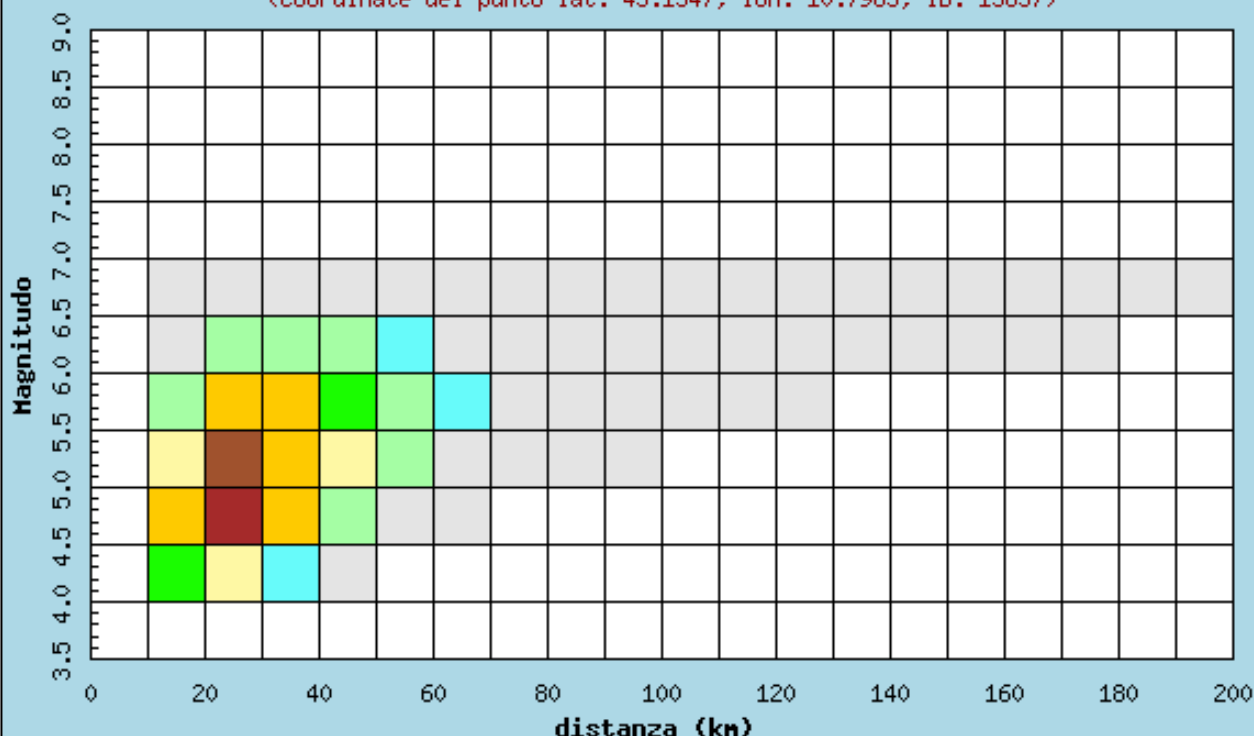
Valori medi terremoto di scenario		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.250	33.300	1.440



Contributo percentuale alla pericolosità'

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
Disaggregazione del valore di $a(g)$ con probabilit  di eccedenza
del 10% in 50 anni

(Coordinate del punto lat: 45.1547, lon: 10.7983, ID: 13837)



Considerando un tempo di ritorno di 475 anni, coerentemente con quanto disposto dalle NTC 2018, si   stimata una magnitudo di **5,250**, la quale rende necessaria la verifica alla liquefazione. Essa   stata eseguita considerando un tempo di ritorno di 475 anni, e sono stati presi come riferimento un'accelerazione orizzontale massima in superficie a_{max} uguale a **0.135 g** e una soggiacenza media della **falda** pari a **1,8 m**. L'indice di liquefazione stimato con il metodo di Andrus e Stokoe (1982) pone il sito in una condizione di **rischio basso**.

7. CONCLUSIONI

L'indagine geologica ha permesso di definire la natura e le caratteristiche dei terreni presenti nell'area esaminata, come descritto nel paragrafo dedicato. I rilievi hanno evidenziato l'assenza di processi geomorfologici in atto e sulla base delle considerazioni e dei calcoli geotecnici svolti nei paragrafi precedenti si traggono le seguenti conclusioni:

- Ricordiamo che, in base alla **D.g.r. 11 luglio 2014 – n. X/2129**, il Comune di **Mantova (MN)** viene classificato in **zona sismica 3**;

- Da una indagine sismica eseguita in prossimità del sito in esame con metodologia **HVSR** ed a seguito dell'**analisi di II livello** è stata assegnata al terreno sito al di **sotto del pc** la **categoria di sottosuolo C** (secondo il D.M. 17.01.2018);
- La **verifica alla liquefazione dei terreni** è stata eseguita utilizzando i dati della prova **MASW** eseguita dallo scrivente ed il metodo semplificato di Andrus e Stokoe (1982) dalle quali risulta rischio molto basso e pertanto si ritiene il sito **non liquefacibile**;
- in sito è indicata (v. PGT) presenza di **acqua di falda a circa 1,8 m da p.c.**
- la situazione geologica del sottosuolo come risultante dalle prove eseguite correlate con dati in possesso dello scrivente in aree limitrofe, induce a ipotizzare la presenza di **formazioni lentiformi** sabbio limose illustrate nella sezione litostratigrafica allegata
- nel complesso la situazione di rischio geologica dell'area in cui si prospetta la **realizzazione di un PL** è così schematizzabile

		PERICOLOSITA'			
		ALTA	MEDIO ALTA	MEDIO BASSA	BASSA
DANNO	MOLTO GRAVE				
	GRAVE				
	MEDIO			IN	
	LEGGERO				CD
<div> <div></div> RISCHIO INACCETTABILE <div></div> RISCHIO CHE NECESSITA DI INTERVENTI MITIGATORI <div></div> RISCHIO ACCETTABILE </div> <div> FR FRANA RM ROTOLAMENTO MASSI CC CROLLO CAVITA' IN INONDAZIONE TS TSUNAMI </div> <div> CD-S ER RV FA </div> <div> CEDIMENTI SUBSIDENZA EROSIONE RISCHIO VULCANICO FAGLIE </div>					

- lo studio illustrato nella presente dovrà essere integrato in fase esecutiva con indagini/valutazioni geologico tecniche di dettaglio

- L'area ricade in zona di possibile esondazione del fiume Mincio (fascia C) per cui il progettista in fase esecutiva dovrà tenere in considerazione i seguenti aspetti
- **spinta idrostatica orizzontale**, definita da $F_h = \frac{1}{2} * g * H^2$ dove F_h = spinta dovuta all'acqua per unità di larghezza della parete, g = peso specifico dell'acqua, H = altezza della parte sommersa della parete esposta, considerando un battente idraulico H temporaneo
- **spinta da galleggiamento**, definita da $F_v = g * A * H$ dove F_v = forza verticale; g = peso specifico dell'acqua; A = area della superficie orizzontale a contatto con l'acqua; H = affondamento della superficie orizzontale rispetto al livello di piena (pelo libero), considerando un battente idraulico H temporaneo tenendo conto che la spinta idraulica conseguente ad un battente sopra falda risulta inefficace
- **spinta idrodinamica**, definita da $F_d = \frac{1}{2} * C_d * \rho * V^2 * A$ dove F_d = spinta dinamica esercitata dalla corrente (N); C_d = coefficiente di drag [*Il coefficiente di drag C_d dipende dalla forma dell'edificio e da altri fattori. Per un normale edificio isolato, C_d può variare fra 0.8 e 2 a seconda della profondità e della direzione della corrente che lo investe, ma può assumere valori molto più alti (anche 5 o 6 volte superiori) in condizioni di vicinanza ad altri oggetti interferenti, quali altri edifici, argini, ostacoli vari*]; ρ = densità dell'acqua (1000 kg/m³); V = velocità della corrente (m/s); A = area della proiezione dell'edificio in direzione perpendicolare alla corrente (mq), prendendo come valore di $V \leq 0,4$ m/s [max. velocità prevista in fascia B]
- **fenomeno di erosione per scalzamento al piede della fondazione**, seppur poco probabile in un regime idraulico quale quello ipotizzabile in sito con $V \leq 0,4$ m/s [max. velocità prevista in fascia B], applicando il metodo semplificato (Liu, et al., 1961 e Grill, 1972- *Engineering Principles and Practices of Retrofitting Flood-Prone Residential Structures* January 1995) per calcolare la profondità di scalzamento proposto dalla FEMA (*Federal Emergency Management Agency*) $S_{max} = d * [1,1 * (a/d)^{0,4} * (V/gd)^{0,5}]^{0,33}$ dove S_{max} = massima profondità di erosione (m); d = tirante a monte della parete (m); a = semi-lunghezza della parete opposta alla corrente (m); v = velocità della corrente (m/s); g = accelerazione di gravità (9,806 m/s²)

Sarginesco (MN), 3/12/2018

IL TECNICO
DOTT. GEOL. PAOLO PASINI



ALLEGATI

TAVOLA 1 Corografia

Comune: Mantova (MN)

progetto: PL ATR.1 **TE BRUNETTI** 1° stralcio

Committente: GIAN ANDREA VIRGILI – LOVATO LILIANA – CUNOCI PASQUALE-RUGGERI ROSANNA-
MALAVASI CHIARA-MALAVASI MARIANGELA-MANTOVANI LINA

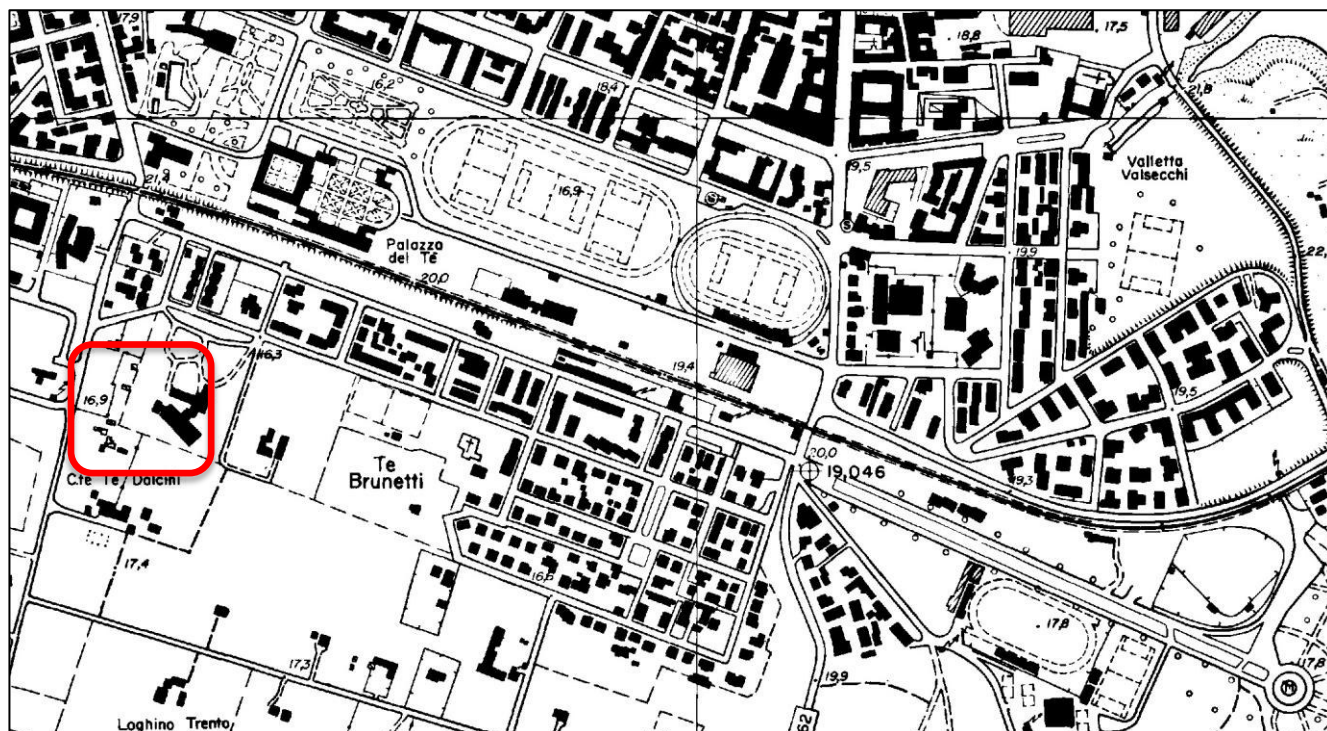
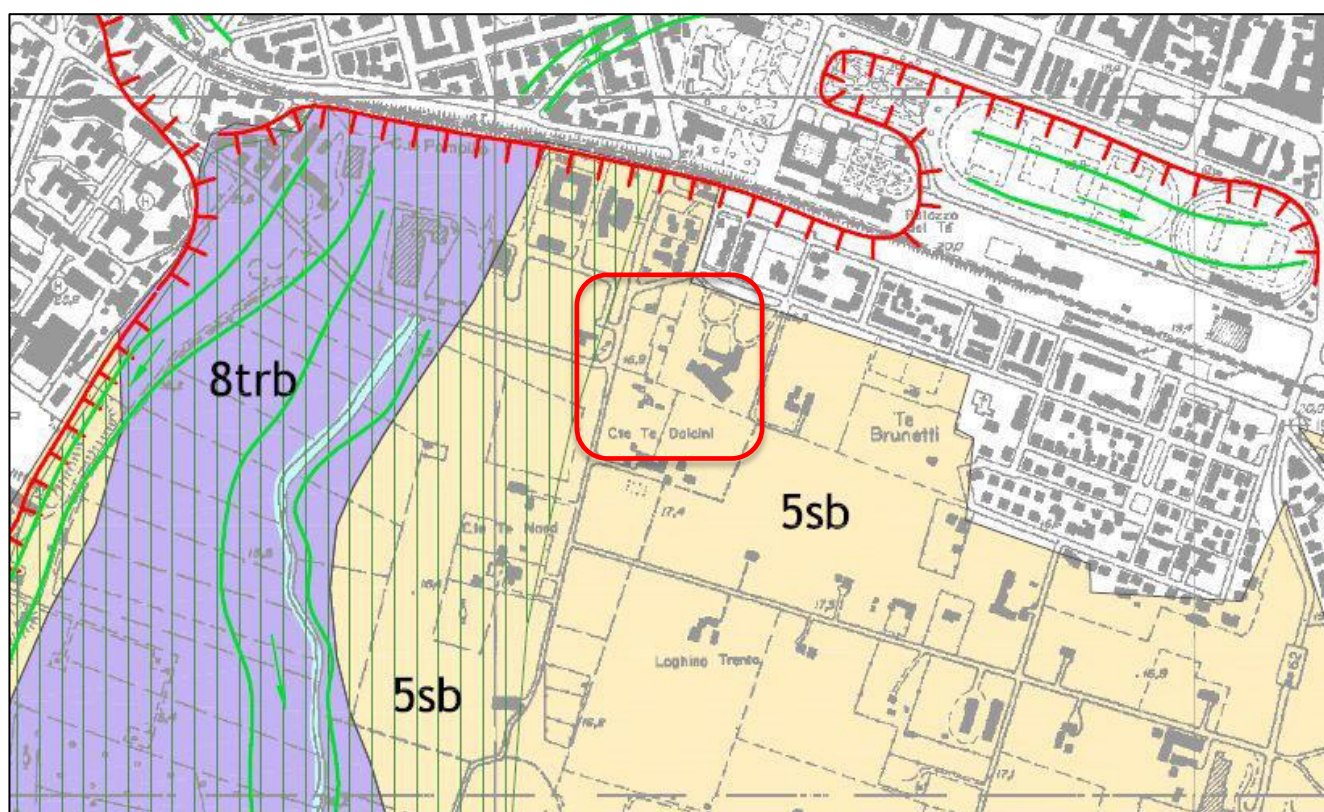


TAVOLA 2 Carta Geologia (estratto dalla componente geologica del P.G.T.)

progetto: PL ATR.1 TE BRUNETTI 1° stralcio

Committente: GIAN ANDREA VIRGILI – LOVATO LILIANA – CUNOCI PASQUALE-RUGGERI ROSANNA-
MALAVASI CHIARA-MALAVASI MARIANGELA-MANTOVANI LINA



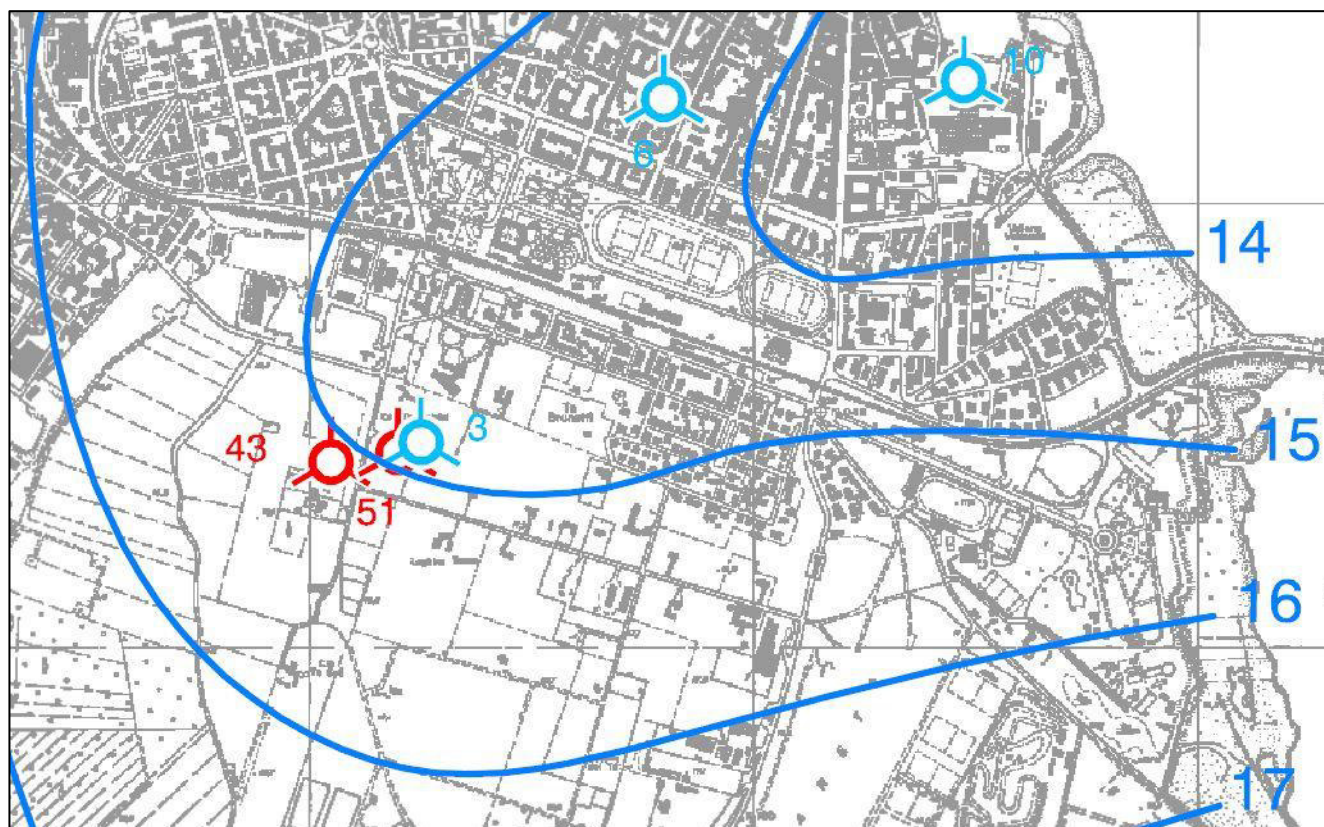
LITOLOGIA DI SUPERFICIE

5gh	Depositi prevalentemente ghiaioso-sabbiosi
5sb	Depositi prevalentemente sabbiosi
5lm	Depositi prevalentemente limosi
5ag	Depositi prevalentemente argillosi
8trb	Depositi prevalentemente torbosi

TAVOLA 3 Carta Piezometrica (estratta dalla componente geologica del P.G.T.)

progetto: PL ATR.1 TE BRUNETTI 1° stralcio

Committente: GIAN ANDREA VIRGILI – LOVATO LILIANA – CUNOCI PASQUALE-RUGGERI ROSANNA-
MALAVASI CHIARA-MALAVASI MARIANGELA-MANTOVANI LINA



LEGENDA IDROGEOLOGICA



Pozzo della rete di controllo del chimismo delle acque sotterranee con numero d'ordine



Pozzo della rete di controllo della piezometria con numero d'ordine
(il simbolo * indica che il pozzo è utilizzato anche per il controllo del chimismo)

10

Numerazione progressiva di pozzi esistenti nel Comune di Mantova

2B

Numerazione progressiva di pozzi esistenti nei Comuni di Bagnolo San Vito (B),
Borgoforte (Bo), Curtatone (C), Marmirolo (M), Porto Mantovano (P) e Viriglio (V)



Isopleze riferite al l.m. con equidistanza di 1 m; rilievo luglio 2003

TAVOLA 4 Carta di Fattibilità Geologica (estratto dalla componente geologica del P.G.T.)

progetto: PL ATR.1 **TE BRUNETTI** 1° stralcio

Committente: GIAN ANDREA VIRGILI – LOVATO LILIANA – CUNOCI PASQUALE-RUGGERI ROSANNA-
MALAVASI CHIARA-MALAVASI MARIANGELA-MANTOVANI LINA



LEGENDA


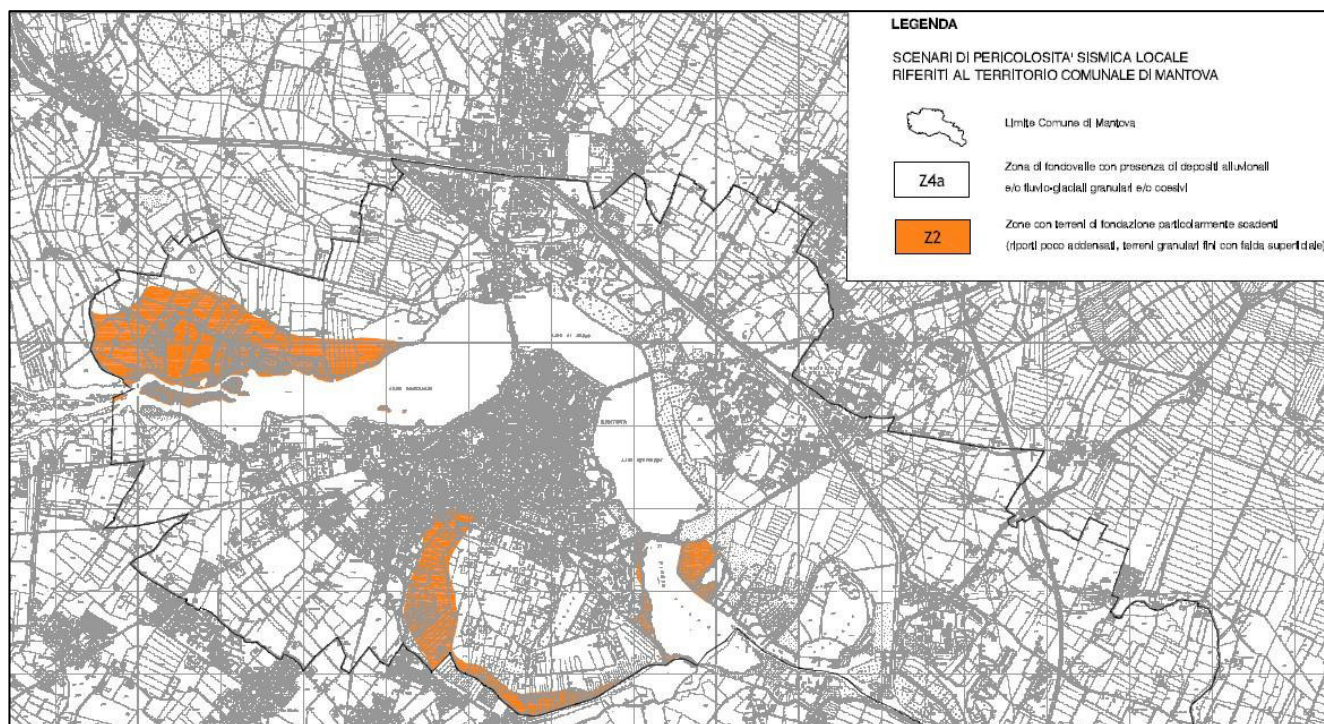
CLASSE 2	2 a	FATTIBILITÀ CON MODESTE LIMITAZIONI
	2 b	FATTIBILITÀ CON MODESTE LIMITAZIONI
CLASSE 3	3	FATTIBILITÀ CON CONSISTENTI LIMITAZIONI
CLASSE 4	4	FATTIBILITÀ CON GRAVI LIMITAZIONI
CLASSE 4		FATTIBILITÀ CON GRAVI LIMITAZIONI (FASCE DI RISPETTO DEI CORSI D'ACQUA)

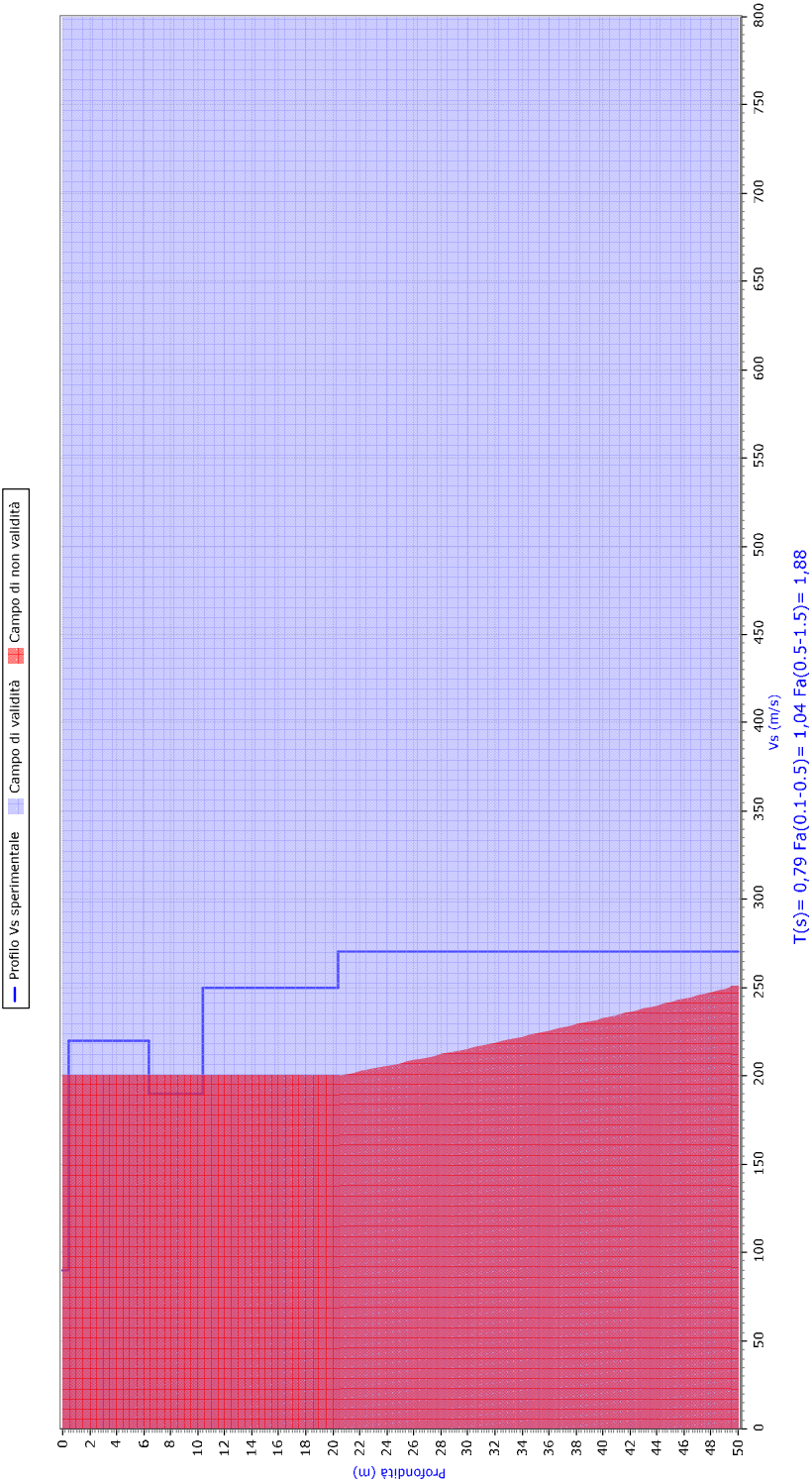
TAVOLA 5 Carta di Pericolosità Sismica Locale (estratta dalla componente geologica del P.G.T.)

progetto: PL **ATR.1 TE BRUNETTI 1°** stralcio

Committente: GIAN ANDREA VIRGILI – LOVATO LILIANA – CUNOCI PASQUALE-RUGGERI ROSANNA-
MALAVASI CHIARA-MALAVASI MARIANGELA-MANTOVANI LINA

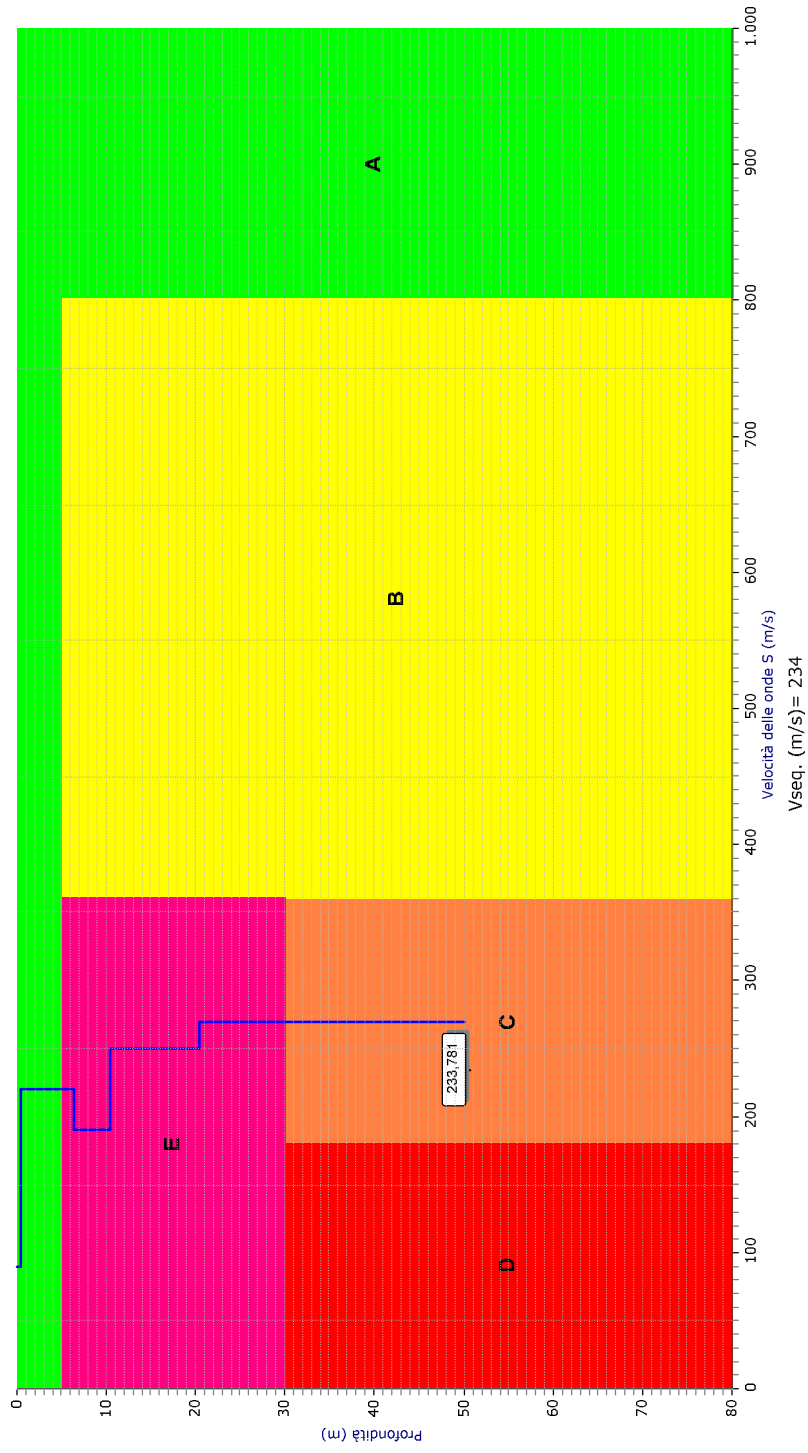


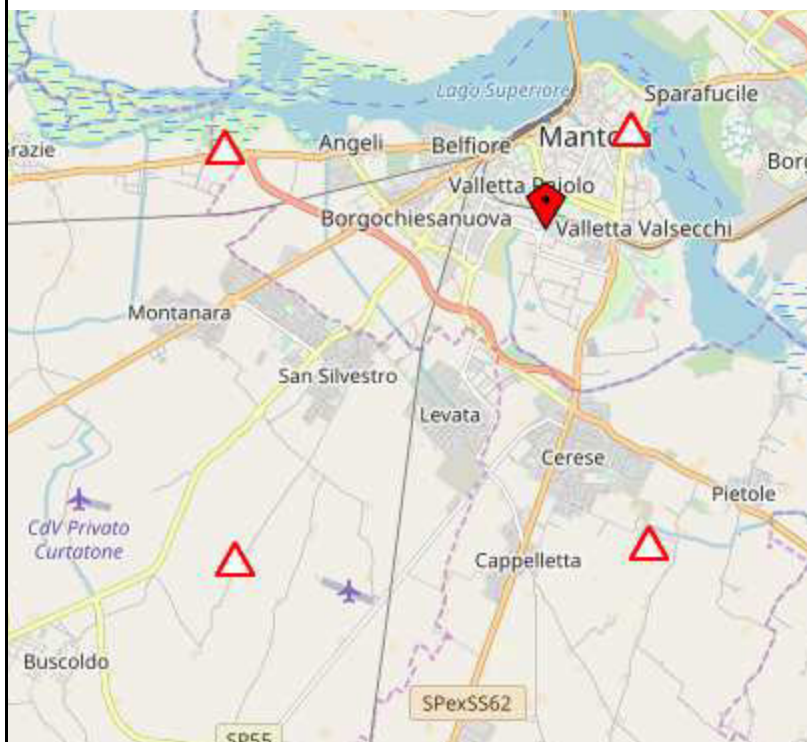
Amplificazione sismica stratigrafica con il criterio della Regione Lombardia



Classificazione del sito sec. NTC2018

— Profilo velocità onde S (m/s) ▼ Classe sito con Vs equivalente





Descrizione	Valore
Sistema:	WGS84
Latitudine°	45,145268
Longitudine°	10,783127
Stato limite	S.L.V.
Vita nominale opera (anni)	50
Classe opera	II
Coef.di smorzamento %	5,0
Fattore di struttura orizz.le q	3
Fattore di struttura vert.le qv	1,5
Categoria sottosuolo	C
Categoria topografica	T1
Altezza totale dell'opera (m):	0
Tipo opera:	Altro
Contesto geotecnico:	Fondazione
ID nodo 1	13836
ID nodo 2	13837
ID nodo 3	14058
ID nodo 4	14059

Legenda:	
agh base:	Accelerazione sismica orizzontale di base;
F0:	Max fattore di amplificazione spettrale orizzontale;
Tc*:	Periodo inizio tratto a velocità costante;
agv base:	Accelerazione sismica verticale di base;
Fv:	Max fattore di amplificazione spettrale verticale;
Tr:	Tempo di ritorno;
Pr:	Probabilità di superamento;
agh max:	Accelerazione sismica orizzontale in superficie;
agv max:	Accelerazione sismica verticale in superficie;
khs:	Coefficiente sismico orizzontale del terreno;
kvs:	Coefficiente sismico verticale del terreno;
beta:	Coefficiente di riduzione di agh max.
khi:	Coefficiente sismico orizzontale dell'opera;
kvi:	Coefficiente sismico verticale dell'opera;
T:	Periodo di risonanza dell'opera;

Stato	agh base(g)	F0	Tc*	agv base(g)	Fv	Tr(anni)	Pr(%)	agh max(g)	agv max(g)	khs	kvs	beta	khi	kvi	T(s)
S.L.C.	0,1139	2,58	0,31	0,1139	1,18	975	0,05	0,1708	0,1139	0,041	0,020	0,24			0,0
S.L.V.	0,0894	2,57	0,31	0,0894	1,04	475	0,1	0,1342	0,0894	0,027	0,013	0,20			0,0
S.L.D.	0,0398	2,59	0,25	0,0398	0,7	50	0,63	0,0597	0,0398	0,012	0,006	0,20			0,0
S.L.O.	0,0337	2,54	0,22	0,0337	0,63	30	0,81	0,0505	0,0337	0,010	0,005	0,20			0,0

Parametri sismici secondo le NTC2018



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMI COLPI / RESISTENZA

DIN**1**

riferimento

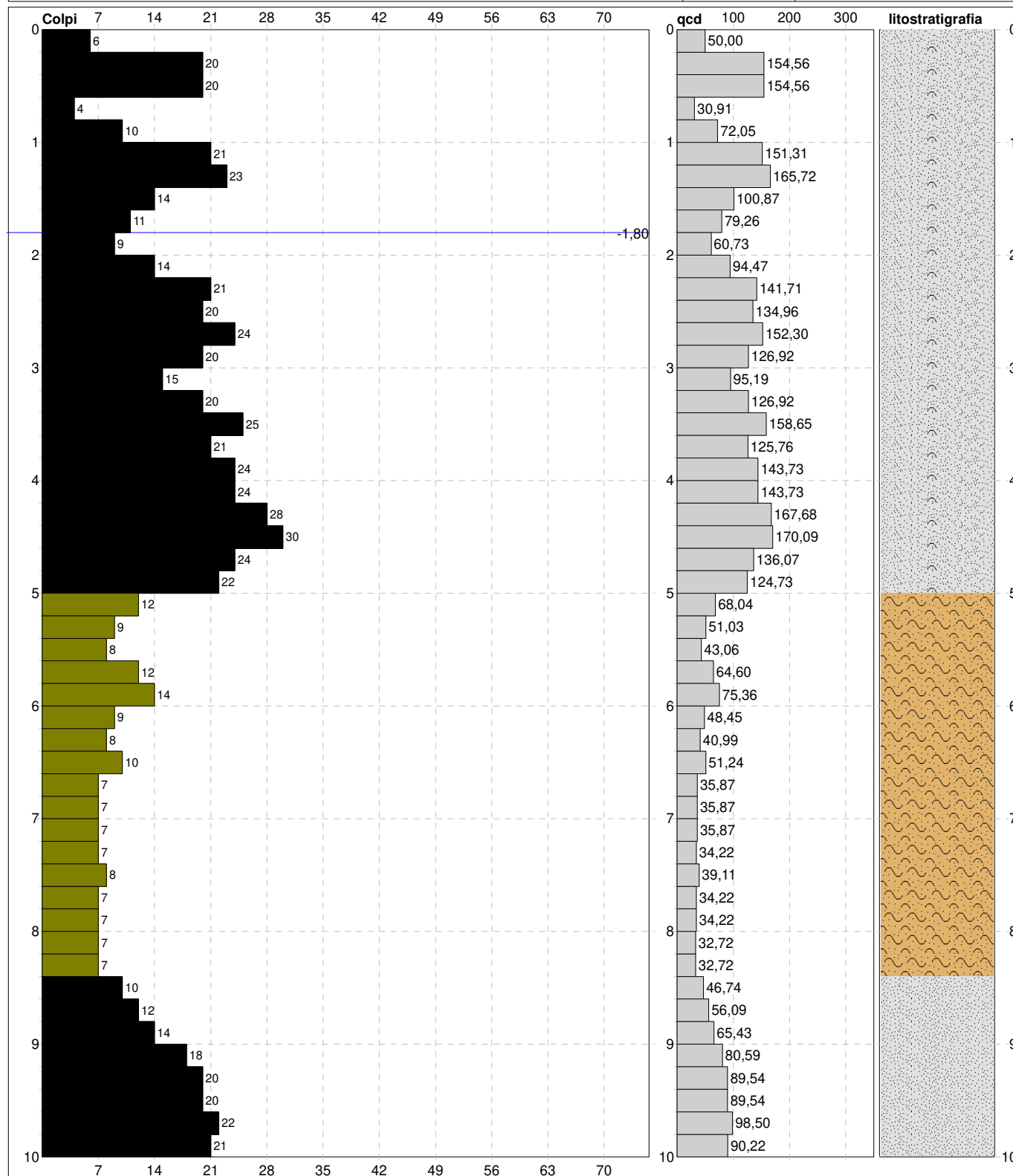
007-2018

certificato n°

n° verb. accett.

Committente: **Vrigili-Lovato-Cunoci-Malavasi-Ruggeri-Mantovani**Cantiere: **ATR 1 TE BRUNETTI**Località: **Te Brunetti - quartiere di MN**U.M.: **kg/cm²**Scala: **1:50**Pagina: **1**

Elaborato:

Data esec.: **02/12/2018**Data certificato: **02/12/2018**Quota ass.: **Piano Campagna**Falda: **-1,80 m** da p.c.

Penetrometro: DPH50
Massa battente: 50,00 m
Altezza caduta: 0,50 m
Avanzamento: 0,20 m

Litologia: Personalizzata
Responsabile:
Assistente:

Preforo: m
Corr.astine: kg/ml
Cod.ISTAT: 020030

FON072



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMI COLPI / RESISTENZA

DIN**2**

riferimento

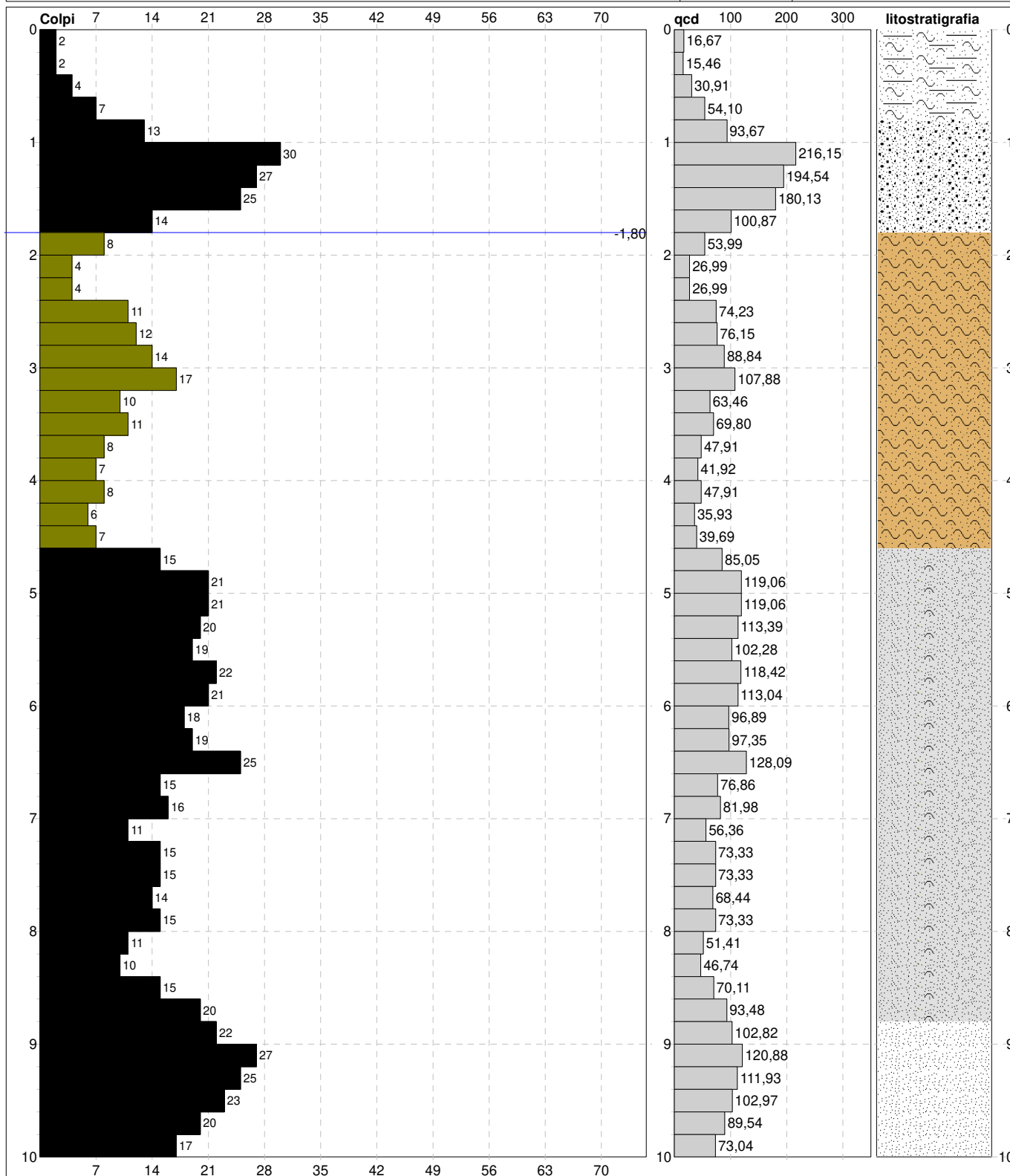
007-2018

certificato n°

n° verb. accett.

Committente: **Virgili-Lovato-Cunoci-Malavasi-Ruggeri-Mantovani**Cantiere: **ATR 1 TE BRUNETTI**Località: **Te Brunetti - quartiere di MN**U.M.: **kg/cm²**Scala: **1:50**Pagina: **1**

Elaborato:

Data esec.: **02/12/2018**Data certificato: **02/12/2018**Quota ass.: **Piano Campagna**Falda: **-1,80 m da p.c.**Penetrometro: **DPH50**Massa battente: **50,00 m**Altezza caduta: **0,50 m**Avanzamento: **0,20 m**Litologia: **Personalizzata**

Responsabile:

Assistente:

Preforo: **m**Corr.astine: **kg/ml**Cod.ISTAT: **020030**

FON072



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

SUDDIVISIONE GEOTECNICA

DIN**1**

riferimento

007-2018

certificato n°

n° verb. accett.

Committente: **Virgili-Lovato-Cunoci-Malavasi-Ruggeri-Mantovani**Cantiere: **ATR 1 TE BRUNETTI**Località: **Te Brunetti - quartiere di MN**U.M.: **kg/cm²**

Data esec.: 02/12/2018

Pagina: 1

Data certificato: 02/12/2018

Elaborato:

Falda: -1,80 m da p.c.

PARAMETRI GENERALI

n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	rp kg/cm²	qc kg/cm²	Vs m/sec	G kg/cm²	Q kg/cm²	natura	descrizione
1	0,00 : 5,00	Media	19	1,06	20	122,52	126,87	149	132	6,13	Granulare	Sabbia fine, deb. limosa, grigia
2	5,00 : 8,40	Media	9	1,06	9	44,56	39,60	157	70	2,23	Coes./Gran.	Limo sabbioso
3	8,40 : 10,00	Media	17	1,06	18	77,08	76,67	189	121	3,85	Granulare	Sabbia, grigia

NATURA COESIVA

NATURA GRANULARE

n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kg/cm²	Ysat t/m³	W %	e -	Mo kg/cm²	Dr %	ϕ °	E' kg/cm²	Ysat t/m³	Yd t/m³	Mo kg/cm²	Liq. -
1	0,00 : 5,00	20	---	---	---	---	---	50	33	345	1,99	1,59	292	---
2	5,00 : 8,40	9	0,56	1,89	34,00	0,92	44	32	30	261	1,92	1,48	173	---
3	8,40 : 10,00	18	---	---	---	---	---	47	32	330	1,98	1,57	275	---



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

SUDDIVISIONE GEOTECNICA

DIN**2**

riferimento

007-2018

certificato n°

n° verb. accett.

Committente: **Vrigili-Lovato-Cunoci-Malavasi-Ruggeri-Mantovani**Cantiere: **ATR 1 TE BRUNETTI**Località: **Te Brunetti - quartiere di MN**U.M.: **kg/cm²**

Data esec.: 02/12/2018

Pagina: 1

Data certificato: 02/12/2018

Elaborato:

Falda: -1,80 m da p.c.

PARAMETRI GENERALI

n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	rp kg/cm²	qc kg/cm²	Vs m/sec	G kg/cm²	Q kg/cm²	natura	descrizione
1	0,00 : 0,80	Media	4	1,06	4	29,29	20,29	37	73	1,46	Coesiva	Argilla limosa sabbiosa
2	0,80 : 1,80	Media	22	1,06	23	157,07	157,07	135	147	7,85	Granulare	Sabbia e Ghiaia
3	1,80 : 4,60	Media	9	1,06	10	57,26	51,81	139	76	2,86	Coes./Gran.	Limo sabbioso
4	4,60 : 8,80	Media	17	1,06	18	88,48	87,35	177	121	4,42	Granulare	Sabbia fine, deb. limosa, grigia
5	8,80 : 10,00	Media	22	1,06	24	100,20	99,99	199	153	5,01	Granulare	Sabbia fine

NATURA COESIVA

NATURA GRANULARE

n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kg/cm²	Ysat t/m³	W %	e -	Mo kg/cm²	Dr %	ϕ °	E' kg/cm²	Ysat t/m³	Yd t/m³	Mo kg/cm²	Liq. -
1	0,00 : 0,80	4	0,25	1,80	41,67	1,13	30	---	---	---	---	---	---	---
2	0,80 : 1,80	23	---	---	---	---	---	55	34	369	2,01	1,62	318	---
3	1,80 : 4,60	10	0,63	1,90	33,04	0,89	47	35	30	268	1,93	1,50	184	---
4	4,60 : 8,80	18	---	---	---	---	---	47	32	330	1,98	1,57	275	---
5	8,80 : 10,00	24	---	---	---	---	---	56	34	376	2,01	1,63	326	---



Geologo Paolo Pasini
Via teatrino n. 6 - 46014 Sarginesco (MN)
cell. 3478374658 - email: persaulo@gmail.com

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA LETTURE DI CAMPAGNA PUNTA E/O TOTALE

DIN**1**

riferimento

007-2018

certificato n°

n° verb. accett.

Committente: **Virgili-Lovato-Cunoci-Malavasi-Ruggeri-Mantovani**Cantiere: **ATR 1 TE BRUNETTI**Località: **Te Brunetti - quartiere di MN**U.M.: **kg/cm²**

Data esec.: 02/12/2018

Pagina: 1

Data certificato: 02/12/2018

Elaborato:

Falda: -1,80 m da p.c.

H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm²	H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm²
0,20	1	6		50,00					
0,40	1	20		154,56					
0,60	2	20		154,56					
0,80	2	4		30,91					
1,00	2	10		72,05					
1,20	2	21		151,31					
1,40	3	23		165,72					
1,60	3	14		100,87					
1,80	3	11		79,26					
2,00	3	9		60,73					
2,20	3	14		94,47					
2,40	4	21		141,71					
2,60	4	20		134,96					
2,80	4	24		152,30					
3,00	4	20		126,92					
3,20	5	15		95,19					
3,40	5	20		126,92					
3,60	5	25		158,65					
3,80	5	21		125,76					
4,00	5	24		143,73					
4,20	6	24		143,73					
4,40	6	28		167,68					
4,60	6	30		170,09					
4,80	6	24		136,07					
5,00	7	22		124,73					
5,20	7	12		68,04					
5,40	7	9		51,03					
5,60	7	8		43,06					
5,80	7	12		64,60					
6,00	8	14		75,36					
6,20	8	9		48,45					
6,40	8	8		40,99					
6,60	8	10		51,24					
6,80	9	7		35,87					
7,00	9	7		35,87					
7,20	9	7		35,87					
7,40	9	7		34,22					
7,60	9	8		39,11					
7,80	10	7		34,22					
8,00	10	7		34,22					
8,20	10	7		32,72					
8,40	10	7		32,72					
8,60	11	10		46,74					
8,80	11	12		56,09					
9,00	11	14		65,43					
9,20	11	18		80,59					
9,40	11	20		89,54					
9,60	12	20		89,54					
9,80	12	22		98,50					
10,00	12	21		90,22					

H = profondità

qcd = resistenza dinamica punta

L1 = prima lettura (colpi punta)

Asta = numero di asta impiegata

L2 = seconda lettura (colpi rivestimento)

FON072

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820



Geologo Paolo Pasini
Via teatrino n. 6 - 46014 Sarginesco (MN)
cell. 3478374658 - email: persaulo@gmail.com

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA LETTURE DI CAMPAGNA PUNTA E/O TOTALE

DIN**2**

riferimento

007-2018

certificato n°

n° verb. accett.

Committente: **Virgili-Lovato-Cunoci-Malavasi-Ruggeri-Mantovani**Cantiere: **ATR 1 TE BRUNETTI**Località: **Te Brunetti - quartiere di MN**U.M.: **kg/cm²**

Data esec.: 02/12/2018

Pagina: 1

Data certificato: 02/12/2018

Elaborato:

Falda: -1,80 m da p.c.

H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm²	H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd kg/cm²
0,20	1	2		16,67					
0,40	1	2		15,46					
0,60	2	4		30,91					
0,80	2	7		54,10					
1,00	2	13		93,67					
1,20	2	30		216,15					
1,40	3	27		194,54					
1,60	3	25		180,13					
1,80	3	14		100,87					
2,00	3	8		53,99					
2,20	3	4		26,99					
2,40	4	4		26,99					
2,60	4	11		74,23					
2,80	4	12		76,15					
3,00	4	14		88,84					
3,20	5	17		107,88					
3,40	5	10		63,46					
3,60	5	11		69,80					
3,80	5	8		47,91					
4,00	5	7		41,92					
4,20	6	8		47,91					
4,40	6	6		35,93					
4,60	6	7		39,69					
4,80	6	15		85,05					
5,00	7	21		119,06					
5,20	7	21		119,06					
5,40	7	20		113,39					
5,60	7	19		102,28					
5,80	7	22		118,42					
6,00	8	21		113,04					
6,20	8	18		96,89					
6,40	8	19		97,35					
6,60	8	25		128,09					
6,80	9	15		76,86					
7,00	9	16		81,98					
7,20	9	11		56,36					
7,40	9	15		73,33					
7,60	9	15		73,33					
7,80	10	14		68,44					
8,00	10	15		73,33					
8,20	10	11		51,41					
8,40	10	10		46,74					
8,60	11	15		70,11					
8,80	11	20		93,48					
9,00	11	22		102,82					
9,20	11	27		120,88					
9,40	11	25		111,93					
9,60	12	23		102,97					
9,80	12	20		89,54					
10,00	12	17		73,04					

H = profondità

qcd = resistenza dinamica punta

L1 = prima lettura (colpi punta)

Asta = numero di asta impiegata

L2 = seconda lettura (colpi rivestimento)

FON072

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820



LEGENDA SPECIFICHE TECNICHE PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

DIVERSE TIPOLOGIE DI PENETROMETRI DINAMICI

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi δ , misurando il numero di colpi N necessari.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti :

- peso massa battente M
- altezza libera caduta H
- punta conica : diametro base cono D , area base A (angolo di apertura α)
- avanzamento (penetrazione δ)
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici) .

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella più sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente) :

DIVERSE TIPOLOGIE DI PENETROMETRI DINAMICI Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici

Tipo	Sigla di riferimento	massa battente	prof.max indagine
Leggero	DPL (Light)	$M \div 10$	8 m
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25 m
Pesante	DPH (Heavy)	$40 < M < 60$	25 m
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	$M > 60$	> 25 m

Per la visione delle caratteristiche tecniche dei penetrometri, si rimanda alla sezione EDITOR PENETROMETRI.

I PENETROMETRI dinamici in uso in Italia risultano essere i seguenti (non rientranti però nello Standard ISSMFE) :

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
massa battente M = 30 kg, altezza di caduta H = 0.20 m, avanzamento $\delta \approx 10$ cm, punta conica ($\alpha \approx 60-90^\circ$),
diametro D = 35.7 mm, area base cono A = 10 cm² rivestimento / fango bentonitico : talora previsto
- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
massa battente M = 20 kg, altezza di caduta H = 0.20 m, avanzamento $\delta \approx 10$ cm, punta conica ($\alpha \approx 60-90^\circ$),
diametro D = 35.7 mm, area base cono A = 10 cm² rivestimento / fango bentonitico : talora previsto
- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SCPT) (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)
massa battente M = 73 kg, altezza di caduta H = 0.75 m, avanzamento $\delta \approx 30$ cm, punta conica ($\alpha \approx 60^\circ$),
diametro D = 50.8 mm, area base cono A = 20.27 cm² rivestimento : previsto secondo precise indicazioni
- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)
massa battente M = 63.5 kg, altezza caduta H = 0.75 m, avanzamento $\delta \approx 20-30$ cm, punta conica ($\alpha \approx 60^\circ$),
diametro D = 50.5 mm , area base cono A = 20 cm², rivestimento / fango bentonitico : talora previsto .



LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI SPECIFICHE TECNICHE

VALUTAZIONI STATISTICHE - CORRELAZIONI N / Nspt

Il sottosuolo indagato viene suddiviso in strati .

Prima definizione della profondità di ciascuno strato , il programma effettua (con riferimento al numero di colpi N) una serie di elaborazioni statistiche dei dati in memoria, valutando :

valore minimo m , massimo Max , media M, scarto quadratico medio s, valore medio/minimo $(M+m)^{1/2}$
media-scarto quadratico medio (M-s)

Ciò considerato , si potrà adottare il valore caratteristico VCA per N più adatto , a seconda delle esigenze, impostando uno dei valori elaborati sopracitati o un valore a scelta.

Successivamente , con riferimento al valore caratteristico assunto per il numero di colpi N , si potrà avviare un tentativo di correlazione con il numero di colpi Nspt della prova SPT : $Nspt = \beta N$ [ove per il coefficiente β si potrà introdurre un valore sperimentale a piacere (vedi note illustrative), ovvero il coefficiente teorico di energia β_t fornito dal programma] .

VALUTAZIONE RESISTENZA DINAMICA E COEFFICIENTE DI ENERGIA

La resistenza alla punta dinamica Rpd viene comunemente valutata in base alla formula Olandese :

$$Rpd = (M^2 H) / [A e (M + P)] \text{ ove :}$$

N = n. colpi per avanzamento δ Rpd = resist.dinam.punta [area A] M = massa battente [altezza caduta H]
e = avanzamento per colpo = δ/N P = peso tot. sistema battuta e aste ,
ovvero in base alla formula semplificata :

$$Rpd' = (M H) / (A e) = (M H) N / (A \delta) = Q N ,$$

ove : $Q = (M H) / (A \delta)$ = energia specifica teorica per colpo .

Ciò considerato, volendo riferire la prova in esame (N,Q) alla prova SPT (Nspt,Qspt),

dall'uguaglianza dei valori di resistenza dinamica relativi alle due prove, si ricava teoricamente :

$$Rpd' = Q N = Qspt Nspt \Rightarrow Nspt = N [Q/Qspt] = \beta_t N ,$$

ove il rapporto $\beta_t = Q/Qspt$ viene definito coefficiente teorico di energia della prova in esame ,
relativamente alla prova SPT ($Qspt = 7.83 \text{ kg/cm}^2 = 0.768 \text{ MPa}$) per $M = 63.5 \text{ kg}$, $H = 0.75 \text{ m}$, $D = 50.8 \text{ mm}$,
 $A = 20.27 \text{ cm}^2$, $d = 0.30 \text{ m}$) .

Le scelte litologiche vengono effettuate in base al valore del numero dei colpi SPT equivalente prevedendo altresì la possibilità di casi dubbi :

Nspt -> Dr DENSITA' RELATIVA (Terreni granulari) - TERZAGHI & PECK (1948-1967)

Nspt -> ϕ' ANGOLO DI ATTRITO EFFICACE (Terreni granulari) - PECK-HANSON-THORBURN (1953-1974)

Nspt -> E' MODULO DI DEFORMAZIONE DRENATO (Terreni granulari) - D'APPOLONIA e altri (1970)

Nspt -> Cu COESIONE NON DRENATA (Terreni coesivi) - TERZAGHI & PECK (1948-1967)

Nspt -> Y PESO DI VOLUME

TERRENI GRANULARI (Terzaghi-Peck 1948/1967) [e.max = 1 e.min = 1/3 G = 2.65]

TERRENI COESIVI (Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967) [p.specifico G = 2.70]

Rpd -> Qd CAPACITA' PORTANTE DINAMICA Herminier, Tchong & Lebegue(1965)

F.L. = accelerazione al suolo che può causare liquefazione (terreni granulari)

(g = accelerazione gravità)(Seed & Idriss 1971 - Sirio 1976) [correlazioni : (Amax/g)]

Vs = velocità di propagazione delle onde sismiche (Sycora e Stokoe 1983)



Geologo Paolo Pasini
Via teatrino n. 6 - 46014 Sarginesco (MN)
cell. 3478374658 - email: persaulo@gmail.com

PROVE PENETROMETRICHE MECCANICHE / ELETTRICHE

SCHEMA PENETROMETRO

riferimento **007-2018**

n° verb. accett.

Committente: **Vrigili-Lovato-Cunoci-Malavasi-Ruggeri-Mantovani**

Cantiere: **ATR 1 TE BRUNETTI**

Località: **Te Brunetti - quartiere di MN**

DPH50

GeoDeepDrill

Sigla	DPH50	Nominativo o sigla dello strumento
Beta eff.	1,20	Coefficiente Effettivo suggerito dal costruttore del penetrometro
M(massa)	50 kg	Massa del Maglio Battente agente sulla batteria di aste
H(maglio)	0,50 m	Altezza di caduta o corsa del maglio (toll. da 0.01m a 0.02m)
L(aste)	0,90 m	Lunghezza delle aste utilizzabili, variabile da 1.00m a 2.00m (toll. da 0.1% a 0.2%)
M(aste)	4,35 kg	Peso al metro lineare delle aste (N.B. indipendente dalla lunghezza delle aste)
M(sistema)		Massa del complesso asta di guida - testa di battuta
A(punta)	15,00 cm²	Area della superficie laterale del cono della punta
Alfa(punta)	60 °	Angolo di apertura della punta conica variabile tra 60° e 90°
Prf.(1°asta)	0,80 m	Profondità di giunzione della prima asta infissa
N	0,20 m	Penetrazione standard, tratto di penetrazione per quale sono necessari Nx colpi
Rivest.		Previsto uso di rivestimento delle aste o uso di fanghi
ø(punta)	51,00 mm	Diametro della punta conica integra, cioè non soggetta ad usura (toll. da 0.3 a 0.5mm)
MaxCE%		Massima compressione elastica consentita rispetto alla penetrazione
L/DM		Rapporto tra la lunghezza e il diametro del maglio di battuta
D(tb)		Diametro della testa di battuta.
DEV(a)[<5m]		Deviazione massima delle aste dalla verticale nei primi 5.00 metri
DEV(a)[>5m]		Deviazione massima delle aste dalla verticale oltre i 5.00 metri
ECCmax(a)		Massima eccentricità consentita alle aste
Dest(aste)		Diametro esterno delle aste (toll. max 0.2mm)
Dint(aste)		Diametro interno delle aste cave (toll. da 0.2mm a 0.3mm)
Dmin(punta)		Minimo diametro consentito per la punta conica usurata
hcl(punta)		Altezza del cilindro alla base del cono della punta (toll. da 1.00mm a 2.00mm)
Ras(punta)		Rastremazione del cono nella parte alta
Hc(punta)		Altezza della parte conica della punta non soggetta ad usura (toll. da 0.1mm a 0.4mm)
RangeCP		Massimo numero di colpi utile
Spinta	t	Spinta nominale strumento

UBICAZIONE DELLE PROVE UTILIZZATE NELLA COSTRUZIONE DELLA SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA



W

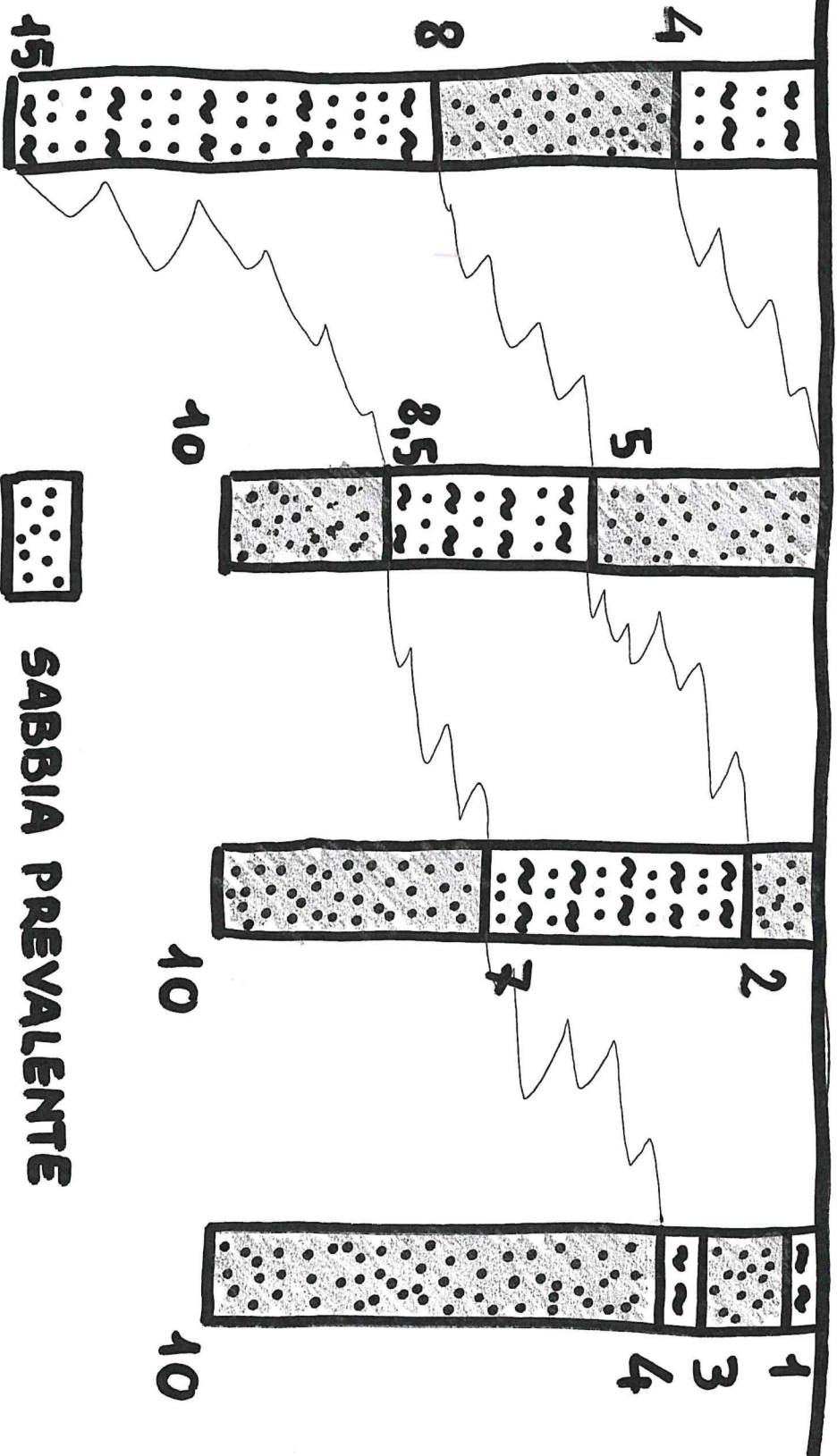
E

CPT1

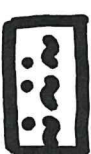
DPS1

DPS2

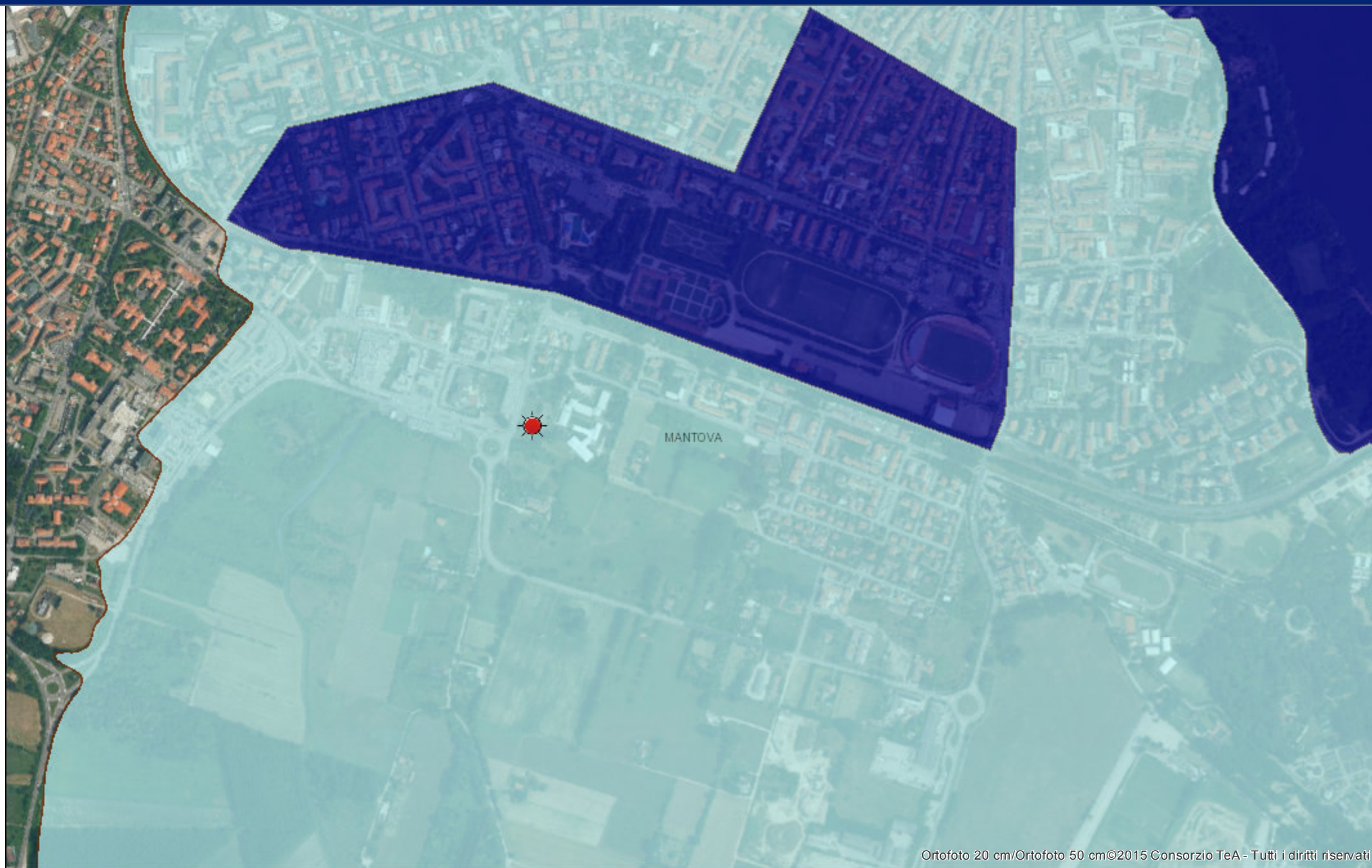
CPT4



SABBIA PREVALENTE



LIMO SABBIOSO



Ortofoto 20 cm/Ortofoto 50 cm©2015 Consorzio TeA - Tutti i diritti riservati

Pericolosità RP scenario frequente - H



Pericolosità RSCM scenario frequente - H



Pericolosità RSP scenario frequente - H



Pericolosità ACL scenario frequente - H



Pericolosità RP scenario poco frequente - M



Pericolosità RSCM scenario poco frequente - M



Pericolosità RSP scenario poco frequente - M



Pericolosità ACL scenario poco frequente - M



Pericolosità RP scenario raro - L

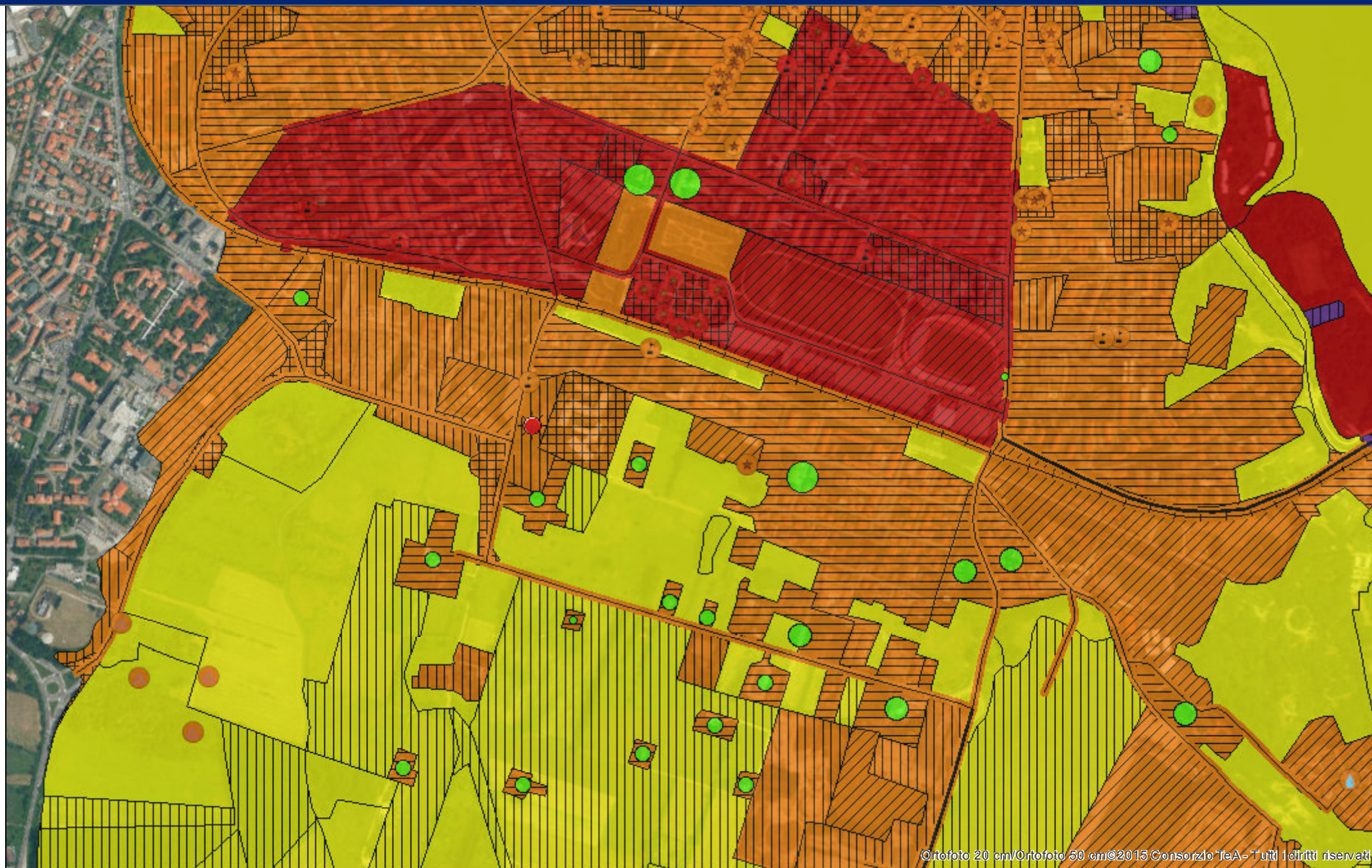


Pericolosità RSCM scenario raro - L



Pericolosità ACL scenario raro - L





COMUNI 2015



REGIONE 2015



Aree a rischio significativo - ARS



ARS regionale



ARS di bacino

Categorie di elementi esposti - puntiformi



Aree estrattive attive



Aree per l'estrazione di acqua ad uso idropotabile



Beni culturali



Depuratori



Dighe



Impianti individuati nell'allegato I del D.L. 59/2005



Inceneritori



Insedimenti ospedalieri



Stazioni ferroviarie



Stazioni metropolitana



Scuole



Siti contaminati

Rischio max degli elementi esposti



R1



R2



R3






R4





Numero abitanti







1- 10 abitanti

-  11 - 100 abitanti
-  101 - 1000 abitanti
-  > 1000 abitanti







Categorie di elementi esposti - lineari

-  Ferrovie
-  Strade principali
-  Strade secondarie
-  Metropolitane

Rischio degli elementi lineari

-  R1
-  R2
-  R3
-  R4

Categorie di elementi esposti - poligonali

-  Zone urbanizzate
-  Attività produttive
-  Strutture strategiche e sedi di attività collettive
-  Infrastrutture strategiche
-  Insediamenti produttivi o impianti tecnologici, potenzialmente pericolosi dal punto di vista ambientale e aree protette
-  Beni ambientali, storici e culturali di rilevante interesse

Rischio molto elevato - R4



Rischio elevato - R3



Rischio medio - R2



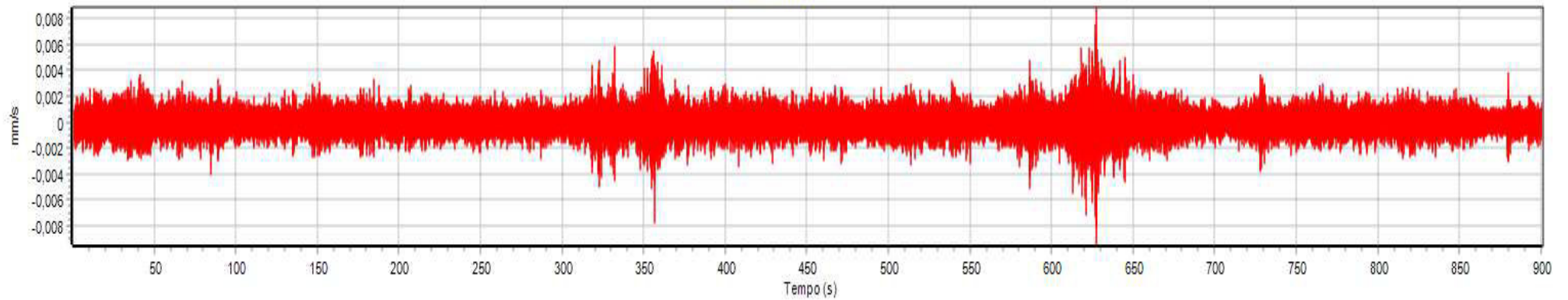
Rischio moderato - R1



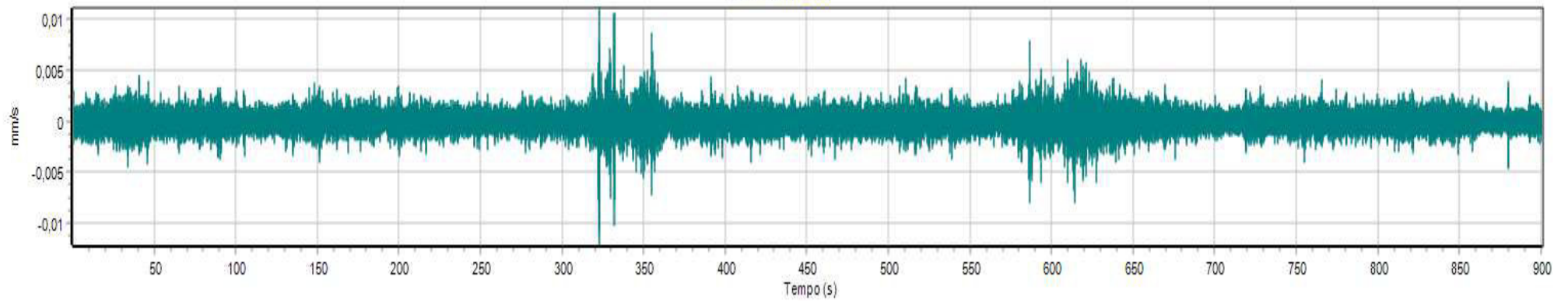
INDAGINE SISMICA HVSR

Acquisizione di campagna HVSr V1

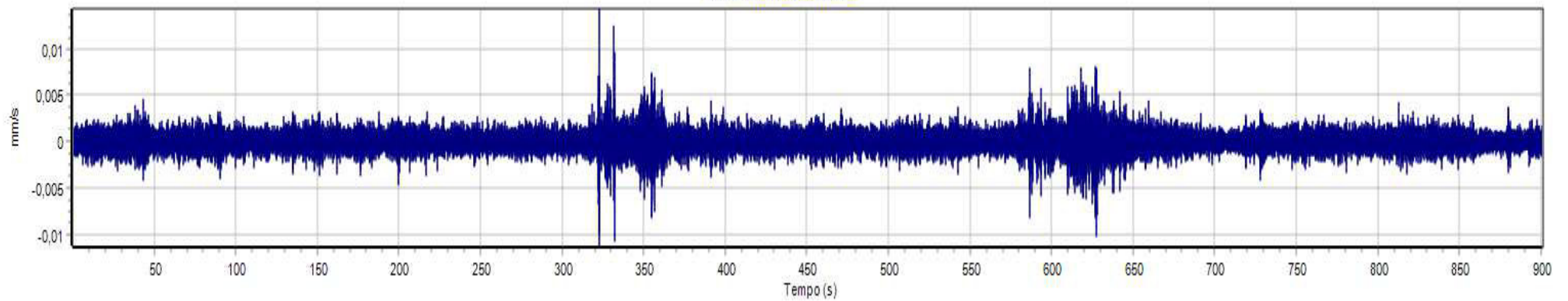
COMPONENTE E-W

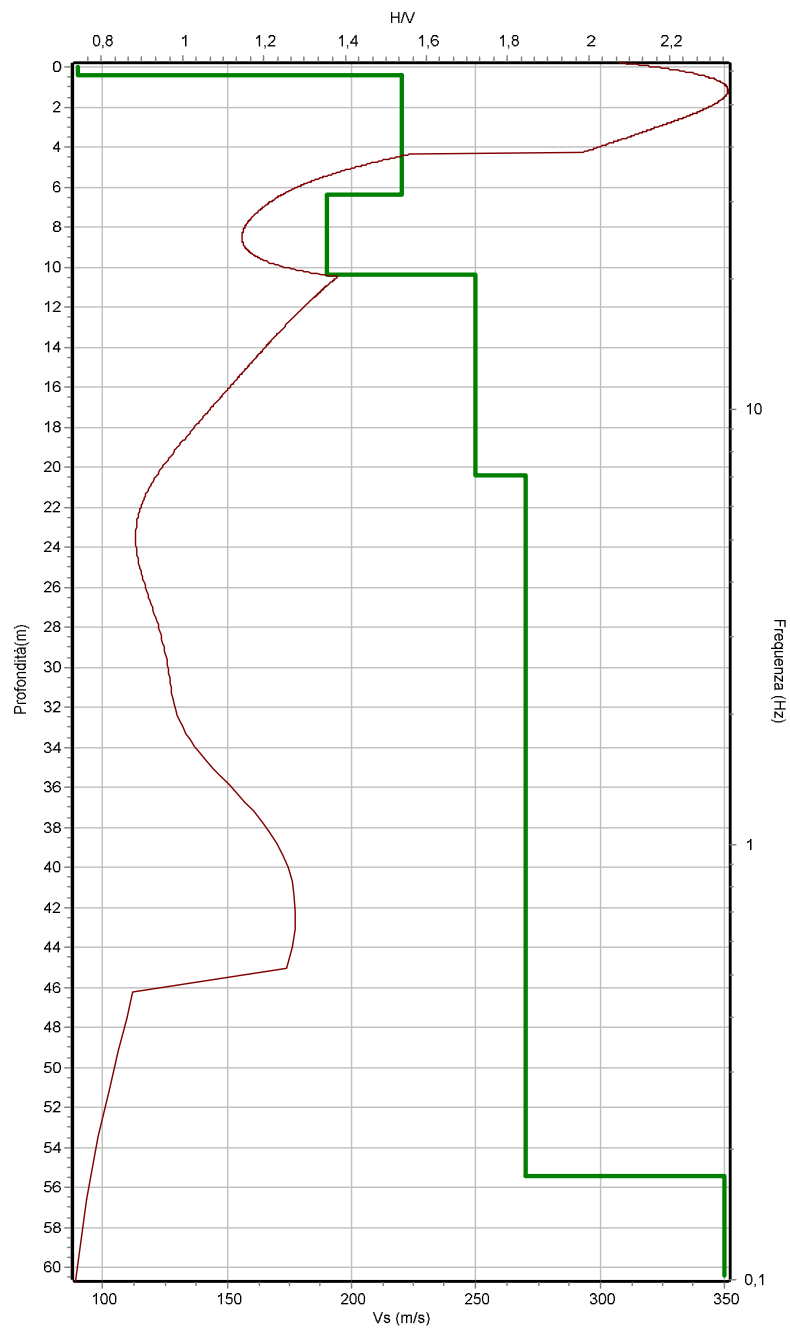


COMPONENTE N-S



COMPONENTE VERTICALE





— Vs media — Spettro HV teorico

Classe sito: C - $V_{seq}(\text{m/s}) = 233,8$

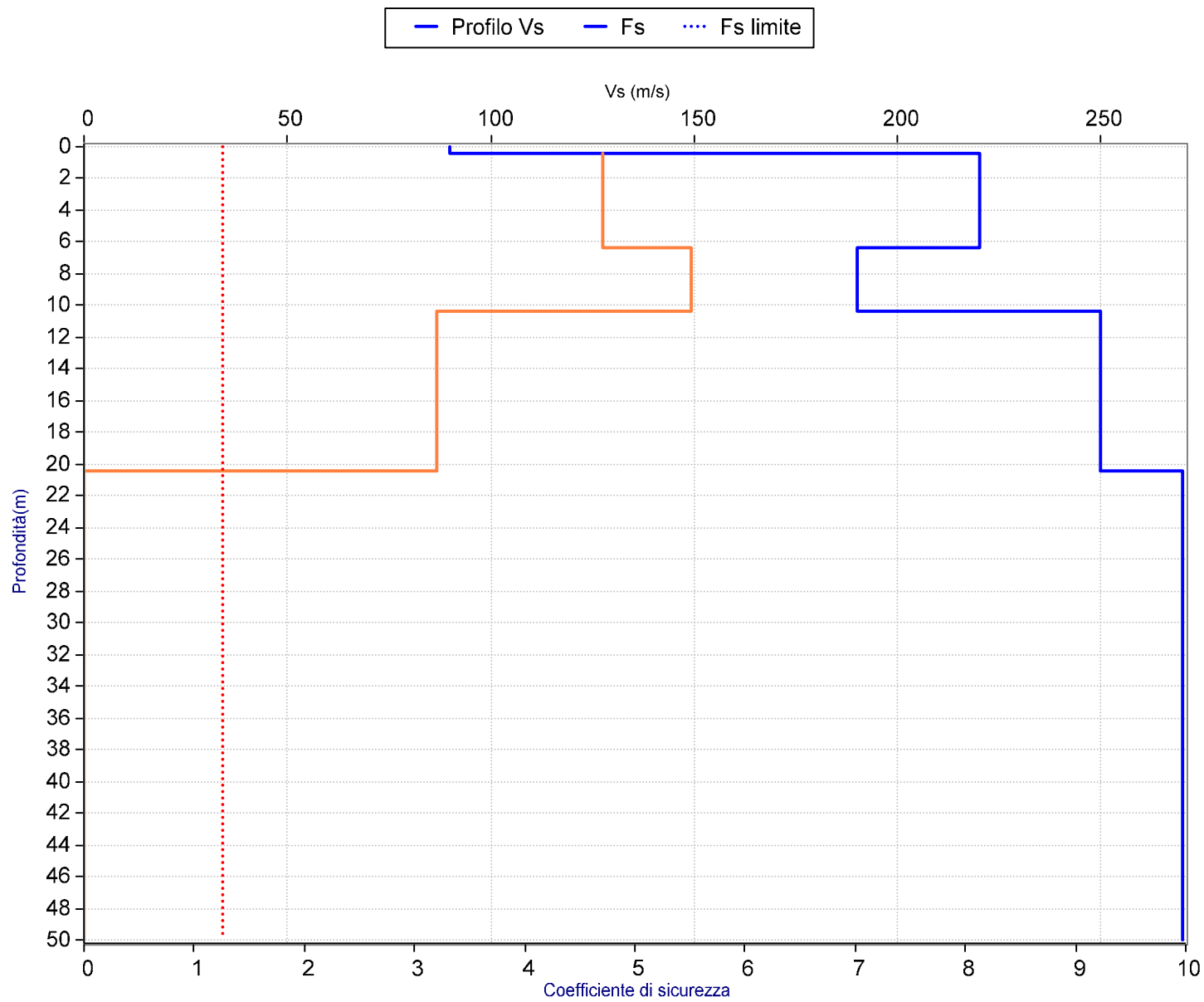
Tabella parametri picchi stratigrafici da spettro H/V delle onde di Rayleigh e Love V1

Criteri SESAME (2005) per una curva H/V attendibile S1: $f_p > 10/Lw$ - S2: $Lw \times Nw \times f_p > 200$ - S3: $sa < 2$ per $0.5f_p < f < 2f_p$

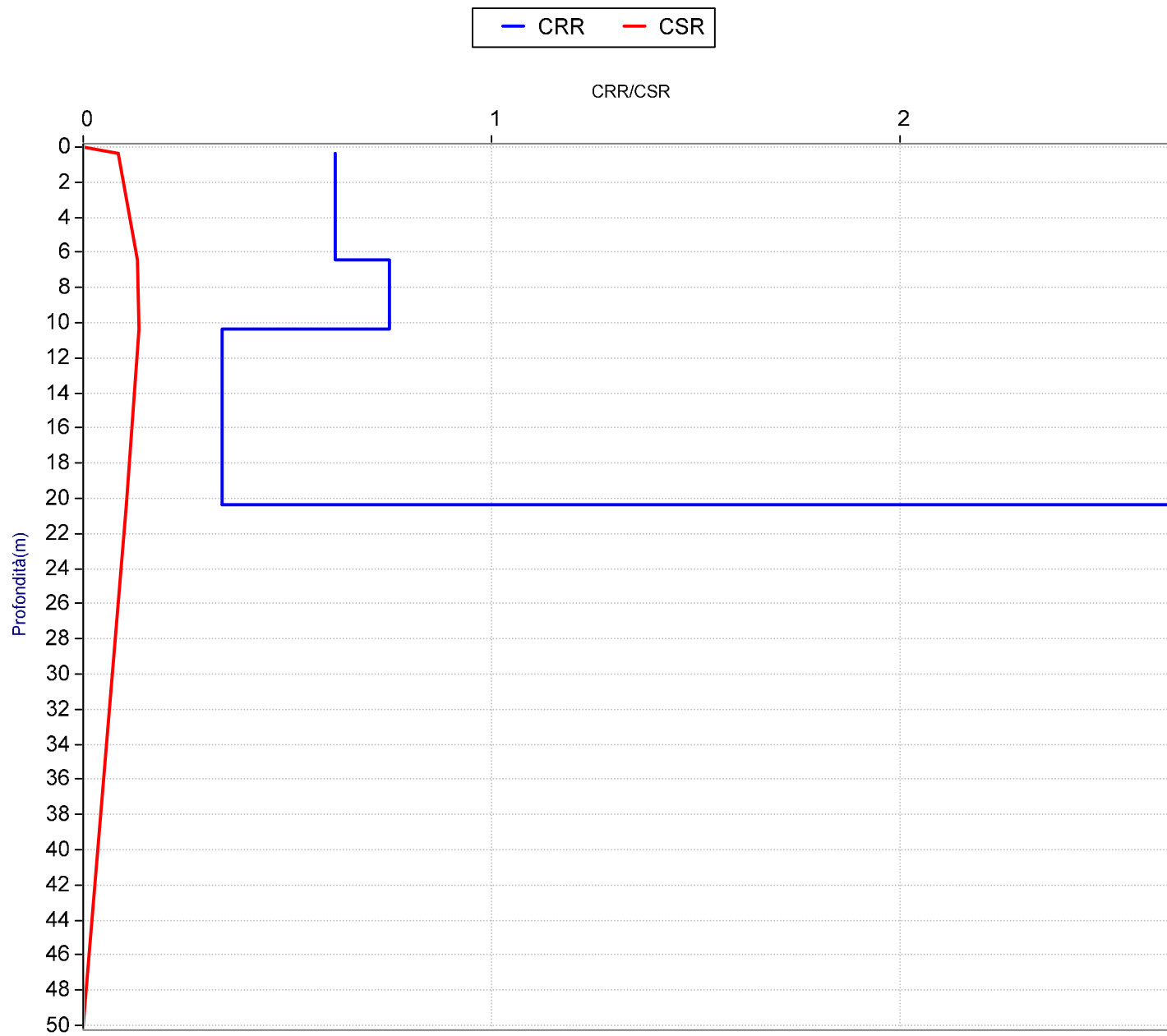
LEGENDA: Lw =lunghezza della finestra (s) - Nw =n. finestre - f_p (Hz)=frequenza del picco stratigrafico - sa =deviazione standard

N.	fz(Hz)	H/V	Kg	H1(m)	H2(m)	H3(m)	S1	S2	S3
1	0,92	1,35	1,98	61,0	35,53	30,07	Sì	Sì	Sì
2	3,39	0,83	0,2	10,66	6,21	5,26	Sì	Sì	Sì
3	7,84	0,77	0,07	3,48	2,03	1,72	Sì	Sì	Sì
4	19,71	1,15	0,07	1,02	0,59	0,5	Sì	Sì	Sì
5	60,58	2,47	0,1	0,23	0,13	0,11	Sì	Sì	Sì

VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE



Indice di liquefazione=0,0 rischio molto basso
ATR1 TE BRUNETTI TE BRUNETTI MANTOVA (MN)



ATR1 TE BRUNETTI TE BRUNETTI MANTOVA (MN)

Profilo CRR da Vs

N.	da (m)	a (m)	Vs(m/s)	%fine	Gamma(kN/mc	Vs1(m/s)	CSR	CRR	Fs
1	0,00	0,40	90	35	18	126,0	0,087		
2	0,40	6,40	220	35	19	263,6	0,131	0,616	4,702
3	6,40	10,40	190	35	19	192,7	0,136	0,749	5,505
4	10,40	20,40	250	35	19	222,7	0,106	0,34	3,204
5	20,40	50,00	270	35	19	198,7	0,0	2,663	INF

Committente: GIAN ANDREA VIRGILI – LOVATO LILIANA – CUNOCI PASQUALE - RUGGERI
ROSANNA - MALAVASI CHIARA - MALAVASI MARIANGELA - MANTOVANI LINA

Oggetto: **INTEGRAZIONI A CARATTERE IDROGEOLOGICO**

Estensore: Pasini Paolo geologo 1610/AP - Cell. 347/8374658 Cod. Fisc. PSNPLA64A05L826K -
P.IVA: 02203360207



NOTA IDROGEOLOGICA INTEGRATIVA ALLO STUDIO GEOLOGICO A SUPPORTO PL ATR.1 TE BRUNETTI-1° STRALCIO

Su richiesta del committente, ho effettuato una ricerca nel mio archivio professionale allo scopo di procedere ad una **stima della permeabilità del primo sottosuolo** (inteso entro -1,5/2 m da pc) presso il PL ATR.1. Avendo effettuato in prossimità dell'area indicata dal progettista alcune CPT, facendo riferimento alle prove penetrometriche CPT3 e CPT4 più vicine all'area di interesse per quanto sopra, ho provveduto ad una stima del coefficiente di permeabilità attraverso la formula di Piacentini e Righi sotto riportata

$$k\left(\frac{m}{s}\right) = 10^{-\left(\frac{165}{fr} + \frac{160qc}{fr^{3.5}}\right)} \quad (1)$$

dove qc(kg/cmq) e fr sono rispettivamente la resistenza alla punta media dello strato e il suo rapporto di frizione(qc/fs).

I risultati ottenuti sono riportati in allegato e da essi si può concludere quanto segue:

- al di sotto di circa 0,8-1m dal pc attuale è presente uno strato di sabbia debolmente limosa di spessore $\geq 1-1,2$ m: questa valutazione è confermata anche dalle recenti indagini DPS eseguite dallo scrivente all'interno dell'ATR.1 nel corso del 2018, le quali però non permettono la correlazione con il parametro idrogeologico di interesse. La stima del coefficiente di permeabilità k (m/s) dalle prove CPT utilizzate è compresa nell'intervallo

$$7,8E-6 < k \text{ (m/s)} < 5,9E-5$$

Pasini Dott. Paolo

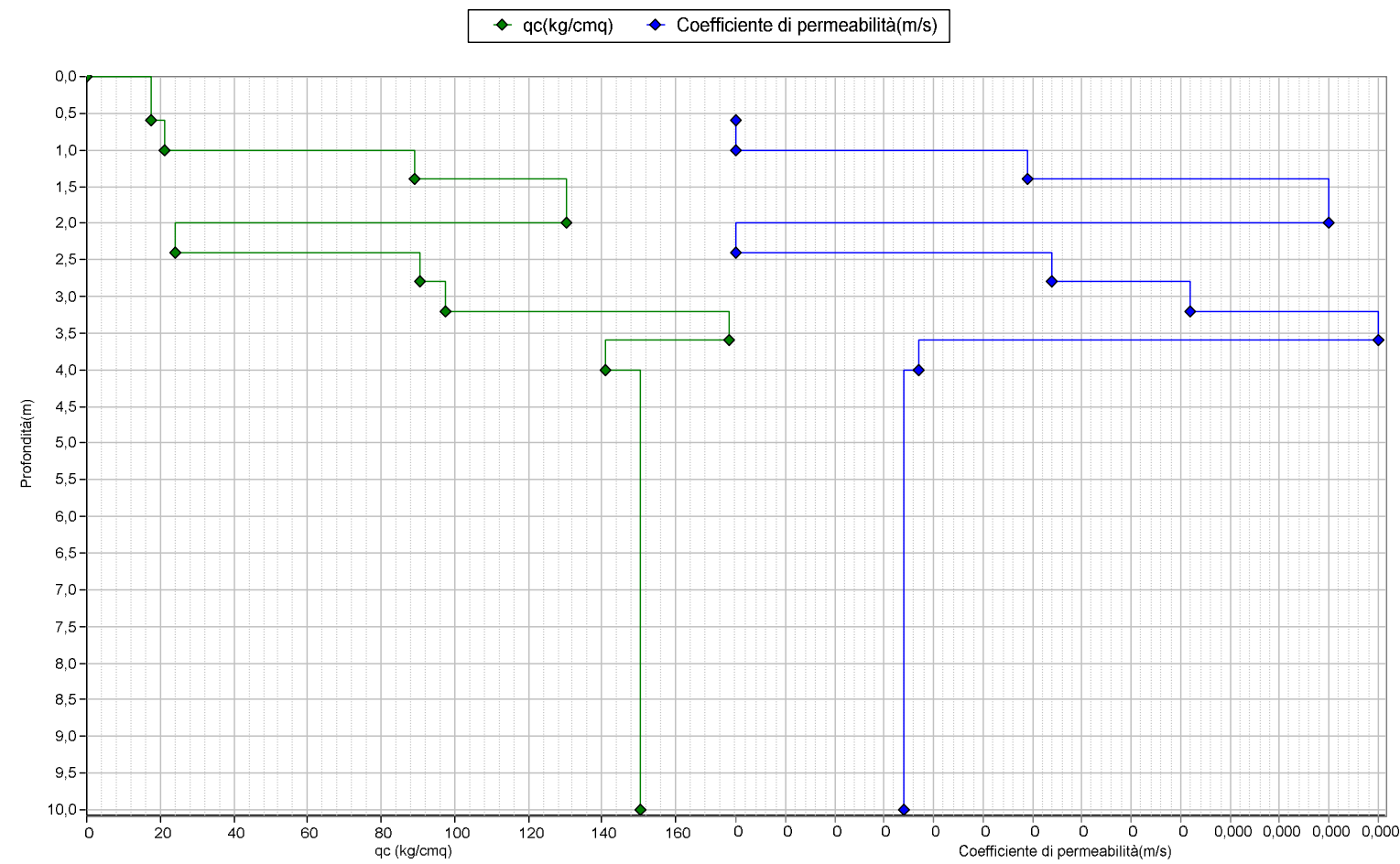


Sarginesco di Castelluccio, 25/2/2019

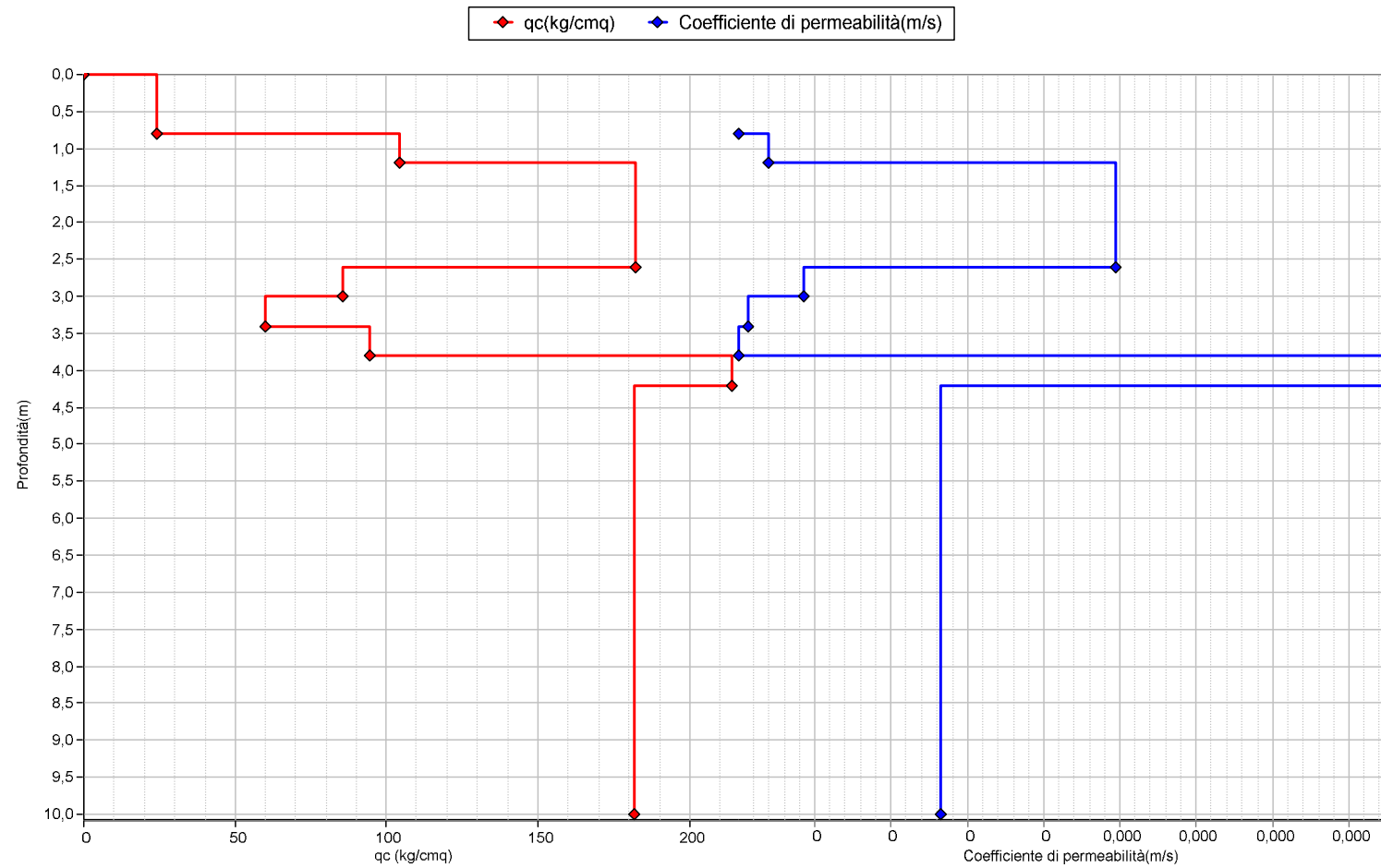
Si allegano

- Ubicazione delle prove CPT utilizzate per la stima di k
- Dati strumentali ed elaborazioni eseguite

PROVA CPT3



PROVA CPT4



Via Teatrino n. 6 - 46014 Sarginesco (MN)
 cell. 3478374658
 email: persaulo@gmail.com

Committente:	PL Te brunetti							
Località:	MANTOVA - Te Brunetti						Quota(m):	P.C.
Data inizio:			Data fine:			Sigla:	01 CPT3	
Penetrometro:	PENETROMETRO PAGANI TG 73/200							
Coordinate:								
PROVA PENETROMETRICA STATICA (PUNTA MECCANICA): PARAMETRI S.L.E.								
N.	Prof.(m)	qc (kg/cmq)	Young(kg/cmq)	Eedom(kg/cmq)	G0(kg/cmq)	Vs(m/s)	K(m/s)	Cc(mq/s)
1	0,6	17,5	35,0	37,3	161	87	2,1E-08	
2	1,0	21,0		36,0	180	95		0,11
3	1,4	89,0	178,0	0,0	435,0	238	5,9E-05	
4	2,0	130,33	260,66	0,0	548,0	324	1,2E-04	
5	2,4	24,0		41,0	195	101		0,11
6	2,8	90,5	181,0	0,0	438,0	241	6,4E-05	
7	3,2	97,5	195,0	0,0	461,0	255	9,2E-05	
8	3,6	174,5	349,0	0,0	655,0	417	1,3E-04	
9	4,0	141,0	282,0	0,0	576,0	347	3,7E-05	
10	10,0	150,3	300,6	0,0	598,0	366	3,4E-05	

Via Teatrino n. 6 - 46014 Sarginesco (MN)
 cell. 3478374658
 email: persaulo@gmail.com

Committente:	PL Te brunetti							
Località:	MANTOVA - Te Brunetti						Quota(m):	P.C.
Data inizio:		Data fine:		Sigla:	01 CPT4			
Penetrometro:	PENETROMETRO PAGANI TG 73/200							
Coordinate:								
PROVA PENETROMETRICA STATICA (PUNTA MECCANICA): PARAMETRI S.L.E.								
N.	Prof.(m)	qc (kg/cmq)	Young(kg/cmq)	Eedom(kg/cmq)	G0(kg/cmq)	Vs(m/s)	K(m/s)	Cc(mq/s)
1	0,8	24,33	48,66	41,8	197	102	6,2E-09	
2	1,2	104,5	209,0	0,0	478,0	270	7,8E-06	
3	2,6	182,29	364,58	0,0	673,0	433	9,9E-05	
4	3,0	85,5	171,0	0,0	426,0	230	1,7E-05	
5	3,4	60,0	120,0	0,0	342,0	177	2,6E-06	
6	3,8	94,5	189,0	0,0	450,0	249	1,7E-07	
7	4,2	214,0	428,0	0,0	743,0	500	1,7E-04	
8	10,0	181,76	363,52	0,0	673,0	432	5,3E-05	

