

00	25/10/2019	Emissione Progetto Definitivo	C17.022-(D03) Rel Geologica-00
Rev.	Data	Descrizione	Nome File commessa-elaborato-revisione



**COMUNE DI MASSALENGO**  
PROVINCIA DI LODI

**SP 23 "LODI - SAN COLOMBANO AL LAMBRO"**  
**TANGENZIALE ESTERNA ALL'ABITATO DI MOTTA VIGANA**  
**IN COMUNE DI MASSALENGO (LO)**

***PROGETTO DEFINITIVO***

**RELAZIONE TECNICO-SPECIALISTICA**  
**GEOLOGICA-GEOTECNICA**

Elaborato n° <b>D03</b>	<b>Progettazione</b>	<p style="text-align: center;"><b>PROGETTISTA</b></p> <p>Ing. Umberto Sollazzo – Via Giasone del Maino n° 14, Pavia Albo Ingegneri Provincia di Pavia n° 945 sez. A</p>
Scala:		<p style="text-align: center;"><b>COLLABORATORI</b></p> <p>Ing. Claudio Verneti – Albo Ingegneri Provincia di Pavia n° 2158 sez. A Ing. Marcella Battiston – Albo Ingegneri Provincia di Pavia n° 2779 sez. A</p>
Data: 10/2019		
Redazione: UT/US		
Controllo: UT/US		
Accettazione:	<b>Committente</b>	<p style="text-align: center;"><b>F.A.I.L. s.r.l.</b></p> <p>Sede legale in via Cavallotti n.19 26845 Codogno (LO)</p>



**COMUNE DI MASSALENGO**

Provincia di Lodi

**S.P. 23 "LODI – SAN COLOMBANO AL LAMBRO"**  
**TANGENZIALE ESTERNA ALL'ABITATO DI MOTTA VIGANA IN COMUNE DI MASSALENGO**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA e SISMICA**

**Committente:**

FAIL S.r.l.  
Sede Legale Via Cavallotti, n.19  
26845 Codogno (LO)

**Redatto da:**

Dott. Geol. Mauro Saleri



Casatisma (PV), settembre 2019

## INDICE

---

1.0 Premessa.....	pag. 4
1.1 Normativa di riferimento.....	>> 5
2.0 Stato di fatto e breve descrizione dell'intervento.....	>> 6
3.0 Inquadramento geologico-geomorfologico.....	>> 7
4.0 Fattibilità - Vincoli Geologici, Idrogeologici e Idraulici.....	>> 9
5.0 Indagini geognostiche.....	>> 11
5.1 Trincee esplorative.....	>> 12
5.2 Prove penetrometriche.....	>> 12
5.3 Stendimento sismico M.A.S.W.....	>> 13
5.4 Prove di laboratorio.....	>> 14
5.4.1 Analisi granulometrica per vagliatura.....	>> 15
5.4.2 Analisi granulometrica per sedimentazione.....	>> 16
5.4.3 Limiti di Atterberg.....	>> 17
5.4.4 Indice di portanza CBR.....	>> 18
6.0 Caratterizzazione litostratigrafica.....	>> 22
7.0 Caratterizzazione geotecnica.....	>> 24
8.0 Caratterizzazione sismica.....	>> 26
8.1 Rappresentazione ed interpretazione dei dati M.A.S.W.....	>> 26
8.2 Caratteristiche macrosismiche dell'area.....	>> 28
8.2.1 Pericolosità Sismica Locale (PSL).....	>> 29
8.3 Categoria di sottosuolo e categoria topografica.....	>> 30
8.4 Analisi di 2° livello.....	>> 32
8.4.1 Effetti litologici - Stima del Fattore di Amplificazione $F_a$ .....	>> 32
8.5 Parametri sismici di riferimento.....	>> 34
9.0 Valutazione del potenziale di liquefazione.....	>> 37
10.0 Terre e rocce da scavo.....	>> 40

## **ALLEGATI**

---

- Allegato 1 - Corografia generale con ubicazione area in esame
- Allegato 2 - Foto aerea con ubicazione punti di indagine
- Allegato 3 - Istogrammi prove penetrometriche
- Allegato 4 - Stratigrafie delle trincee esplorative
- Allegato 5 - Verifiche del potenziale di liquefazione
- Allegato 6 - Risultati prove di laboratorio
- Allegato 7 - Documentazione fotografica



## 1.0 Premessa

---

La presente relazione, redatta per conto della società F.A.I.L. S.r.l., costituisce il supporto geologico e sismico preliminare ai lavori per la realizzazione della nuova tangenziale esterna all'abitato di Motta Vigana nel Comune di Massalengo (LO), in variante all'attuale tracciato della S.P. n.23 "Lodi - San Colombano al Lambro".

Per tale scopo, oltre che attraverso un rilievo morfologico dell'area, è stata condotta una indagine di campagna attraverso specifiche prospezioni geognostiche rappresentate da n.4 trincee esplorative, n.2 prove penetrometriche di tipo statico C.P.T. e n.1 stendimento sismico M.A.S.W., eseguite nel periodo novembre 2018 e febbraio-maggio 2019.

I dati raccolti sono stati inoltre integrati con quelli esistenti, derivanti da studi pregressi in zone limitrofe, dalla letteratura di riferimento e dalla cartografia tecnica disponibile.

Pertanto, considerando gli obiettivi sopra esposti, l'indagine si è articolata attraverso la successione delle seguenti fasi:

- esame dei dati geologici ed idrogeologici pregressi della zona, disponibili tramite bibliografia;
- rilevamento morfologico-idrologico speditivo dell'area e del suo relativo intorno;
- esecuzione delle prospezioni geognostiche in situ ed in laboratorio (trincee esplorative, prove C.P.T., stendimento M.A.S.W., analisi granulometriche, limiti di Atterberg, indice di portanza CBR) e verifica della eventuale presenza di acqua di falda;
- caratterizzazione sismica dell'area attraverso riscontri normativi e dati acquisiti in sito;
- ricostruzione dell'assetto litostratigrafico e caratterizzazione geologico-tecnica dei terreni di fondazione con la definizione dei parametri geomeccanici.

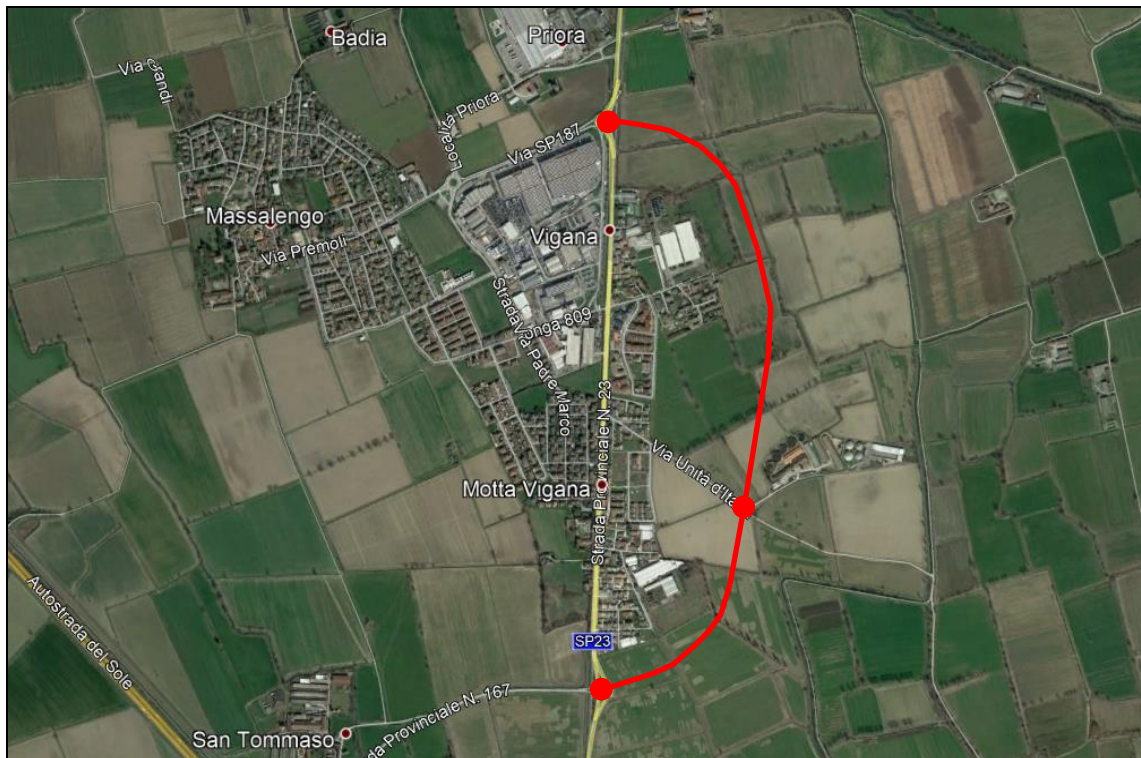
## **1.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Lo studio è stato condotto in accordo con quanto previsto dalla normativa vigente:

- D.M. LL.PP. 11.03.88 *“Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali per la progettazione, l’esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”*;
- D.M. LL.PP. 17.01.18 *“Norme tecniche per le costruzioni – Testo aggiornato delle norme tecniche per le costruzioni, di cui alla legge 5 novembre 1971, n.1086, alla legge 2 febbraio 1974, n.64, al decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n.380, ed al decreto-legge 28 maggio 2004, n.136, convertito con modificazioni, dalla legge 27 luglio 2004, n.186”*;
- Eurocodice 7 *“Progettazione geotecnica – parte I: Regole Generale (1997) – parte II: Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002) – parte III: progettazione assistita con prove in sito (2002)”*;
- Eurocodice 8 (1998) *“Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture – parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”*;
- O.P.C.M. n.3274 20.03.03 *“Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”*;
- O.P.C.M. n.3519 28.04.06 *“Criteri generali per l’individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l’aggiornamento degli elenchi delle medesime zone”*;
- Allegato al voto n.36 del Consiglio superiore dei Lavori Pubblici 27.07.07 *“Pericolosità sismica e criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale”*;
- D.G.R. n. IX/2616 30.11.2011 *“Aggiornamento dei ‘Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell’art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n.12’, approvati con d.g.r. 22 dicembre 2005, n.8/1566 e successivamente modificati con d.g.r. 28 maggio 2008, n.8/7374”*, pubblicata sul BURL n.50 Serie ordinaria del 15 dicembre 2012;
- D.P.R. n.120 13.06.2017 *“Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell’articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n.133, convertito, con modificazioni, della legge 11 novembre 2014, n.164”*;
- P.G.T. (Piano di Governo del Territorio) del Comune di Massalengo *“Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica”*.

## 2.0 Stato di fatto e breve descrizione dell'intervento

L'area interessata dall'intervento è situata nella porzione periferica esterna verso est rispetto all'abitato di Motta Vigana, in ambiti essenzialmente interessati da lavorazioni agricole (fig. 1).



**Figura 1:** Foto aerea con ubicazione area di intervento (Google Earth).

Il progetto prevede la realizzazione di una nuova strada tangenziale esterna verso est della frazione di Motta Vigana, in variante al tracciato della attuale S.P. n.23 che passa in corrispondenza del centro abitato.

Non sono previste opere di importante impegno strutturale, oltre alla posa del pacchetto stradale verranno realizzate alcune tubazioni e prolungati/realizzati ex novo alcuni scatolari in corrispondenza delle canalizzazioni che saranno intersecate dal tracciato della variante.

### 3.0 Inquadramento geologico-geomorfologico

L'area è inserita nel contesto della vasta zona penepianeggiante, facente parte della pianura Lodigiana compresa tra il fiume Lambro ed il fiume Adda, i quali scorrono rispettivamente a circa 5.5 chilometri a sud-ovest ed a circa 6 chilometri a nord-est della stessa. Questa porzione di territorio risulta costituito dai sedimenti prevalentemente terrigeni Plio-pleistocenici che hanno colmato, per effetto dell'erosione della catena alpina ed appenninica, il Paleobacino Padano. Nello specifico l'area in esame presenta assetto geomorfologico sub-pianeggiante, con debole gradiente verso sud/sud-est e quote del piano campagna comprese tra circa 70 e 74 metri s.l.m..

Il contesto geologico di pertinenza è stato desunto dall'esame del Foglio 60 (Piacenza) della Carta Geologica d'Italia, alla scala 1:100.000 (fig. 1): l'area in esame si colloca sui terreni che costituiscono il "Livello principale della pianura" contraddistinto da depositi alluvionali fluvioglaciali e fluviali ( $fg^w$  - Wurm); dal punto di vista litologico si tratta di terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-limosi con locali intercalazioni o banchi limosi e limoso-argillosi e, più in profondità, sabbioso-ghiaiosi.

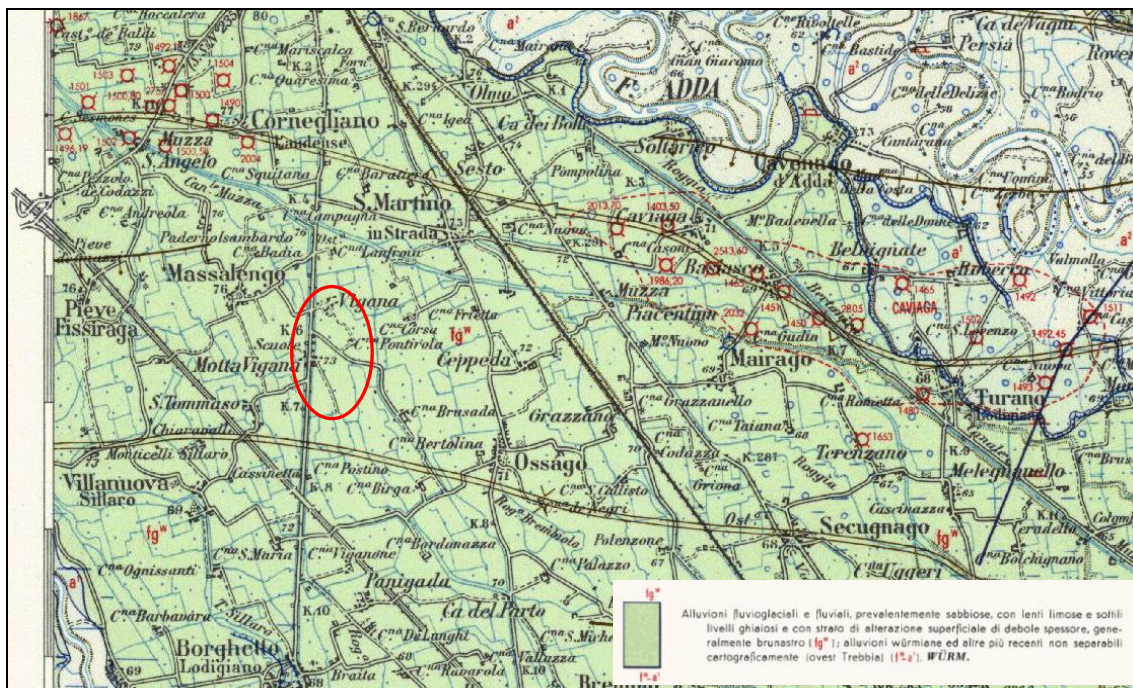


Figura 1: Estratto Carta Geologica d'Italia 1:100.000 - Foglio 60 Piacenza.

In superficie si riscontra in genere la presenza di uno strato eluvio-diluviale, argilloso-limoso, con spessore di ordine variabile, da inferiore al metro a plurimetrico, spesso rimaneggiato o frammisto a materiali di riporto.

L'idrologia di superficie è caratterizzata a grande scala, come già descritto, dal fiume Lambro e dal fiume Adda, mentre più nel dettaglio la porzione di territorio compresa tra i due corsi d'acqua risulta caratterizzata dalla presenza di una fitta rete di rogge e canalizzazioni prevalentemente ad uso agricolo irriguo asservite in particolare alla produzione del riso e del mais; tra queste si segnalano (da sud verso nord): la roggia Vistarina Modignano, la roggia Popola Pozza, la roggia Bruseda, la roggia Lanfroia e il roggione Somaglia con le quali si intersecherà in tracciato della tangenziale in progetto.

Dal punto di vista idrogeologico l'area in esame risulta caratterizzata dalla presenza di una prima falda freatica sita a profondità di ordine metrico dal piano campagna, regolata principalmente sia dagli afflussi meteorici stagionali che dalle locali pratiche agricole. A tal proposito nella carta *"Idrografia e Idrogeologia – Planimetria"* allegata al P.G.T. comunale (Dott. Geol. Angelo Scotti, marzo 2008) la superficie piezometrica della prima falda in corrispondenza dell'area in esame è segnalata a quote comprese tra 68.5 e 71 metri s.l.m, corrispondenti ad una soggiacenza di circa 1.5÷3 metri dal piano campagna. Tale livello è suscettibile di variazioni in innalzamento in particolar modo nei periodi di intensa piovosità e in concomitanza dei periodi irrigui.

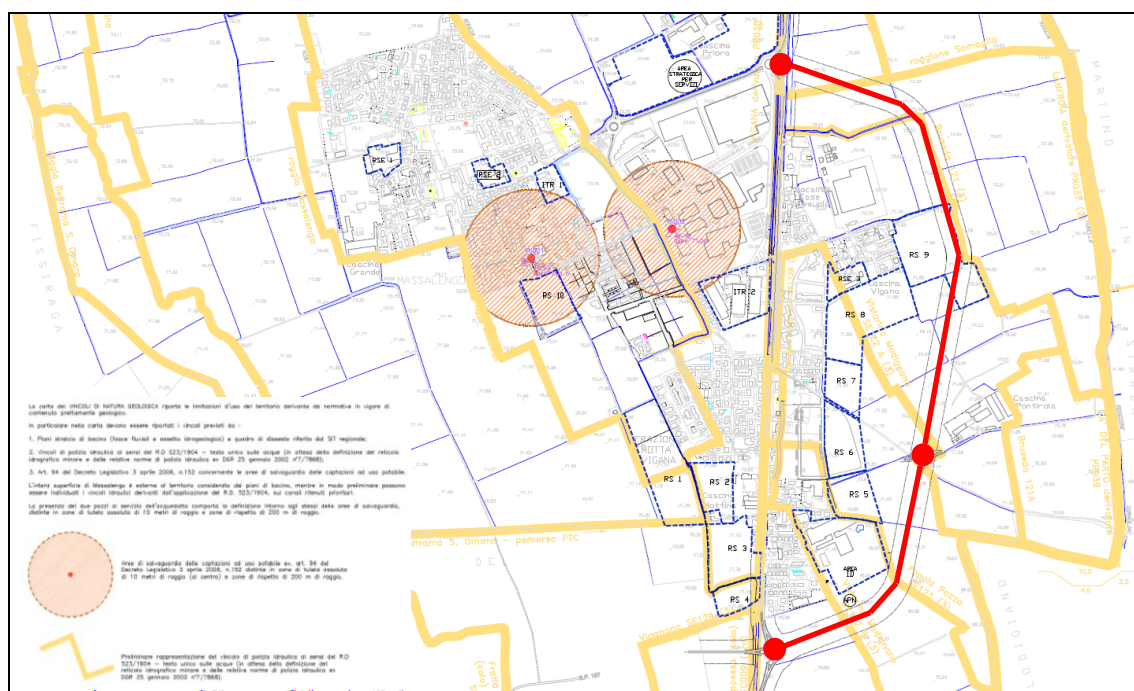
Infine, come riportato nella *Relazione Generale* allegata allo studio della componente geologica, idrogeologica e sismica del P.G.T. comunale *"l'aspetto più rilevante, comune a tutto il territorio di Massalengo e ad ampie porzioni dei comuni limitrofi, è dato dalla presenza di una falda freatica superficiale che in periodo estivo si colloca a profondità comprese tra -0,8 e -1,2 m dal piano campagna, diminuendo di circa 1,0 m nei mesi invernali e primaverili"*.

Coerentemente con quanto sopra indicato, nel corso delle indagini geognostiche realizzate (novembre 2018 e febbraio 2019) il livello di falda è stato riscontrato a quote di circa -1.50÷-2.50m dal piano campagna.



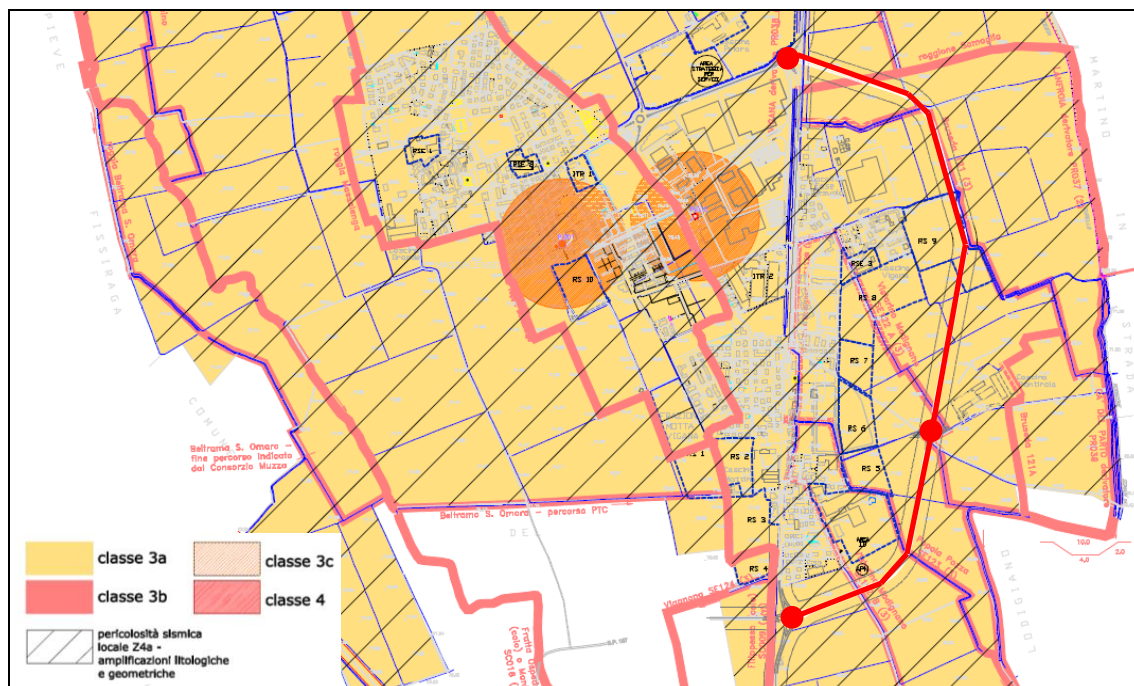
#### 4.0 Fattibilità - Vincoli Geologici, Idrogeologici e Idraulici

Il tracciato della tangenziale in progetto non ricade entro aree sottoposte a vincolo idrogeologico e/o idraulico, come riportato nella cartografia geologico-tecnica di riferimento. In particolare nella *Carta dei Vincoli Geologici* (fig. 3) pertinente lo Studio Geologico a supporto del P.G.T. comunale (Dott. Geol. Angelo Scotti, marzo 2008) gli unici vincoli da segnalare corrispondono alle aste delle rogge che saranno intersecate dalla nuova tangenziale e che risultano ricadere nel vincolo di polizia idraulica ai sensi del R.D. 523/1904 – testo unico sulle acque (in attesa della definizione del reticolo idrografico minore e delle relative norme di polizia idraulica ex D.G.R. 25.01.2002 n.7/7868).



**Figura 3:** Estratto della *Carta dei Vincoli Geologici* (P.G.T. Comune di Massalengo).

Nella *Carta di Fattibilità delle Azioni di Piano* (fig. 4) il tracciato in esame è classificata nella Classe 3 di Fattibilità Geologica, “fattibilità con consistenti limitazioni” ed in particolare nella Sottoclasse 3A nella quale ricadono le “aree bassa soggiacenza della falda”; le aste delle rogge che saranno intersecate dal tracciato ricadono invece nella sottoclasse 3B “fasce di rispetto dei corsi d’acqua pubblici”.



**Figura 4:** Estratto della Carta di Fattibilità delle Azioni di Piano (P.G.T. Comune di Massalengo).

Nelle aree 3A la limitazione è ovviamente legata alla limitata soggiacenza della falda freatica; sono ammissibili tutte le categorie di opere edificatore da realizzare a seguito di opportuni approfondimenti di carattere geognostico, idrogeologico e geotecnico in ogni caso *“la progettazione di interventi edilizi di qualunque natura dovrà avvenire assumendo l’ipotesi di falda presente, almeno alcuni mesi dell’anno, alla profondità di  $-1,0$  m dalla quota naturale del piano campagna (considerata in assenza di riporti o depressioni artificiali)”*; nelle aree 3B relativa alla fascia di rispetto dei corsi d’acqua pubblici valgono le norme di cui al R.D 523/1904 (T.U. sulle acque).

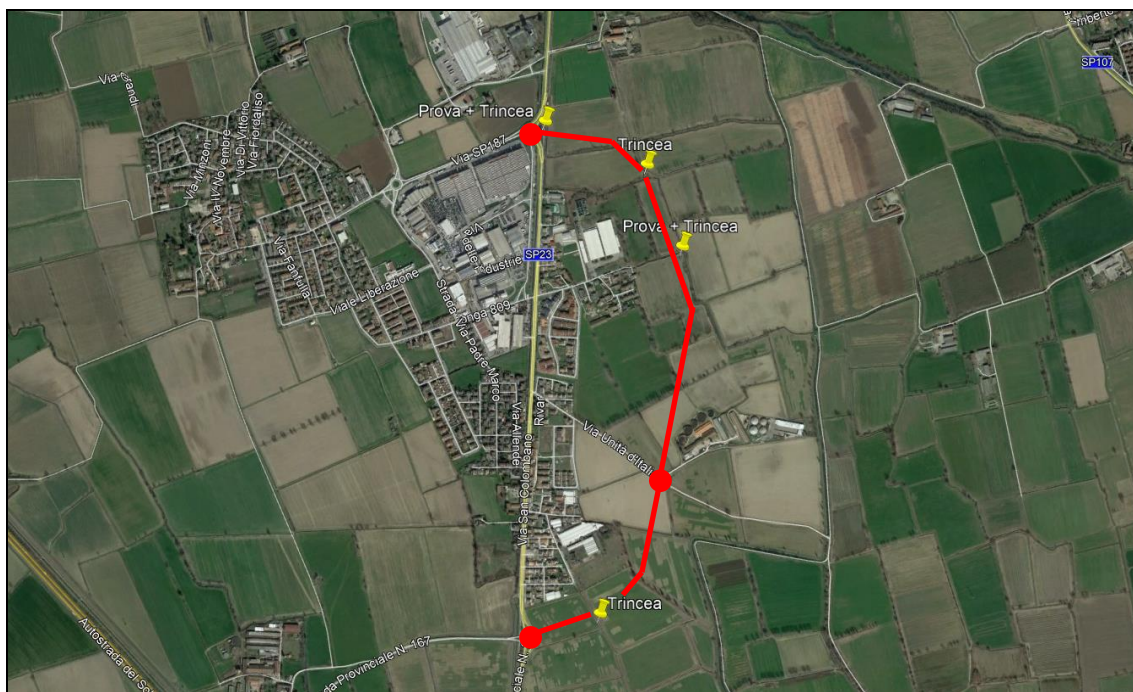
In conclusione, dal punto di vista della fattibilità geologica, le aree sono giudicate idonee ad accogliere gli interventi programmati, fatte salve le prescrizioni di carattere geologico-geotecnico che verranno indicate nei paragrafi successivi, sulla base delle indagini puntuali svolte in sito.

## 5.0 Indagini geognostiche

Il programma di indagine, definito in accordo con la Committenza rappresentata dall'Ing. Luca Lena e con il Progettista Ing. Umberto Sollazzo, ha comportato le seguenti operazioni:

- n.4 trincee esplorative, spinte fino alle profondità di -1.0m (T2, T3 e T4) e -2.0m (T1) dall'attuale piano campagna;
  - o prelievo di campioni rimaneggiati e indisturbati per analisi granulometriche e determinazione indice di portanza CBR;
- n.2 prove penetrometriche statiche C.P.T. (Cone Penetration Test), spinte fino alla profondità di -8.0m (P1, P2) dal piano campagna;
- n.1 stendimento sismico M.A.S.W. (L1) della lunghezza di 60.0 metri.

Tale programma risulta in ogni caso incompleto rispetto all'originario piano di indagine che prevedeva la realizzazione di ulteriori n.3 trincee esplorative e n.1 prova penetrometrica (posizionate nella porzione centrale del futuro tracciato).



**Figura 5:** Foto aerea con ubicazione punti di indagine.



Di seguito si illustrano i dettagli e le modalità esecutive delle indagini; in allegato è riportata la documentazione fotografica unitamente alla planimetria di riferimento, agli istogrammi delle prove penetrometriche ed alle stratigrafie delle trincee esplorative.

### **5.1 TRINCEE ESPLORATIVE**

Le quattro trincee esplorative sono state realizzate con miniescavatore meccanico LIBRA ed hanno raggiunto le profondità di 1.0÷2.0m da p.c.. Esse sono state fotografate e descritte in apposito modulo stratigrafico.

Contestualmente alla realizzazione delle trincee è avvenuto il prelievo dei previsti campioni di terreno da sottoporre alle prove geotecniche di laboratorio.

### **5.2 PROVE PENETROMETRICHE**

Per l'acquisizione dei dati è stato impiegato un penetrometro semovente statico-dinamico PAGANI modello TG 73-200, dotato di opportuni elicoidi di ancoraggio e punta meccanica Begemann per le prove statiche e di sgancio automatico per le prove dinamiche.

L'esecuzione delle prove statiche ha comportato la verifica ad intervalli regolari di 20 cm della resistenza in  $\text{Kg/cm}^2$  opposta dal terreno all'avanzamento dell'apposita punta meccanica Begemann ( $R_p$ ) e del relativo manicotto laterale ( $R_l$ ) per mezzo del dispositivo Friction Jacket Cone. Dall'analisi di  $R_p/R_l$  è possibile effettuare una valutazione indicativa della litologia dei terreni attraversati e definire la granulometria (Begemann 1965- Schmertmann 1969).

Le caratteristiche tecniche dell'attrezzatura in modalità statica sono le seguenti:

<i>Forza di infissione</i>	<i>200 kN</i>
<i>Velocità di infissione</i>	<i><math>2 \pm 0.5</math> cm/sec</i>
<i>Superficie della punta</i>	<i>10 cm<sup>2</sup></i>
<i>Diametro della punta</i>	<i>35.7 mm, con conicità 60°</i>
<i>Altezza manicotto laterale</i>	<i>13.3 mm</i>
<i>Superficie del manicotto</i>	<i>150 cm<sup>2</sup></i>
<i>Diametro delle aste</i>	<i>36 mm</i>
<i>Passo di lettura</i>	<i>20 cm</i>

I risultati riscontrati in campagna vengono visualizzati attraverso grafici che riportano per ogni verticale di prova:

- la resistenza alla punta ( $R_p$ ) in Kg/cm<sup>2</sup>;
- la somma della resistenza alla punta ( $R_p$ ) e di attrito laterale ( $R_l$ ) in Kg/cm<sup>2</sup>;
- il rapporto delle resistenze  $R_p / R_l$  (adimensionale).

### **5.3 STENDIMENTO SISMICO M.A.S.W.**

L'acquisizione di campagna è stata condotta con il sismografo Pasi modello Gea 24 con possibilità di stack degli impulsi sismici, filtraggio digitale programmabile (per la riduzione dei rumori) e guadagno automatico del segnale (in ampiezza), geofoni verticali e orizzontali da 4.5 Hz spazati di 5m con offset a 5m di distanza dal primo geofono, l'energizzazione è avvenuta tramite mazza del peso di 10 Kg.

Per avere un'approfondita Analisi Multicanale delle Onde di Superficie (M.A.S.W.), il dataset è stato ottenuto mediante la seguente modalità di acquisizione:

- Dataset Onde Rayleigh componente verticale (ZVF)
  - 12 geofoni verticali da 4.5 Hz;
  - Energizzazione verticale su piastra quadrata in lega di alluminio.

L'elaborazione è stata eseguita tramite il software WinMASW 3C 7.2 beta e nell'analisi sono stati scelti i dataset migliori acquisiti scegliendo il più rappresentativo per le Onde di Rayleigh (ZVF). Una volta individuato il dataset da utilizzare è stato determinato lo spettro di velocità e successivamente è stata effettuata la modellazione.

È necessario sottolineare che l'interpretazione delle indagini geofisiche viene fatta nell'ipotesi che gli strati del sottosuolo siano omogenei, orizzontali e con superfici di separazione piano parallele. Si rammenta infine come, in ogni caso, la valutazione delle velocità e degli spessori dei singoli strati viene effettuata con un margine di incertezza, insita proprio nei metodi geofisici, che si aggira attorno al 10-15%.

#### **5.4 PROVE DI LABORATORIO**

Le prove sono state eseguite a cura del laboratorio certificato TECNO PIEMONTE S.p.A. con sede a Lenta (VC), Strada Statale Valsesia.

In tutte le fasi dell'attività di laboratorio i campioni e le relative porzioni da sottoporre a prova sono trattati e manipolati in modo da minimizzare il disturbo ad essi arrecato ed in modo da non alterare le caratteristiche e le proprietà naturali che devono essere determinate o investigate. A tal fine le operazioni di apertura, descrizione, selezione dei materiali e preparazione dei provini vengono effettuate in ambiente con temperatura intorno ai 20° ed umidità non inferiore al 75%. L'inizio delle analisi o prove programmate segue immediatamente l'apertura dei campioni.

Nell'ipotesi che in fase di apertura dei campioni si riscontrino incongruenze tra il tipo di materiale campionato e le prove indicate in programma o qualora la qualità del campione renda poco attendibili i risultati delle prove previste (eccessivo rammollimento, essiccazione, deformazione evidente) il laboratorio comunica immediatamente alla Direzione Lavori gli inconvenienti riscontrati. Le prove vengono eseguite, salvo diversa indicazione, in accordo agli standard di prova indicati nelle norme tecniche.

In ragione della natura litologica e della tipologia dei campioni prelevati nel corso della perforazione sono state predisposte, in accordo con la spett. Committenza e con il team di progettazione incaricato, le seguenti prove:

- Determinazione della curva di distribuzione granulometrica tramite vagliatura e sedimentazione con classificazione CNR-UNI 10006;
- Determinazione dei Limiti di Atterberg;
- Determinazione dell'Indice di portanza CBR.

Di seguito se ne illustrano le modalità esecutive, in allegato sono riportati i rapporti di prova.

#### **5.4.1 Analisi granulometrica per vagliatura**

La prova consiste nella determinazione della distribuzione granulometrica di un campione di terreno trattenuto al setaccio ASTM n.200. L'analisi granulometrica per vagliatura si esegue per via umida, impiegando setacci e vagli della serie ASTM di diametro non inferiore a 300mm, scelti tra i seguenti termini in funzione della dimensione massima dei granuli: n.200, n.100, n.60, n.40, n.20, n.10, n.4, 3/8", 3/4", 1", 1.5", 2", 3". Il quantitativo minimo da sottoporre a prova è solitamente stabilito sulla base delle dimensioni massime dei granuli, secondo quanto prescritto nelle norme tecniche di riferimento. Il campione da sottoporre ad analisi, una volta essiccato e pesato, viene immerso in acqua fino al completo distacco della frazione fine dai granuli e la completa disgregazione dei grumi, favorendo l'operazione mediante agitazione meccanica.

Successivamente, evitando qualsiasi perdita di materiale, si procede alle operazioni di setacciatura favorendo il passaggio del materiale con getti d'acqua e con l'azione meccanica di un pennello morbido; l'operazione di lavaggio si considera conclusa solo quando l'acqua che fuoriesce dall'ultimo setaccio è perfettamente limpida. Si procede quindi all'essiccazione in forno a 105° e alla determinazione delle masse trattenute a ciascun setaccio. Il materiale analizzato è classificato in accordo alle Raccomandazioni A.G.I. (1977) e, qualora sia stata eseguita anche la determinazione dei limiti di consistenza, anche in accordo allo Standard ASTM D2487-93 - Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System) e alla Classificazione delle terre CNR-UNI 10006.

#### **5.4.2 Analisi granulometrica per sedimentazione**

La prova consiste nella determinazione della distribuzione granulometrica della frazione passante al setaccio ASTM n° 200 di un terreno. L'analisi granulometrica per sedimentazione viene condotta effettuando letture della densità e della temperatura di una sospensione, preparata con 50 gr di materiale passante al setaccio ASTM n°200, 125 ml di soluzione disperdente di esametafosfato di sodio in soluzione pari a 40g/L, (confezionata il giorno precedente la data di impiego) e acqua distillata fino ad ottenere un volume pari a 1000 ml, dopo 1', 2', 4', 8', 15', 30', 60', 120', 240', 480' e 1440' dal termine dell'agitazione preliminare; l'analisi si considera conclusa quando la densità della sospensione risulta prossima a quella dell'acqua pura (circa 48 ore per i terreni francamente argillosi).

Per le letture di densità si utilizza un densimetro calibrato di tipo ASTM 152H. Al fine di evitare qualsiasi vibrazione ed eccessive variazioni di temperatura durante la prova, si immergono i cilindri in una vasca termostatica a 20°. Il materiale analizzato è quindi classificato in accordo alle Raccomandazioni A.G.I. (1977) e, qualora sia stata eseguita anche la determinazione dei limiti di consistenza, anche in accordo allo Standard ASTM D2487-93 - Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System) e alla Classificazione delle terre CNR-UNI 10006.

### **5.4.3 Limiti di Atterberg**

I limiti di consistenza (o di Atterberg) sono i valori di umidità di una terra assunti convenzionalmente per caratterizzarne i passaggi: dallo stato liquido allo stato plastico (limite dello stato liquido  $W_l$ ), dallo stato plastico allo stato semisolido (limite dello stato plastico  $W_p$ ). I limiti di consistenza sono determinati su materiale passante al setaccio UNI 2332. La setacciatura è eseguita su materiale preventivamente essiccato a temperatura non maggiore di 50°C e disgregato con un pestello gommato, evitando di frantumare i singoli granuli della terra. Per la determinazione del **limite allo stato liquido  $W_l$**  si utilizza una apparecchiatura costituito da una coppa di ottone con dispositivo meccanico che consente la caduta ripetuta della coppa su di una base di ebanite dall'altezza di 10 mm, una spatola ed una apparecchiatura per la determinazione dell'umidità. L'esecuzione della prova prevede la pesatura in una capsula di 100÷150 g di terra, preparata come indicato precedentemente, aggiungendo piccole quantità di acqua distillata e miscelando accuratamente dopo ogni aggiunta, per distribuire nella miglior maniera possibile l'acqua in tutta la terra. Si ripete tale operazione fino ad ottenere una umidità minore del presumibile limite dello stato liquido ovvero una consistenza all'incirca corrispondente alla chiusura di un solco, realizzato con apposito utensile, con almeno 35 colpi. Si lascia maturare la terra in ambiente umido per un tempo dipendente dalle caratteristiche della stessa e comunque non minore di 12 ore. Quindi, dopo aver proceduto ad un ulteriore rimescolamento, si divide il campione in almeno quattro parti uguali; si pone una di queste nella coppa di ottone dell'apparecchi e la si liscia con la spatola in modo che sia limitata superiormente da una superficie piana parallela al bordo della coppa e che lo spessore massimo corrisponda all'incirca a 10 mm; quindi con l'utensile si traccia un solco diametrale all'alto verso il basso, avendo cura di asportare la terra dal solco fino al fondo della coppa. Ruotando l'apposita manovella si fa cadere la coppa sulla base con una frequenza di due colpi al secondo, finché il solco si chiuda per una lunghezza di 13 mm, e si rileva il numero di colpi.

Si preleva quindi un piccolo quantitativo di terra dal centro della coppa e se ne determina l'umidità; dopo aver umidificato le rimanenti parti del campione come già descritto con contenuti crescenti di acqua ed averle rimescolate ciascuna accuratamente, si ripete l'operazione con la coppa fino ad ottenere la chiusura del solco per diversi numeri di colpi compresi tra 35 e 10.

Infine si riportano in un diagramma semilogaritmico, avente in scala lineare le umidità ed in scala logaritmica i numeri di colpi, i punti corrispondenti ai quattro o più risultati della prova e si traccia la retta passante per i punti così trovati; si legge su tale retta l'umidità corrispondente al numero di colpi pari a 25, l'umidità così individuata è per definizione il limite allo stato liquido.

Per la determinazione del **limite allo stato plastico  $W_p$**  si utilizzano una capsula di porcellana del diametro di 100÷120 mm, una spatola, un piano di vetro smerigliato o di marmo levigato ed un'apparecchiatura per la determinazione dell'umidità. Si rimescolano ulteriormente circa 15 g di terra, preparata come precedentemente indicato, e con essi di forma una pallina all'incirca sferica. La pallina è messa sul piano di prova in marmo quindi, mediante lieve compressione e rullatura con le dita di una mano, essa è ridotta ad un cilindretto del diametro di 3 mm; se il cilindretto di terra si rompe prima che tale diametro sia raggiunto, occorre bagnare ulteriormente la terra e ripetere la prova, se invece può scendere al di sotto dei 3 mm di diametro senza che il cilindretto si rompa in frammenti di 5÷10 mm di lunghezza, occorre ripetere la prova fino a che il cilindretto, essiccandosi per effetto delle successive manipolazioni, si sbricioli non appena raggiunto il diametro di 3 mm. Si raccoglie la terra e se ne determina l'umidità e quest'ultima indica il limite allo stato plastico. La prova deve essere ripetuta due volte; le determinazioni non devono differire tra loro più di una unità percentuale, in caso contrario la prova deve essere ripetuta, scartando i valori precedentemente ottenuti ed il risultato è pari alla media delle due determinazioni. La differenza tra limite allo stato liquido  $W_l$  e limite allo stato plastico  $W_p$  è **detta indice di plasticità  $I_p$**  e per terre non plastiche si considera convenzionalmente pari a zero.

#### **5.4.4 Indice di portanza CBR**

Lo scopo della presente procedura è quello di definire le modalità per determinare l'indice di portanza californiano CBR di una terra. Tale indice è il rapporto in percentuale, fra il carico necessario a far penetrare un pistone metallico per cinque mm, in un provino di terra costipato, e un determinato carico di riferimento.

Poiché l'indice CBR dipende notevolmente dalla densità e dall'umidità del campione di terra, è necessario precisare il valore o la serie dei valori da assegnare a ciascuno dei due parametri; esso potrà essere determinato direttamente con valori di umidità opportunamente assegnati, o indirettamente facendo riferimento alla massima densità secca del campione ed alla relativa umidità ottima. Rifacendosi al metodo di costipamento adottato (standard o modificato) si può determinare:

- IL CBR di un campione di terra costipato con umidità prestabilita;
- Il CBR di un campione di terra costipato variando l'umidità.

#### Preparazione dei provini:

- disgregare il campione in modo da facilitare l'essiccazione;
- essiccare il campione collocandolo in un contenitore metallico e riporre il tutto nella stufa per essiccazione ad una temperatura non superiore ai 50° C;
- disgregare il campione essiccato con l'ausilio del pestello di gomma;
- collocare il crivello con diametro dei fori di 25mm sul fondo di raccolta del vibrovaglio;
- inserire il campione nel crivello, coprire con il coperchio e assicurare il tutto al vibrovaglio;
- vagliare il campione per via secca;
- la prova può essere eseguita solo se il trattenuto in percentuale al crivello con fori da 25mm è inferiore al 35%. In caso contrario la prova non viene ritenuta significativa;
- sono necessari circa 6kg di materiale passante al crivello da 25mm per ciascun provino;
- il tipo di costipamento, il numero di colpi, l'altezza di caduta e il peso del pestello sono descritti nella tabella 1 della procedura di prova, riferendosi alla fustella con diametro da 152mm;
- le operazioni di umidificazione, di costipamento e di determinazione della densità secca, necessarie per la determinazione di un unico punto CBR con umidità prestabilita sono le stesse descritte nella procedura di prova;
- nel caso si voglia costruire la curva CBR, i provini da sottoporre a prova sono gli stessi della prova proctor che verranno costipati nelle fustelle CBR, seguendo le modalità sotto descritte e utilizzando le stesse umidità del proctor stesso. In questo caso sono necessarie almeno quattro determinazioni;



- inserire all'interno della fustella il disco spaziatore con la filettatura rivolta verso il fondo della fustella e collocando al di sopra di esso un disco di cartoncino;
- nel caso si procedesse ad una sola determinazione, si preleva una porzione di materiale, durante la confezione del provino, e se ne determina l'umidità come descritto dalla procedura di prova;
- il tipo di costipamento, il trattenuto in percentuale al crivello da 25mm, l'umidità assegnata e la densità secca devono essere riportati sulla scheda di prova;
- finite le operazioni di costipamento procedere all'estrazione del disco spaziatore;
- fissare un secondo fondo sulla superficie spianata della fustella;
- rovesciare la fustella e rimuovere il fondo originario;
- estrarre il disco spaziatore con l'ausilio dell'estrattore collocandolo nell'apposita filettatura;
- terminate le operazioni di preparazione procedere alla prova.

#### Esecuzione della prova:

- porre la fustella con il provino sull'apposita piastra della pressa CBR;
- far appoggiare il pistone metallico sulla superficie del provino con un carico iniziale di circa 5 kg, del quale non si deve tener conto nell'elaborazione dei risultati;
- assicurare il contrasto del pistone metallico alla pressa CBR;
- azzerare il comparatore dell'anello dinamometrico;
- sistemare il comparatore utilizzato per la lettura della penetrazione, nell'apposito supporto e farlo appoggiare sul bordo della fustella azzerandolo;
- azionare la pressa dando inizio alla penetrazione con una velocità costante di circa 1.27 mm/min;
- effettuare le letture del carico indicate dal comparatore dell'anello dinamometrico in corrispondenza dei valori di penetrazione indicati dall'altro comparatore, e precisamente a 0.5-1-1.5-2-2.5-3-4-5-7-9mm di penetrazione;
- le modalità di calcolo sono riportate nel paragrafo di riferimento.

Trasformare le letture del comparatore dell'anello dinamometrico in carichi in kg, utilizzando la tabella comparativa dell'anello dinamometrico stesso.

Disegnare un diagramma avente in ascissa la penetrazione del pistone metallico espressa in mm e in ordinata i carichi corrispondenti in kg. Il diagramma ottenuto permette di individuare il carico corrispondente ad una penetrazione di 2.5 e 5mm. Il rapporto percentuale di questo carico con i carichi fissi di riferimento di 1360 e 2040 kg individua il CBR del provino rispettivamente a 2.5 e 5mm di penetrazione.

$$\text{CBR} = C_1 / 1360 \times 100$$

- $C_1$  = carico a 2.5mm di penetrazione in Kg;
- 1360 = carico di riferimento a 2.5mm di penetrazione in kg;

$$\text{CBR} = C_2 / 2040 \times 100$$

- $C_2$  = carico a 5mm di penetrazione in Kg;
- 2040 = carico di riferimento a 5mm di penetrazione in kg.

**Il valore maggiore dei due viene considerato il valore CBR del provino.**

Il risultato deve essere arrotondato all'unità.

La curva ottenuta deve essere lineare o presentare una convessità verso l'alto. Nel caso invece che essa presenti in vicinanza dell'origine una concavità verso l'alto, si dovrà correggere il diagramma prolungando la tangente al tratto più rapido della curva fino ad intersecare l'asse delle ascisse considerando tale punto come origine, e computare i 2.5 e 5mm di penetrazione a partire da questo punto di intersezione.

## 6.0 Caratterizzazione litostratigrafica

---

L'esame dei diagrammi di resistenza penetrometrica e delle trincee esplorative ha consentito di definire uno schema nel quale si identificano degli orizzonti litostratigrafici sovrapposti, aventi caratteristiche di resistenza alla penetrazione statica e parametri litologici e geomeccanici specifici.

Le variazioni dei parametri  $R_p$ ,  $R_l$  ed  $R_p/R_l$ , rilevate lungo la verticale di prova, sono normalmente riconducibili sia a cambiamenti geolitologici e granulometrici dei terreni attraversati che al diverso stato di addensamento o consistenza degli stessi.

Con il ricorso a inevitabili schematizzazioni il modello litostratigrafico locale può essere così proposto:

### LIVELLO I:

Terreno coltivo seguito da argille limose e limi argillosi debolmente sabbiosi poco consistenti, superficialmente sormontati e/o frammisti a materiali eterogenei di riporto. I valori caratteristici di  $R_p$  variano mediamente da 10 a 20 kg/cm<sup>2</sup>.

### LIVELLO II:

È stato riscontrato nella sola verticale di prova P2 ed è costituito da sabbie limose mediamente addensate caratterizzate da valori di  $R_p$  variabili tra 45 e 75 kg/cm<sup>2</sup>.

### LIVELLO III:

Argille limoso-sabbiose da molli a poco consistenti con possibile presenza di componente organica (es. torba) ed  $R_p = 5 \div 15$  kg/cm<sup>2</sup>.

### LIVELLO IV:

Alternanze di livelli sabbioso-limosi e limoso-sabbiosi mediamente addensati con  $R_p = 40 \div 60$  kg/cm<sup>2</sup>.

### LIVELLO V:

Sabbie limose addensate con presenza di ghiaietto e ciottoli poligenici ed eterometrici in matrice fine limoso-argillosa di intasamento più o meno abbondante; i valori di  $R_p$  risultano costantemente  $>100$  kg/cm<sup>2</sup>.

Con riferimento alla quota di inizio prova (corrispondente al piano campagna alla data di esecuzione delle indagini), i rapporti stratigrafici nei diversi punti di indagine possono essere così schematizzati:

Punto di prova n°		P1	P2
Quota inizio prova		Piano campagna	
Prof. interfaccia livelli da p.c. attuale (m)	I-II	-1.80	-2.00
	II-III	-1.80	-3.00
	III-IV	-3.40	-4.00
	IV-V	-7.00	-6.00
Prof. fine prova da p.c. attuale (m)		-8.00	-8.00

Nel corso dell'indagine è stata riscontrata presenza di acqua in corrispondenza delle verticali di prova a quote comprese tra -1.50m e -2.50m dall'attuale piano campagna; si segnala, come già descritto, che tale livello è suscettibile di variazioni in innalzamento in particolar modo nei periodi di intensa piovosità e in concomitanza dei periodi irrigui.

## 7.0 Caratterizzazione geotecnica

La definizione dei parametri geotecnici che caratterizzano gli strati di terreno investigati è stata eseguita mediante i risultati della prova penetrometrica realizzata in sito, utilizzando le correlazioni semi-empiriche e sperimentali note in letteratura, oltre che sulla base di dati già acquisiti attraverso prove in sito ed in laboratorio su terreni analoghi.

I parametri così derivati sono da considerare validi per gli scopi prefissati dall'indagine, per una loro definizione di maggior dettaglio sarà invece necessario ricorrere ad ulteriori e più specifiche indagini in sito ed analisi di laboratorio su campioni di terreno indisturbati.

Agli orizzonti del modello litostratigrafico precedentemente esposto si possono attribuire i seguenti valori medi, determinati sulla base di quelli ricavati dall'elaborazione dei dati acquisiti in corrispondenza delle verticali di prova:

Livello	I	II	III	IV	V
Comportamento geotecnico	coesivo	incoerente	coesivo	Incoerente	incoerente
Valori medio-minimi di $R_p$ (kg/cm <sup>2</sup> )	10÷15	45÷65	5÷8	40÷50	>100
Peso di volume $\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	1.8	1.8	1.7	1.8	1.9
Peso di volume immerso $\gamma_i$ (t/m <sup>3</sup> )	-	0.9	-	0.9	1.0
Coesione non drenata $C_u$ (t/m <sup>2</sup> )	4÷6	-	2÷3.5	-	-
Coesione efficace $c'$ (t/m <sup>2</sup> )	0	0	0	0	0
Angolo di attrito efficace $\phi'$ (°)	22°÷24°	30°÷32°	18°÷22°	28°÷30°	33°÷35°
Modulo edometrico $M$ (kg/cm <sup>2</sup> )	40÷60	120÷160	25÷35	100÷140	250÷300
Modulo elastico $E$ (kg/cm <sup>2</sup> )	-	100÷140	-	80÷120	200÷250
Modulo elastico non drenato $E_u$ (kg/cm <sup>2</sup> )	200÷300	-	100÷175	-	-

Si riportano nella tabella seguente i valori dell'Indice di portanza CBR determinati per ciascuno dei campioni sottoposti a prova:

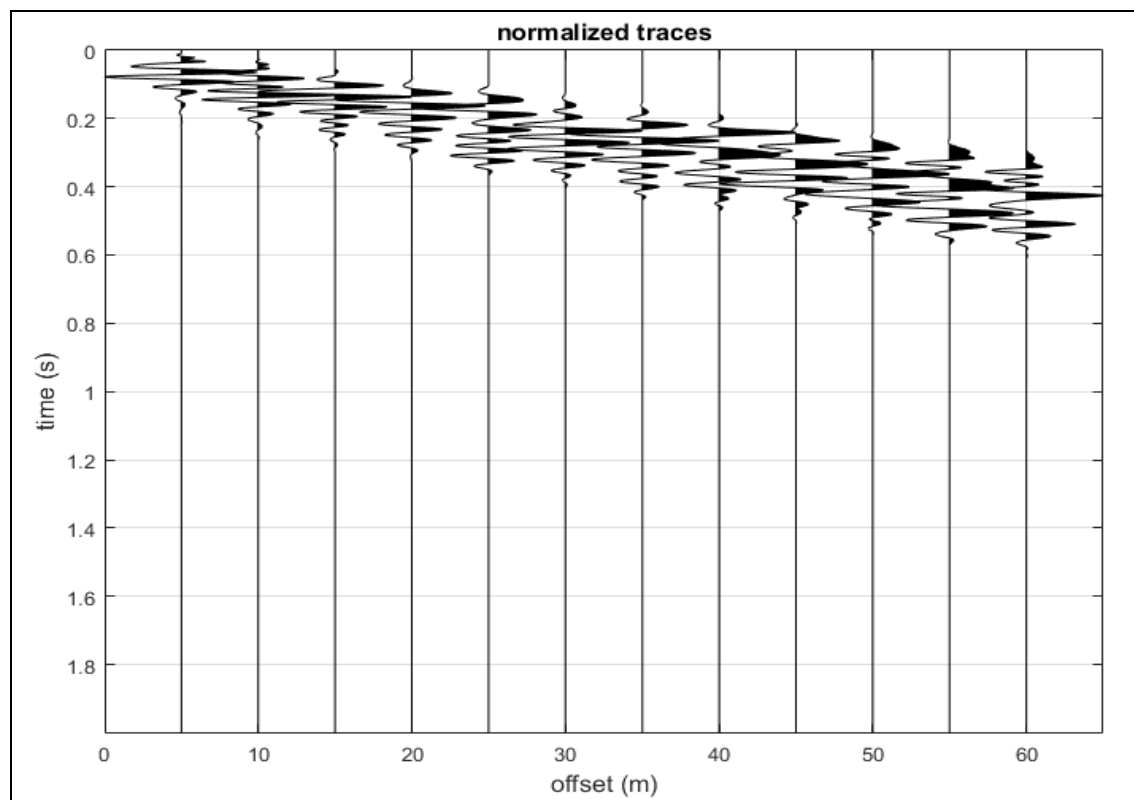
<b>Punto di prelievo</b>	<b>Profondità di prelievo (m)</b>	<b>Indice di portanza CBR</b>
Trincea T1	-0.50/-1.70	11
Trincea T2	-0.40	6
Trincea T3	-0.40	5
Trincea T4	-0.40	10

## 8.0 Caratterizzazione sismica

### 8.1 RAPPRESENTAZIONE ED INTERPRETAZIONE DEI DATI M.A.S.W.

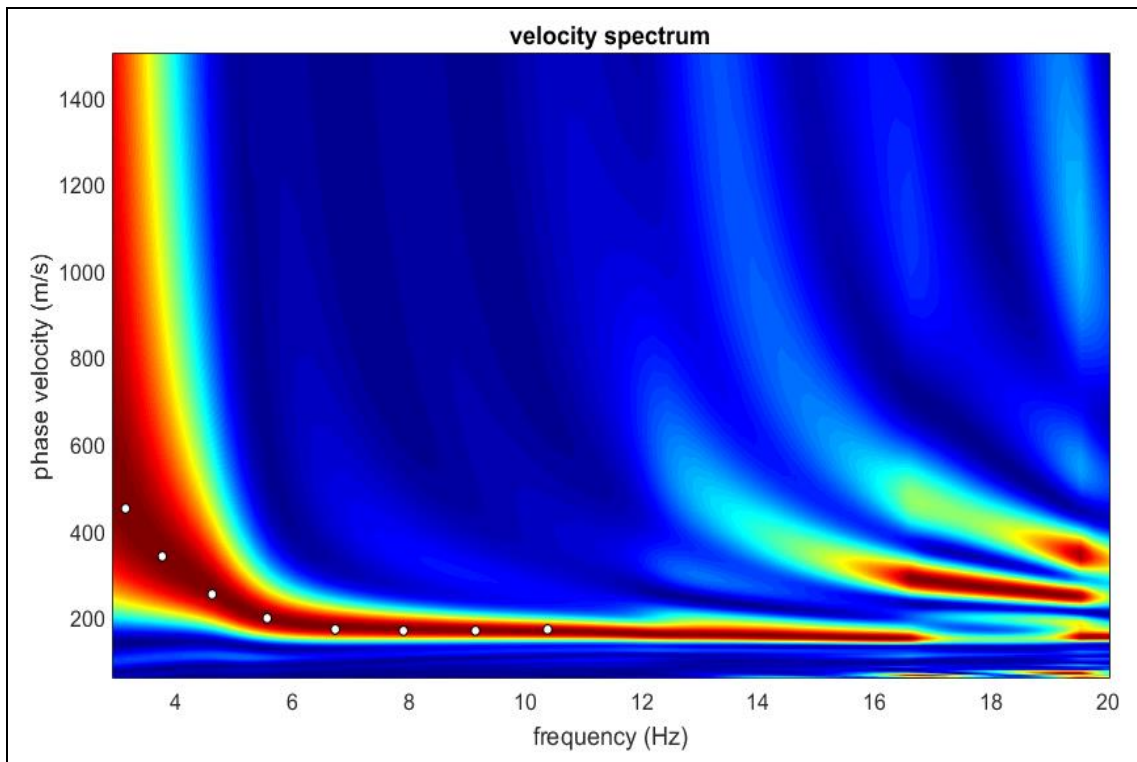
Al fine di fornire i valori delle  $V_s$ , necessarie per la caratterizzazione sismica del sito, è stata realizzata una stesa sismica denominata L1, di lunghezza pari a 60m con distanza intergeofonica pari a 5.0 metri. L'energizzazione del terreno (sorgente di energia), per la lettura dei tempi di arrivo delle onde Superficiali (Rayleigh), è stata ottenuta impiegando una mazza battente in senso verticale su di una piastra in lega di alluminio aderente al suolo. L'energizzazione è stata effettuata ad un estremo dello stendimento ad una distanza di 5.0m ed è stata eseguita più volte per garantire l'apprezzabilità dei segnali raccolti dal sistema di acquisizione dati.

Si riporta di seguito il sismogramma frutto della somma di ciascuna acquisizione, filtrato di eventuali disturbi di fondo (fig. 6):



**Figura 6:** Sismogramma ZVF (onde Rayleigh) base sismica L1.

L'elaborazione del sismogramma ha consentito di estrapolare lo spettro di velocità dal quale si è risalito tramite picking alla curva di dispersione (fig. 7) che consenta di ottenere sia gli spessori dei vari strati che le rispettive velocità.

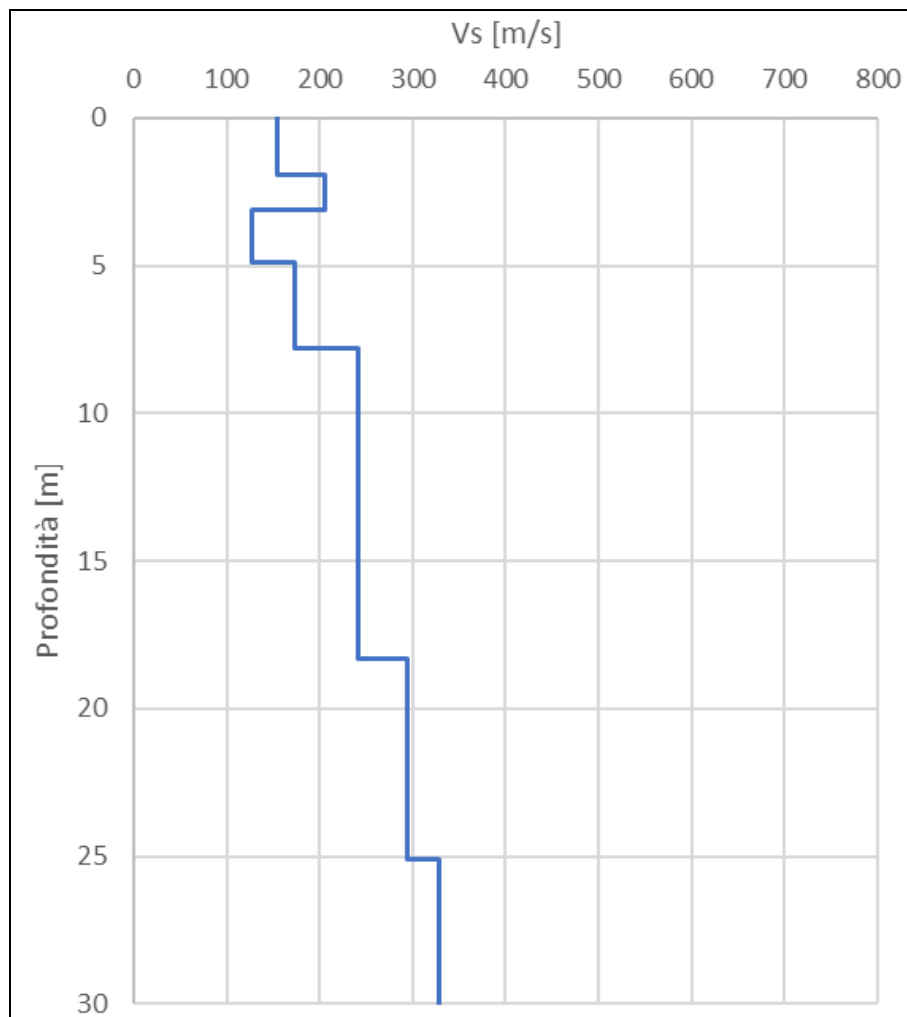


**Figura 7:** Spettro di velocità base sismica L1 con picking.

Dall'inversione della curva di dispersione si è ottenuta la ricostruzione del sottosuolo in orizzonti aventi differenti spessori e valori di velocità:

<b>L1</b>		
<b>Spessore (m)</b>	<b>Profondità (m)</b>	<b>V<sub>s</sub> (m/sec)</b>
1.90	0.0-1.90	<b>154</b>
1.20	1.90-3.10	<b>206</b>
1.80	3.10-4.90	<b>127</b>
2.90	4.90-7.80	<b>173</b>
10.50	7.80-18.30	<b>241</b>
6.80	18.30-25.10	<b>295</b>
4.90	25.10-30.0	<b>329</b>

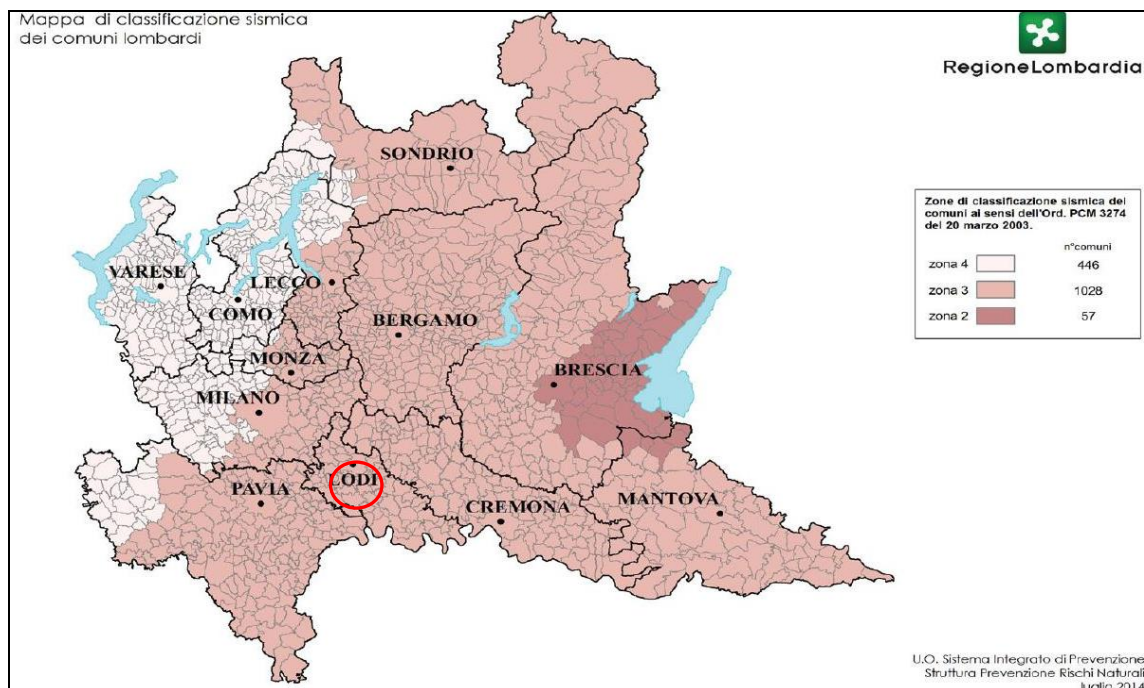




**Figura 8:** Diagramma delle velocità  $V_s$  riferite ai vari strati intercettati nella base sismica L1.

## **8.2 CARATTERISTICHE MACROSISMICHE DELL'AREA**

Secondo l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3519 del 28 aprile 2006 – *“Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone”* riferita all'intero territorio nazionale, e recepita dalla Regione Lombardia tramite la D.G.R. n.X/2129 - 11.07.2014 il territorio comunale di Massalengo è classificato in **zona sismica 3** a “sismicità bassa”, cui corrisponde un valore massimo di  $a_g$  pari a 0.15g (fig. 9).

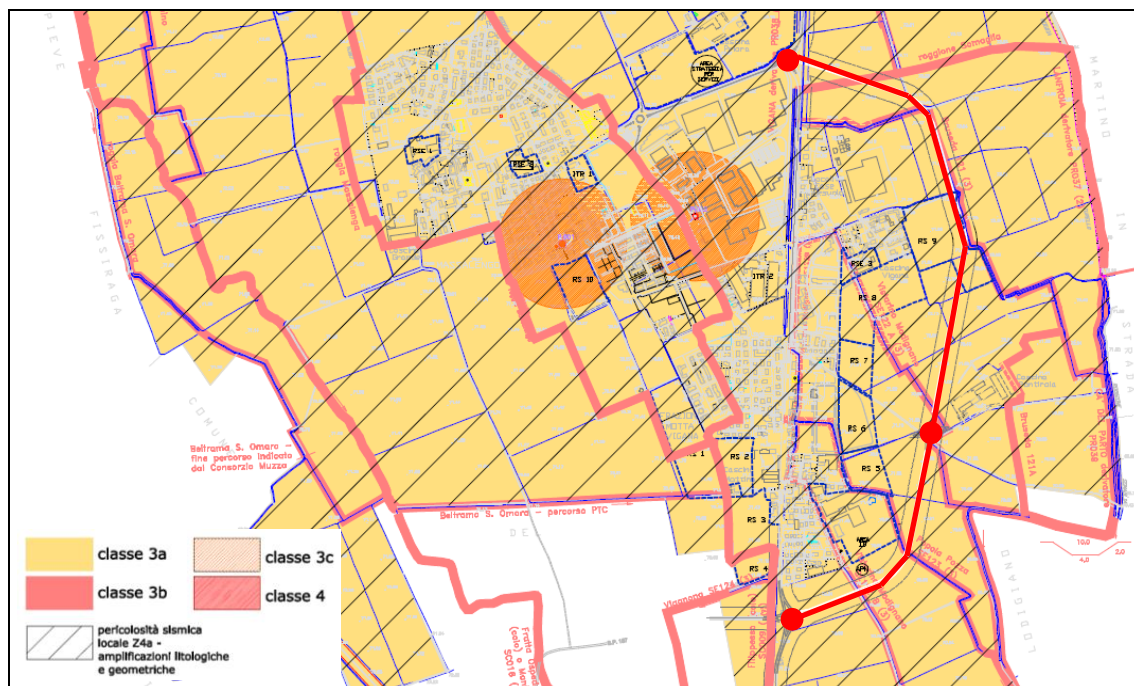


**Figura 9:** Classificazione sismica dei comuni della Lombardia a seguito della D.G.R. n. X/2129.

Allo stesso modo i valori di  $a_g$  agli SLU dinamici, calcolati secondo il D.M. 17.01.2018 “*Norme tecniche per le costruzioni*” (e riportato nei successivi paragrafi) per le coordinate che identificano il sito ovvero lat. 45.25974° e long. 9.50918°, risultano compresi nel range  $0.05 \leq a_g \leq 0.15g$  relativo alla **zona sismica 3** (Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, Allegato al Voto n.36 del 27.07.2007 – “*Pericolosità sismica e criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale*”).

### **8.2.1 Pericolosità Sismica Locale (PSL)**

L’area in esame ricade nello scenario di Pericolosità Sismica Locale Z4a “Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi”, come riportato nella *Carta di Fattibilità delle Azioni di Piano* pertinente lo Studio Geologico a supporto del P.G.T. comunale (Dott. Geol. Angelo Scotti, maggio 2008 - fig. 10).



**Figura 10:** Estratto della *Carta di Fattibilità delle Azioni di Piano* (P.G.T. Comune di Massalengo).

Tale scenario è legato ad eventuali amplificazioni di tipo litologico e geometrico per la valutazione è necessaria la determinazione dei fattori di amplificazione  $F_a$  e per tale scopo è stata realizzata in sito la base sismica M.A.S.W. le cui risultanze, riportate nei successivi capitoli, hanno determinato valori di  $F_a$  minori dei valori di soglia di riferimento previsti dalla Regione Lombardia. Pertanto, dal punto di vista della sismicità, l'area è giudicata idonea ad accogliere l'intervento di edificazione programmato, fatte salve le prescrizioni di carattere sismico che verranno indicate nei paragrafi successivi, sulla base della indagine puntuale svolta in sito.

### **8.3 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E CATEGORIA TOPOGRAFICA**

Per quanto riguarda la determinazione della categoria di sottosuolo il D.M. 17.01.2018 prevede una classificazione in cinque categorie principali riportate nella tabella 3.2.II (fig. 11) definite in base ai valori della velocità equivalente  $V_{s,eq}$  corrispondente alla velocità media di propagazione delle onde sismiche di taglio a partire dal piano di fondazione (per fondazioni superficiali e per muri di sostegno di terrapieni), dalla testa dei pali o dalla testa dell'opera (per opere di sostegno di terreni naturali), fino alla profondità del substrato sismico, definito come quella formazione caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s.

Per depositi con profondità di tale substrato superiore a 30m la velocità equivalente  $V_{s,eq}$  è definita dal parametro  $V_{s,30}$ , considerando le proprietà degli strati di terreno fino alla profondità di 30m.

L'espressione per la determinazione della velocità equivalente  $V_{s,eq}$  è la seguente:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum \frac{h_i}{V_i}}$$

$h_i$  = Spessore in metri dello strato i-esimo  
 $V_i$  = Velocità dell'onda di taglio i-esima  
 $N$  = Numero di strati  
 $H$  = Profondità del substrato sismico con  $V_s > 800 \text{ m/s}$

Per il sito in esame la categoria di sottosuolo è stata determinata tramite i dati ottenuti dallo stendimento sismico con metodologia M.A.S.W. eseguito.

Dall'elaborazione di tali dati il terreno presenta per la linea eseguita, valore delle  $V_{s,eq}$  corrispondenti alle  $V_{s,30}$  pari a **229 m/s** riferito all'attuale piano campagna ed esso risulta pertanto classificabile in **categoria C** "Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s".

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

**Figura 11:** Tabella 3.2.II "Categorie di sottosuolo" – D.M. 17.01.2018.

In riferimento alle categorie topografiche riportate nella tabella 3.2.IV del D.M. (fig. 12), il sito può essere classificato nella **categoria T1**.

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

**Figura 12:** Tabella 3.2.III “Categorie topografiche” – D.M. 17.01.2018.

## **8.4 ANALISI DI 2° LIVELLO**

### **8.4.1 Effetti litologici – Stima del Fattore di Amplificazione $F_a$**

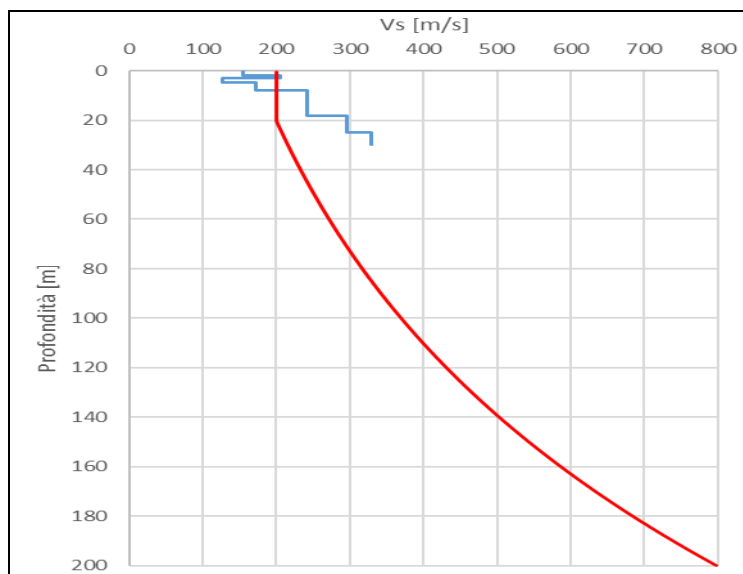
La valutazione degli effetti di amplificazione dovuti alla litologia è avvenuta mediante la procedura semplificata di 2° livello riportata nella D.G.R. 8/7374 del 28 Maggio 2008 e successivamente ripresa dalla D.G.R. IX/2616 del 30 Novembre 2011 di Regione Lombardia; la sua applicazione richiede la conoscenza della litologia prevalente dei materiali presenti in sito; e dell'andamento delle  $V_{s,eq}$  con la profondità (spessore e velocità  $V_{s,eq}$  di ciascuno strato); per la loro determinazione sono stati utilizzati i risultati ottenuti dalla esecuzione delle prove penetrometriche realizzate in sito unitamente ai dati relativi ad indagini geognostiche già realizzate ed alle stratigrafie dei pozzi presenti sul territorio comunale oltre che ai risultati emersi dall'esecuzione dell'indagine geofisica M.A.S.W. La procedura fornisce la stima quantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di valori di Fattori di Amplificazione ( $F_a$ ) dal punto di vista degli effetti litologici, al fine di determinare se la normativa nazionale risulta sufficiente o meno nella stima degli effetti di amplificazione sismica locale sulla base del confronto tra gli  $F_a$  calcolati e quelli di riferimento indicati dalla Regione Lombardia per ciascun comune; lo studio è condotto con metodi quantitativi semplificati, validi per le amplificazioni litologiche ed è utilizzato per caratterizzare l'area in esame in funzione del fattore  $F_a$ . Tale valore di  $F_a$  si riferisce quindi agli intervalli di periodo 0.1-0.5s e 0.5-1.5s, in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie più rappresentate sul territorio regionale, rispettivamente riferibili a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide (max. 4 piani) ed a strutture alte e flessibili (5 o più piani).

Sulla base dei parametri geotecnici e litologici si individua la litologia prevalente del sito e da questa si sceglie la relativa scheda di riferimento tra quelle riportate nella citata normativa regionale, che può essere utilizzata se l'andamento delle  $V_{s,eq}$  ricade nel campo di validità dell'apposito diagramma riportato nella scheda. Successivamente ricavando lo spessore del primo "sismo-strato" con  $V_{s,eq}$  pari ad almeno 200 m/s (il cui spessore deve essere di almeno 4 metri) si determina quali curve tra quelle riportate nella scheda per i due diversi intervalli di periodo descritti occorre utilizzare per la valutazione del Fattore di Amplificazione, sulla base del periodo T del sito (calcolato a partire dall'andamento delle  $V_{s,eq}$  con la profondità fino agli 800 m/s direttamente misurati o ipotizzati con adeguato gradiente).

**STIMA DEGLI EFFETTI LITOLOGICI**  
ai sensi della D.G.R. IX/2616 - 30.11.2011 di Regione Lombardia

**Scheda "LITOLOGIA SABBIOSA"**

L1		
Spess. (m)	Prof. (m)	$V_s$ (m/s)
1.9	1.9	154
1.2	3.1	206
1.8	4.9	127
2.9	7.8	173
10.5	18.3	241
6.8	25.1	295
4.9	30.0	329



Periodo T (s)
0.59

Primo strato	
Prof. (m)	18.3
$V_s$ (m/s)	207.7

Curva caratteristica	
n.	2

		Profondità primo strato (m)																	
		1-3	4	5-12	13	14	15	16	17	18	20	25	30	40	50	60	70	90	110
Velocità primo strato (m/s)	200	2	2	1-2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	250	2	2	1-2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	300	2	2	1-2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	350	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	400	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	450	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	500	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	600	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	700	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

**VERIFICA**

Periodo	Valori $F_a$ di sito	Valori $F_a$ di soglia Comune di MASSALENGO			
		Suolo B	Suolo C	Suolo D	Suolo E
$0.1 < T < 0.5$ s	<b>1.30</b>	1.40	<b>1.80</b>	2.20	1.90
$0.5 < T < 1.5$ s	<b>1.95</b>	1.70	<b>2.40</b>	4.10	3.00

La procedura ha permesso di stimare gli  $F_a$  con le schede di valutazione sopra riportate e di confrontarlo con i corrispettivi valore di soglia, considerando una variabilità di  $\pm 0.1$ , che tiene conto la variabilità del valore di  $F_a$  ottenuto. **Dalla verifica deriva che, sia nel caso di edifici bassi che caso di edifici alti, il valore di  $F_a$  calcolato e riferito alla categoria di suolo C è inferiore ai valori di riferimento; lo spettro proposto dalla normativa per suoli di tipo C risulta pertanto sufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito.**

**8.5 PARAMETRI SISMICI DI RIFERIMENTO**

Di seguito si riportano i parametri di riferimento, propri del sito in questione, per la definizione della pericolosità sismica di base ed i parametri sismici necessari per la valutazione delle azioni sismiche di progetto attese. Nel caso in esame il sito presenta le seguenti coordinate (sistema di riferimento ED50):

Latitudine	Longitudine
45.25974°	9.50918°

Per il calcolo delle grandezze  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T^*_c$  si devono considerare i seguenti parametri:

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

- **Vita nominale  $V_N$ :  $\geq 50$  anni** (tabella 2.4.I - tipologie costruttive classe 2): Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale.
- **Coefficiente d'uso  $C_U$ : 1.0** relativo alla classe d'uso II.
- **Periodo di riferimento per l'azione sismica:  $V_R = V_N \cdot C_U = 50 \cdot 1.0 = 50$  anni.**

Pertanto, a partire dai dati sopra riportati, in funzione della probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$  vengono calcolati i valori  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T^*_c$  e del periodo di ritorno  $T_R = -V_R / \ln(1 - P_{VR})$ :

Stati limite		$P_{VR}$	Periodo di ritorno (anni)	$a_g$ (g)	$F_0$	$T^*_c$ (sec)
SLE	SLO	81%	30	0.026	2.522	0.193
	SLD	63%	50	0.033	2.557	0.214
SLU	SLV	10%	475	0.072	2.581	0.286
	SLC	5%	975	0.092	2.568	0.297

Da questi ultimi è possibile ricavare, sulla base della **CATEGORIA C** del suolo di fondazione, gli ulteriori parametri:

Stati limite		$S_s$	$C_c$	$S_t$	$T_B$ (s)	$T_C$ (s)	$T_D$ (s)	$F_v$
SLE	SLO	1.50	1.806	1.00	0.116	0.349	1.705	0.55
	SLD	1.50	1.746	1.00	0.125	0.374	1.731	0.63
SLU	SLV	1.50	1.587	1.00	0.151	0.454	1.890	0.93
	SLC	1.50	1.568	1.00	0.155	0.465	1.967	1.05

Dove:

**SLE** = stati limite di esercizio:

- **SLO** = Stato Limite di Operatività;
- **SLD** = Stato Limite di Danno;

**SLU** = stati limite ultimi:

- **SLV** = Stato Limite di salvaguardia della Vita;
- **SLC** = Stato Limite di prevenzione del Collasso;



$S_s$ = coefficiente di amplificazione stratigrafica;

$C_c$ = coefficiente di categoria di sottosuolo;

$S_t$ = coefficiente di amplificazione topografica;

$T_B$ = periodo corrispondente all'inizio del tratto ad accelerazione costante spettro delle componenti orizzontali;

$T_C$ = periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante spettro delle componenti orizzontali;

$T_D$ = periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante spettro delle componenti orizzontali;

$F_v$ = fattore di amplificazione spettrale.

Per calcolare il valore di  $A_{max}$  (accelerazione massima) occorre moltiplicare il valore di  $a_g$  per i coefficienti di amplificazione sismica ( $S$ ) tramite la relazione:  $A_{max}=a_g \text{ (m/s}^2\text{)} \cdot S$ ; l'accelerazione massima deve essere fornita in  $\text{m/s}^2$ , pertanto i valori nominali di  $a_g$  precedentemente calcolati vanno moltiplicati per  $9.81 \text{ m/s}^2$  e successivamente moltiplicati per i coefficienti di amplificazione sismica  $S = S_s \cdot S_t$ .

Stati limite		$a_g$ (g)	$a_g$ (m/s <sup>2</sup> )	$S$ ( $S_s \cdot S_t$ )	$A_{max}$ (m/s <sup>2</sup> )
SLE	SLO	0.026	0.255	1.50	0.383
	SLD	0.033	0.324	1.50	0.486
SLU	SLV	0.072	0.706	1.50	1.059
	SLC	0.092	0.903	1.50	1.354

Infine i coefficienti  $K_h$  (coefficiente sismico orizzontale) e  $K_v$  (coefficiente sismico verticale) assumono i seguenti valori:

Stati limite		$K_h$	$K_v$
SLE	SLO	0.008	0.004
	SLD	0.010	0.005
SLU	SLV	0.022	0.011
	SLC	0.028	0.014

## 9.0 Valutazione del potenziale di liquefazione

---

Il fenomeno della liquefazione interessa generalmente depositi sabbiosi e/o sabbioso-limosi sciolti, saturi e a granulometria uniforme, i quali a seguito di una sollecitazione sismica passano dallo stato solido a quello fluido, denotando una diminuzione della resistenza al taglio a causa dell'aumento delle pressioni interstiziali ( $u$ ), tale da generare deformazioni permanenti significative o persino dell'annullamento delle pressioni efficaci ( $\sigma'$ ) nel terreno.

Nel caso in esame, anche in considerazione delle caratteristiche granulometriche degli orizzonti indagati, è stato ritenuto opportuno procedere con la verifica del potenziale di liquefazione tramite la determinazione, per le quattro verticali di prova, del coefficiente di sicurezza alla liquefazione  $F_s$ . Tale coefficiente esprime la resistenza che un deposito saturo oppone alla liquefazione ed è definito dal rapporto tra la capacità di resistenza alla liquefazione e la domanda di resistenza alla liquefazione:

$$F_s = CRR / CSR$$

dove:

CRR (Cycling Resistance Ratio) = resistenza al taglio mobilitabile del terreno;

CSR (Cycling Stress Ratio) = tensione tangenziale indotta dal sisma.

Il rischio di liquefazione può essere considerato nullo quando  $F_s > 1$ .

Il termine CRR si ricava a partire dai risultati ottenuti dalle prove CPT eseguite in sito e nel caso specifico ci si basa sul metodo analitico semplificato di Robertson e Wride (1998) in cui il suo valore è definito dalle equazioni (curva base per sabbia pulita):

$$CRR_{7.5} = 0.833 \cdot [(q_{c1N})_{CS}/1000] + 0.05 \quad \text{per } 0 < (q_{c1N})_{CS} < 50$$

$$CRR_{7.5} = 0.93 \cdot [(q_{c1N})_{CS}/1000]^3 + 0.08 \quad \text{per } 50 \leq (q_{c1N})_{CS} \leq 160$$

dove:

$(q_{c1N})_{CS}$  = resistenza alla punta penetrometrica corretta e normalizzata secondo le seguenti espressioni:

- $q_{c1N} = C_Q \cdot (q_c/P_a)$  con  $C_Q = (P_a/\sigma'_{vo})^n$  in cui:

$C_Q$  = Fattore di normalizzazione

$q_c$  = resistenza alla punta del penetrometro statico

$P_a$  = pressione atmosferica posta pari a 100 kPa

$\sigma'_{vo}$  = pressione litostatica verticale efficace

$n$  = esponente legato al tipo di terreno e variabile da 0.5 a 1 in funzione delle caratteristiche granulometriche (Olsen, 1997)

- $(q_{c1N})_{CS} = K_c \cdot q_{c1N}$  in cui:

$K_c$  = fattore di correzione in funzione delle caratteristiche granulometriche definito da Robertson e Wride (1998) da:

per  $I_c \leq 1.64$   $K_c = 1$

per  $2.6 > I_c > 1.64$   $K_c = -0.403 \cdot I_c^4 + 5.581 \cdot I_c^3 - 21.63 \cdot I_c^2 + 33.75 \cdot I_c - 17.88$

per  $I_c \geq 2.6$  non può avvenire il fenomeno della liquefazione

$I_c$  è definito indice del tipo di comportamento del terreno:

$I_c = [(3.47 - \log Q)^2 + (1.22 + \log F)^2]^{0.5}$  con:

$Q = [(q_c - \sigma_{vo})/P_a] \cdot [(P_a/\sigma'_{vo})^n]$  ed  $F = [(f_s/q_c - \sigma_{vo}) \cdot 100]$

Il valore del termine CSR è calcolato tramite l'equazione proposta da Seed e Idriss (1971) tramite la seguente espressione (riferita anch'essa a terremoti con magnitudo pari a 7.5):

$$CSR_{7.5} = 0.65 \cdot (a_{\max} / g) \cdot (\sigma_{vo} / \sigma'_{vo}) \cdot r_d$$

dove:

$a_{\max}$  = accelerazione massima in superficie (cm/s<sup>2</sup>);

$g$  = accelerazione di gravità (980 cm/s<sup>2</sup>);

$\sigma_{vo}$  = tensione litostatica verticale totale (Kg/cm<sup>2</sup>) alla profondità  $z$  dal p.c.;

$\sigma'_{vo}$  = tensione litostatica verticale efficace (Kg/cm<sup>2</sup>) alla profondità  $z$  dal p.c.;

$r_d$  = coefficiente di riduzione delle tensioni.

Il valore di  $r_d$  si assume pari a:

$$r_d = 1 - 0.00765 \cdot z \quad \text{per } z \leq 9.15 \text{ m}$$

$$r_d = 1.174 - 0.0267 \cdot z \quad \text{per } 9.15 < z \leq 23.0 \text{ m}$$

$$r_d = 0.074 - 0.08 \cdot z \quad \text{per } 23.0 < z \leq 30.0 \text{ m}$$

$$r_d = 0.5 \quad \text{per } z > 30 \text{ m}$$

$z$  = profondità espressa in metri dal piano campagna allo strato considerato.

I valori di CSR conseguentemente ottenuti sono riferiti ad eventi sismici di magnitudo pari a 7.5, per terremoti con magnitudo diversa è necessario introdurre un coefficiente correttivo MSF (magnitudo Scaling Factor), applicato per convenzione alla capacità di resistenza alla liquefazione; tale valore viene calcolato tramite le equazioni:

$$MSF = (M / 7.5)^{-3.3} \quad \text{per } M \leq 7.5 \quad (\text{Andrus e Stokoe, 1997});$$

$$MSF = (10^{2.24} / M^{2.56}) \quad \text{per } M > 7.5 \quad (\text{Idriss, 1990}).$$

Poiché l'area in esame non ricade all'interno di una zona sismogenetica la magnitudo massima attesa è stata assunta pari a 6.60, ottenuta mediante interpolazione delle distanze tra il punto in causa e le zone sismogenetiche n.911 Tortona-Bobbio, n.907 Bergamasco, n.913 Appennino Emiliano-Romagnolo, n.912 Dorsale Ferrarese, n.906 Garda-Veronese, n.902 Vallese, n.909 Alpi Occidentali e n.908 Piemonte.

Dalla elaborazione dei dati ottenuti tramite le prove penetrometriche CPT eseguite è possibile escludere il rischio di liquefazione per i depositi descritti; in allegato (ALL. 5) sono riportate le verifiche eseguite.

Nello specifico i materiali dei livelli I e III risultano non liquefacibili in quanto di natura prevalentemente coesiva; per i depositi degli orizzonti II, IV e V i valori dei coefficienti di sicurezza risultano, nei casi in cui  $(q_{c1N})_{CS} \leq 160$ , superiori ad 1, mentre sono stati omessi i calcoli di  $F_s$  nei casi di  $(q_{c1N})_{CS} \geq 160$ , come indicato dalla teoria di Robertson e Wride che in ogni caso determinano valori di  $F_s$  molto maggiori.

## 10.0 Terre e Rocce da scavo

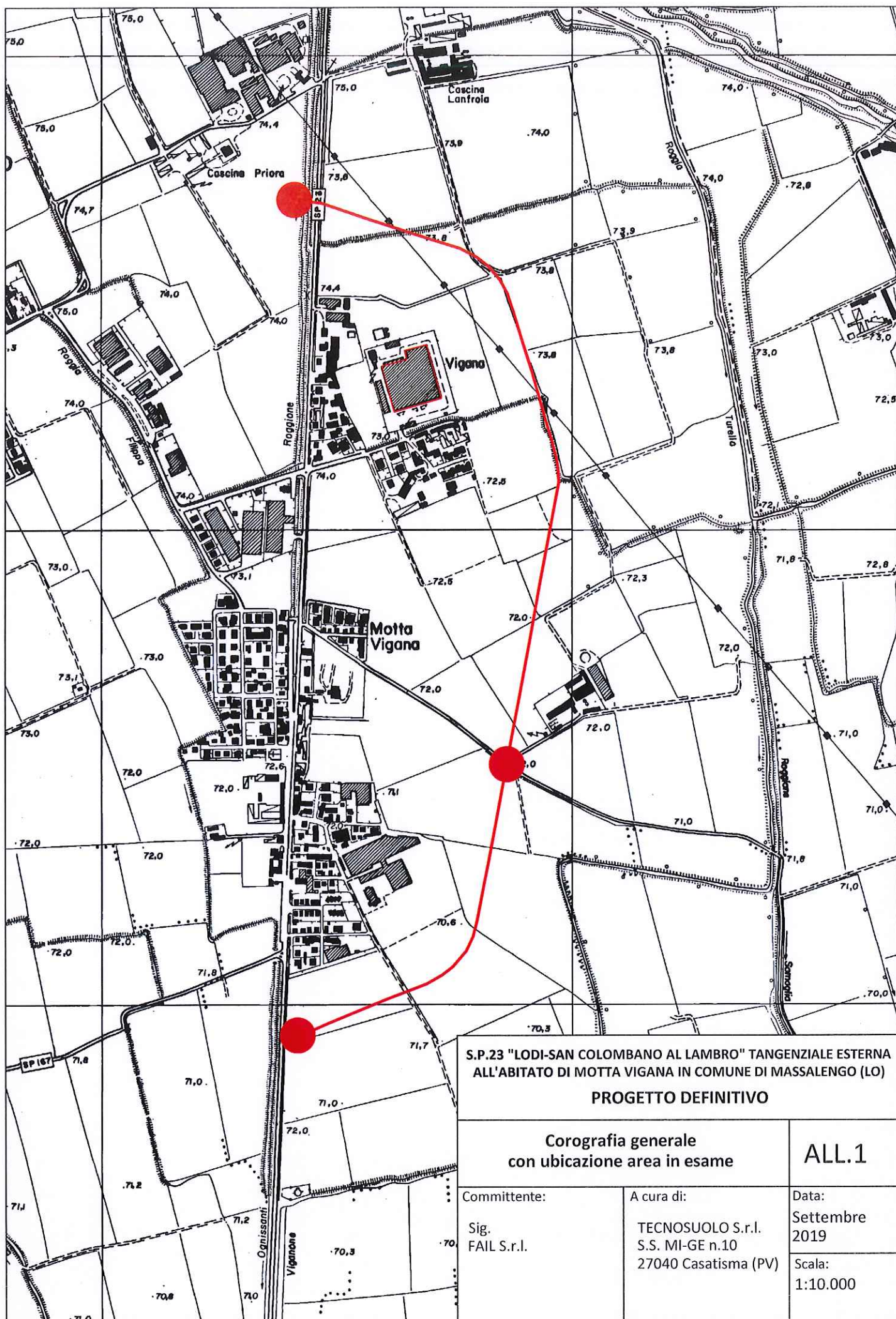
---

Per l'eventuale riutilizzo dei materiali di risulta degli scavi si potrà fare riferimento al D.P.R. n.120 del 13.06.2017 (che riunisce e sostituisce gli articoli n.184, n.185 e n.186 del D.Lgs. n.152 del 03.04.2006 ed il D.M. n.161 del 10.08.2012, disciplinato dall'articolo n.41-bis della L. n.98 del 09.08.2013) o, in caso contrario, essi dovranno essere gestiti come rifiuto secondo quanto previsto dalla parte IV del D.Lgs. n.152 del 03.04.2006.

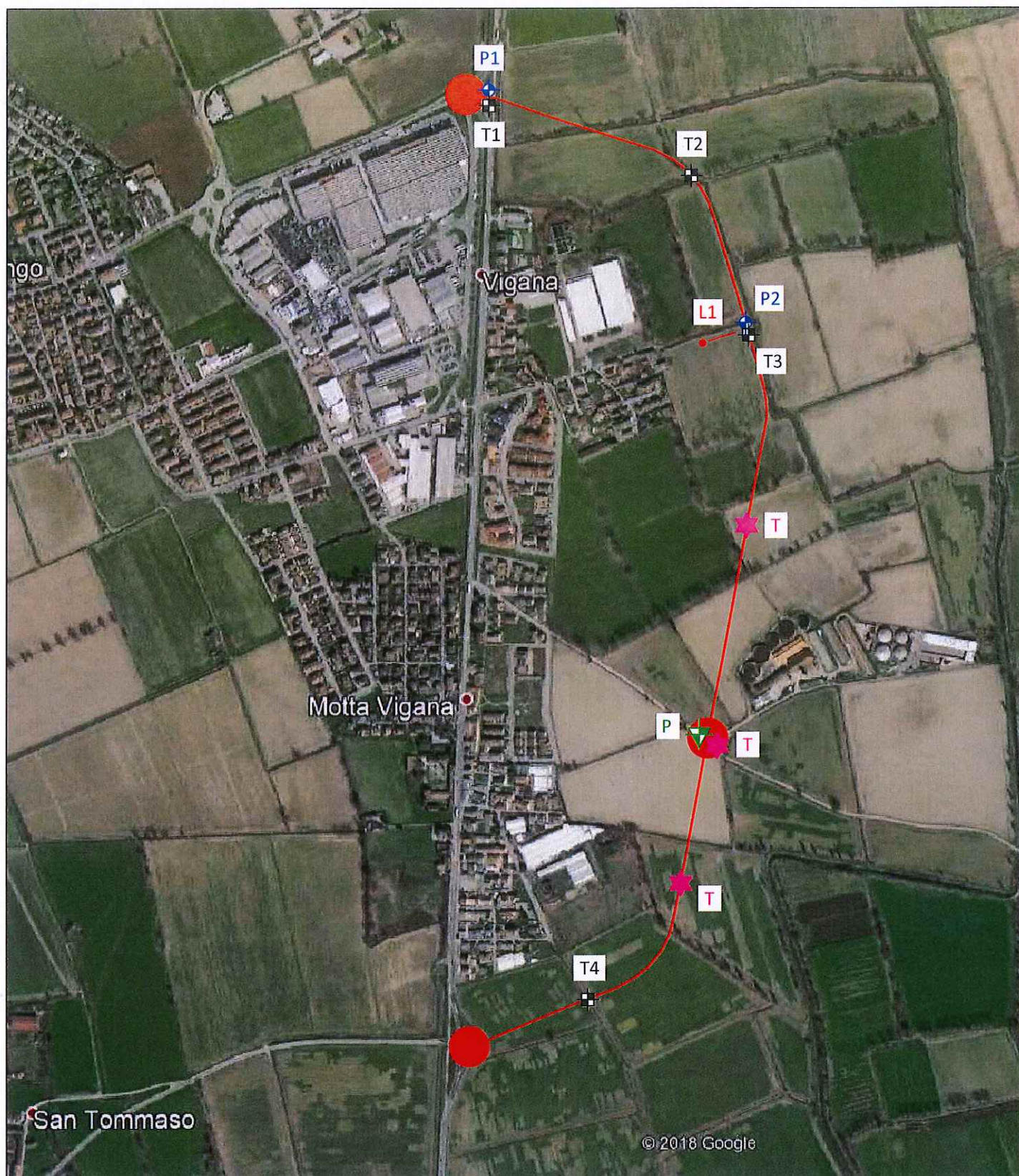
Casatisma (PV), settembre 2019







Dott. Geol. Mauro SALERI









#### Indagini realizzate

-  Prova penetrometrica statica C.P.T.
-  Trincea esplorativa
-  Stendimento sismico M.A.S.W.
-  Punto di energizzazione

#### Indagini previste ma non realizzate

-  Prova penetrometrica statica C.P.T.
-  Trincea esplorativa

S.P.23 "LODI-SAN COLOMBANO AL LAMBRO" TANGENZIALE ESTERNA  
ALL'ABITATO DI MOTTA VIGANA IN COMUNE DI MASSALENGO (LO)

#### PROGETTO DEFINITIVO

Foto aerea con ubicazione  
punti di indagine

ALL.2

Committente:

Sig.  
FAIL S.r.l.

A cura di:

TECNOSUOLO S.r.l.  
S.S. MI-GE n.10  
27040 Casatisma (PV)

Data:

Settembre  
2019

Scala:

1:10.000

**S.P.23 "LODI-SAN COLOMBANO AL LAMBRO" TANGENZIALE ESTERNA  
ALL'ABITATO DI MOTTA VIGANA IN COMUNE DI MASSALENGO (LO)  
PROGETTO DEFINITIVO**

**Istogrammi prove penetrometriche**

**ALL.3**

Committente:

Sig.  
FAIL S.r.l.

A cura di:

TECNOSUOLO S.r.l.  
S.S. MI-GE n.10  
27040 Casatisma (PV)

Data:

Settembre  
2019

Scala:

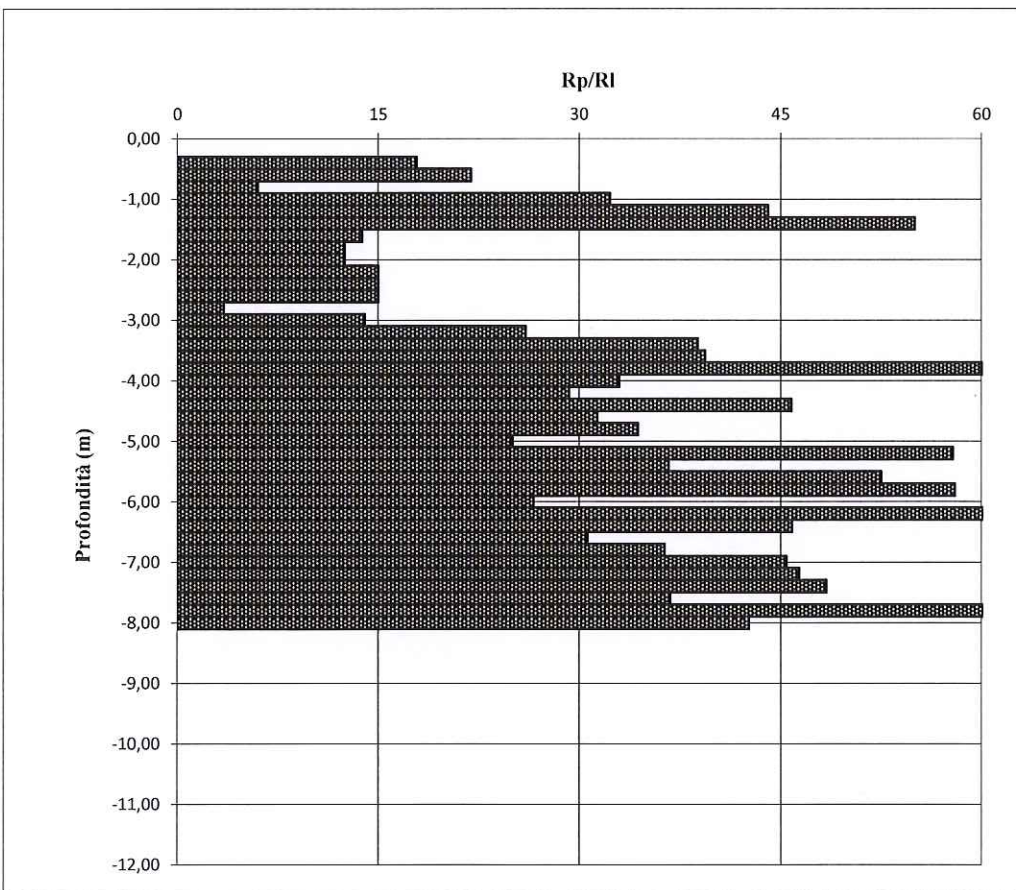
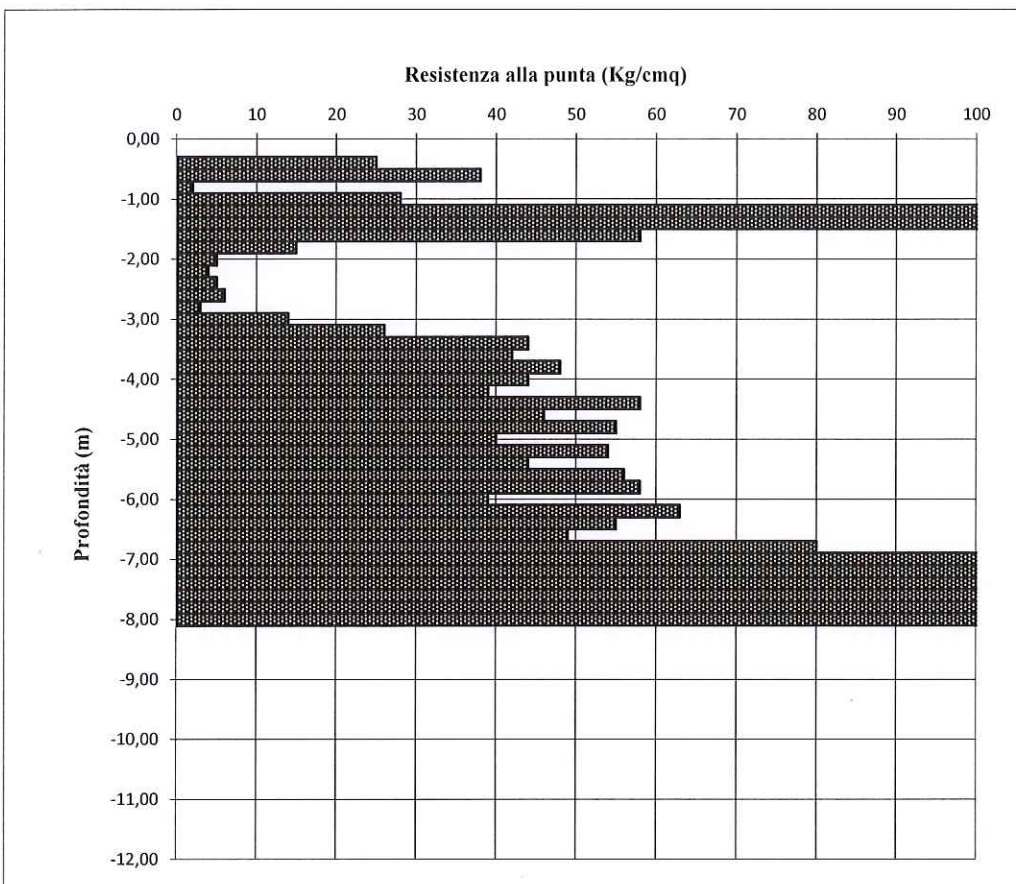
//



**Prova penetrometrica statica n.**

**P1**

Località: **Motta Vigana - Comune di Massalengo (LO)** Data: **26.11.2018**  
 Committente: **FAIL S.r.l.** Quota inizio: **p.c.**



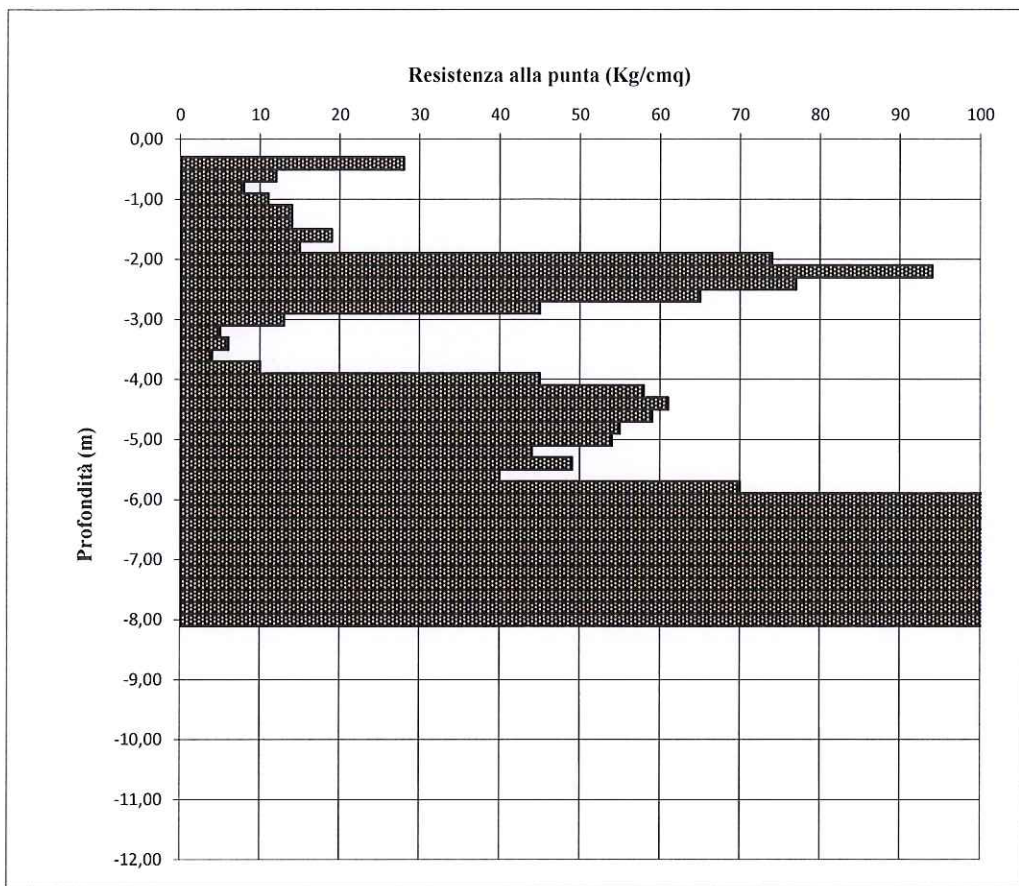
Quota	Rp	Rp + Rm	Rp/Rl
0,00	0	0	0
-0,20	0	0	0
-0,40	25	46	18
-0,60	38	64	22
-0,80	2	7	6
-1,00	28	41	32
-1,20	185	248	44
-1,40	154	196	55
-1,60	58	121	14
-1,80	15	33	13
-2,00	5	11	13
-2,20	4	8	15
-2,40	5	10	15
-2,60	6	12	15
-2,80	3	16	3
-3,00	14	29	14
-3,20	26	41	26
-3,40	44	61	39
-3,60	42	58	39
-3,80	48	60	60
-4,00	44	64	33
-4,20	39	59	29
-4,40	58	77	46
-4,60	46	68	31
-4,80	55	79	34
-5,00	40	64	25
-5,20	54	68	58
-5,40	44	62	37
-5,60	56	72	53
-5,80	58	73	58
-6,00	39	61	27
-6,20	63	78	63
-6,40	55	73	46
-6,60	49	73	31
-6,80	80	113	36
-7,00	106	141	45
-7,20	102	135	46
-7,40	100	131	48
-7,60	103	145	37
-7,80	142	172	71
-8,00	125	169	43
-8,20			
-8,40			
-8,60			
-8,80			
-9,00			
-9,20			
-9,40			
-9,60			
-9,80			
-10,00			
-10,20			
-10,40			
-10,60			
-10,80			
-11,00			
-11,20			
-11,40			
-11,60			
-11,80			
-12,00			

Livello acqua a -2,50m da p.c.

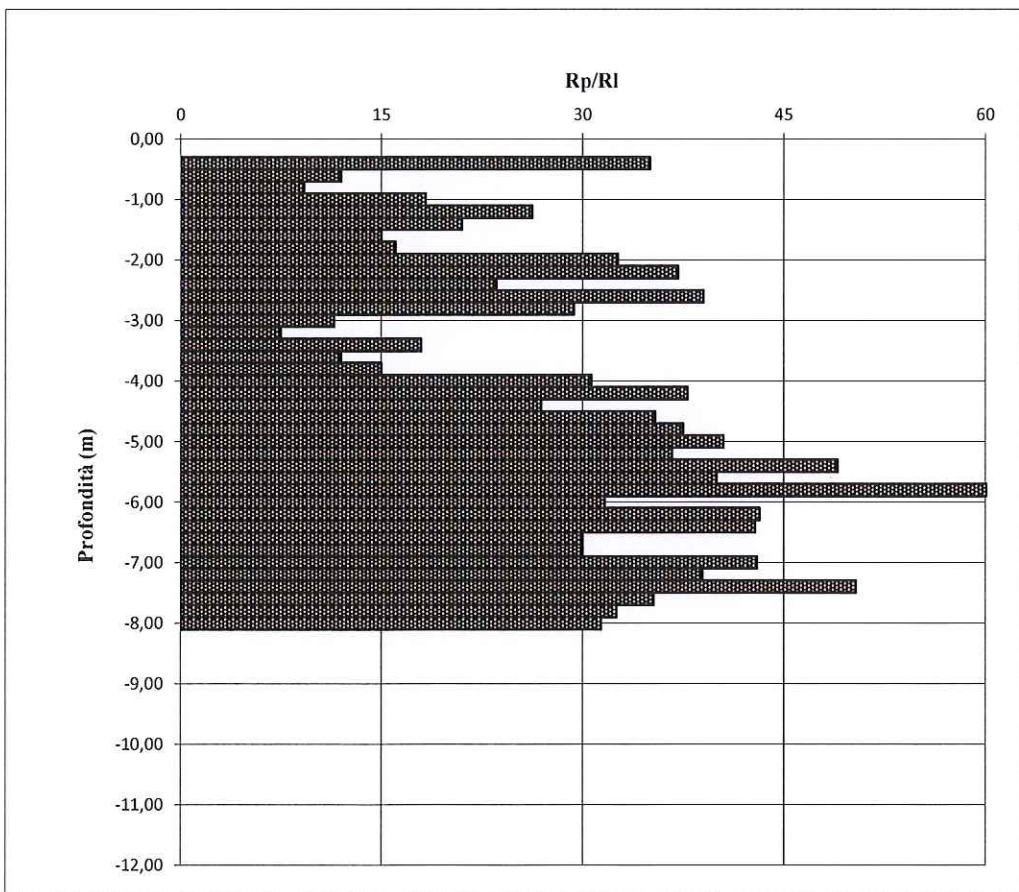
## Prova penetrometrica statica n.

P2

Località: Motta Vigana - Comune di Massalengo (LO) Data: 26.11.2018  
 Committente: FAIL S.r.l. Quota inizio: p.c.



Quota	Rp	Rp + Rm	Rp/Rl
0,00	0	0	0
-0,20	0	0	0
-0,40	28	40	35
-0,60	12	27	12
-0,80	8	21	9
-1,00	11	20	18
-1,20	14	22	26
-1,40	14	24	21
-1,60	19	38	15
-1,80	15	29	16
-2,00	74	108	33
-2,20	94	132	37
-2,40	77	126	24
-2,60	65	90	39
-2,80	45	68	29
-3,00	13	30	11
-3,20	5	15	8
-3,40	6	11	18
-3,60	4	9	12
-3,80	10	20	15
-4,00	45	67	31
-4,20	58	81	38
-4,40	61	95	27
-4,60	59	84	35
-4,80	55	77	38
-5,00	54	74	41
-5,20	44	62	37
-5,40	49	64	49
-5,60	40	55	40
-5,80	70	85	70
-6,00	114	168	32
-6,20	118	159	43
-6,40	100	135	43
-6,60	102	153	30
-6,80	108	162	30
-7,00	129	174	43
-7,20	122	169	39
-7,40	141	183	50
-7,60	120	171	35
-7,80	115	168	33
-8,00	136	201	31
-8,20			
-8,40			
-8,60			
-8,80			
-9,00			
-9,20			
-9,40			
-9,60			
-9,80			
-10,00			
-10,20			
-10,40			
-10,60			
-10,80			
-11,00			
-11,20			
-11,40			
-11,60			
-11,80			
-12,00			



Foro chiuso a -1,40m da p.c.



**S.P.23 "LODI-SAN COLOMBANO AL LAMBRO" TANGENZIALE ESTERNA  
ALL'ABITATO DI MOTTA VIGANA IN COMUNE DI MASSALENGO (LO)  
PROGETTO DEFINITIVO**

**Stratigrafie trincee esplorative**

**ALL.4**

Committente:

Sig.  
FAIL S.r.l.

A cura di:

TECNOSUOLO S.r.l.  
S.S. MI-GE n.10  
27040 Casatisma (PV)

Data:

Settembre  
2019

Scala:

//

# Tecnosuolo s.r.l.

27040 Casatisma (Pv) S.S Mi-Ge n° 10  
Tel. (0383) 891852 Fax (0383) 891847

COMMITTENTE: FAIL S.r.l.

TRINCEA

LOCALITA': Motta Vigana (LO)

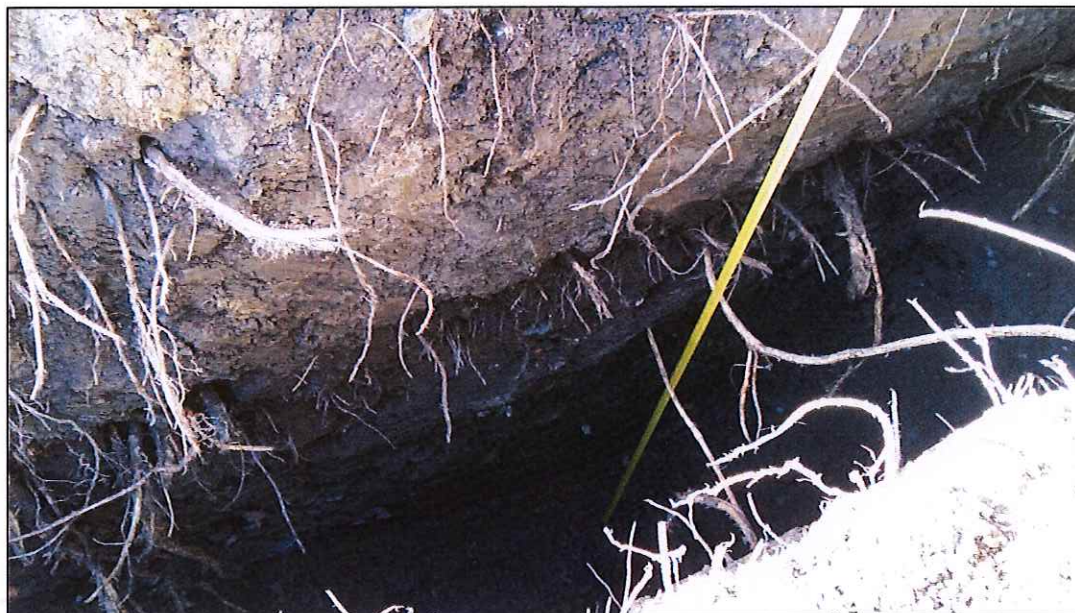
N° T1

QUOTA INIZIO: p.c.

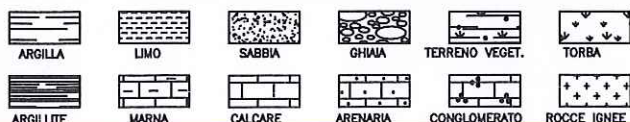
DATA  
26.11.2018

## INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE

profondità strati mt.	spessore strati mt.	stratigrafia	carotaggio	CAMPIONI		H <sub>2</sub> O	DESCRIZIONE LITOLOGICA	V.T. Kg/cmq	P.P. Kg/cmq	S.P.T.			NOTE
				tipo	profond. mt.								
0.00							Terreno vegetale argilloso-limoso.						
0.50													
1.70							Materiale di natura ghiaioso-sabbiosa in matrice argillosa con ciottoli e frammenti di laterizi e c.l.s.						
2.00							Argille limoso-sabbiose di colore marrone-grigiastro con rari ciottoli poligenici ed eterometrici.						



CAMPIONE: ☐ Rimaneggiato ☐ Ambientale ☐ Indisturbato



CASSETTE  
CATALOGATRICI

n° //

### LIVELLO FALDA

DATA	Prof. riv.	Prof. foro	Livello acqua



# Tecnosuolo s.r.l.

27040 Casatisma (Pv) S.S Mi-Ge n° 10  
Tel. (0383) 891852 Fax (0383) 891847

COMMITTENTE: FAIL S.r.l.

LOCALITA': Motta Vigana (LO)

TRINCEA

N° T2

INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE

QUOTA INIZIO: p.c.

DATA  
26.11.2018

profondità strati mt.	spessore strati mt.	stratigrafia	carotaggio	CAMPIONI		H <sub>2</sub> O	DESCRIZIONE LITOLOGICA	V.T. Kg/cmq	P.P. Kg/cmq	S.P.T.		NOTE
				tipo	profond. mt.							
0.00												
0.35							Terreno coltivo (argilla limosa di colore marrone-scuro).					
				●	C.I.1 0.40		Argille limose e limi argillosi localmente sabbiosi di colore marrone-grigiastro con screziature grigiastro-rossastre.					
				□	C.R.1 0.35 - 1.00							
1.00												



CAMPIONE: ☐ Rimaneggiato ☐ Ambientale ☐ Indisturbato



ARGILLA



LIMO



SABBIA



GHIAIA



TERRNO VEGET.



TORBA



ARGILLITE



MARNA



CALCARE



ARENARIA



CONGLOMERATO



ROCCE IGNEE

CASSETTE  
CATALOGATRICI

n° //

LIVELLO FALDA

DATA	Prof. riv.	Prof. foro	Livello acqua



# Tecnosuolo s.r.l.

27040 Casatisma (Pv) S.S Mi-Ge n° 10  
Tel. (0383) 891852 Fax (0383) 891847

INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE

COMMITTENTE: FAIL S.r.l.

LOCALITA': Motta Vigana (LO)

QUOTA INIZIO: p.c.

TRINCEA

N° T3

DATA  
23.01.2019

profondità strati mt.	spessore strati mt.	stratigrafia	carotaggio	CAMPIONI		H <sub>2</sub> O	DESCRIZIONE LITOLOGICA	V.T. Kg/cmq	P.P. Kg/cmq	S.P.T.			NOTE
				tipo	profond. mt.								
0.00							Terreno coltivo (argilla limosa di colore marrone-scuro).						
0.35													
				●	C.I.1 0.40		Argille limose e limi argillosi localmente sabbiosi di colore marrone chiaro-grigiastro.						
				□	C.R.1 0.35 - 1.00								
1.00													



CAMPIONE: ☐ Rimaneggiato ☐ Ambientale ☐ Indisturbato



ARGILLA



LIMO



SABBIA



GHIAIA



TERRENO VEGET.



TORBA



ARGILLITE



MARNA



CALCARE



ARENARIA



CONGLOMERATO



ROCCE IGNEE

CASSETTE  
CATALOGATRICI

n° //

LIVELLO FALDA

DATA	Prof. riv.	Prof. foro	Livello acqua



# Tecnosuolo s.r.l.

27040 Casatisma (Pv) S.S Mi-Ge n° 10  
Tel. (0383) 891852 Fax (0383) 891847

INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE

COMMITTENTE: FAIL S.r.l.

LOCALITA': Motta Vigana (LO)

QUOTA INIZIO: p.c.

TRINCEA

N° T4

DATA  
24.04.2019

profondità strati mt.	spessore strati mt.	stratigrafia	carotaggio	CAMPIONI		H <sub>2</sub> O	DESCRIZIONE LITOLOGICA	V.T. Kg/cmq	P.P. Kg/cmq	S.P.T.			NOTE
				tipo	profond. mt.								
0.00							Terreno coltivo (argilla limosa di colore marrone-scuro) con locali frammenti di laterizi.						
0.40				●	C.I.1 0.40		Argille limose e limi argillosi localmente sabbiosi di colore marrone chiaro-grigiastro.						
				□	C.R.1 0.35 — 1.00								
1.00													



CAMPIONE: ☐ Rimaneggiato ☐ Ambientale ☒ Indisturbato



ARGILLA



LIMO



SABBIA



GHIAIA



TERRENO VEGET.



TORBA



ARGILLITE



MARNA



CALCARE



ARENARIA



CONGLOMERATO



ROCCE IGNEE

CASSETTE  
CATALOGATRICI

n° //

LIVELLO FALDA

DATA	Prof. riv.	Prof. foro	Livello acqua

**S.P.23 "LODI-SAN COLOMBANO AL LAMBRO" TANGENZIALE ESTERNA  
ALL'ABITATO DI MOTTA VIGANA IN COMUNE DI MASSALENGO (LO)**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**Verifiche del potenziale di liquefazione**

**ALL.5**

Committente:

Sig.  
FAIL S.r.l.

A cura di:

TECNOSUOLO S.r.l.  
S.S. MI-GE n.10  
27040 Casatisma (PV)

Data:

Settembre  
2019

Scala:

//



## PROVA P1

Prof. (m)	Resistenza alla punta $q_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistenza laterale $f_s$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$q_{c1N\ CS}$	$r_d$	MSF	CSR	CRR	F <sub>s</sub>
0,20	-	-	-	-	-	-	-	-
0,40	0	-	-	-	-	-	-	-
0,60	25	1,40	247,3	0,997	1,525	0,064	N.C.	N.C.
0,80	38	1,73	244,7	0,995	1,525	0,064	N.C.	N.C.
1,00	2	0,33	N.L.	0,994	1,525	0,064	N.L.	N.L.
1,20	28	0,87	147,6	0,992	1,525	0,063	0,38	5,97
1,40	185	4,20	459,7	0,991	1,525	0,070	N.C.	N.C.
1,60	154	2,80	360,0	0,989	1,525	0,075	N.C.	N.C.
1,80	58	4,20	337,6	0,988	1,525	0,080	N.C.	N.C.
2,00	15	1,20	N.L.	0,986	1,525	0,084	N.L.	N.L.
2,20	5	0,40	N.L.	0,985	1,525	0,087	N.L.	N.L.
2,40	4	0,27	N.L.	0,983	1,525	0,090	N.L.	N.L.
2,60	5	0,33	N.L.	0,982	1,525	0,093	N.L.	N.L.
2,80	6	0,40	N.L.	0,980	1,525	0,095	N.L.	N.L.
3,00	3	0,87	N.L.	0,979	1,525	0,097	N.L.	N.L.
3,20	14	1,00	N.L.	0,977	1,525	0,099	N.L.	N.L.
3,40	26	1,00	140,9	0,976	1,525	0,101	0,34	3,37
3,60	44	1,13	141,0	0,974	1,525	0,102	0,34	3,32
3,80	42	1,07	135,6	0,972	1,525	0,104	0,31	3,00
4,00	48	0,80	118,3	0,971	1,525	0,105	0,23	2,23
4,20	44	1,33	149,5	0,969	1,525	0,106	0,39	3,68
4,40	39	1,33	150,3	0,968	1,525	0,107	0,40	3,69
4,60	58	1,27	142,9	0,966	1,525	0,108	0,35	3,25
4,80	46	1,47	153,3	0,965	1,525	0,109	0,41	3,80
5,00	55	1,60	157,5	0,963	1,525	0,110	0,44	4,03
5,20	40	1,60	161,8	0,962	1,525	0,111	N.C.	N.C.
5,40	54	0,93	120,1	0,960	1,525	0,111	0,24	2,17
5,60	44	1,20	134,5	0,959	1,525	0,112	0,31	2,74
5,80	56	1,07	125,7	0,957	1,525	0,113	0,26	2,35
6,00	58	1,00	121,9	0,956	1,525	0,113	0,25	2,20
6,20	39	1,47	150,3	0,954	1,525	0,114	0,40	3,48
6,40	63	1,00	121,7	0,953	1,525	0,114	0,25	2,17
6,60	55	1,20	129,1	0,951	1,525	0,114	0,28	2,45
6,80	49	1,60	150,4	0,950	1,525	0,115	0,40	3,45
7,00	80	2,20	173,1	0,948	1,525	0,115	N.C.	N.C.
7,20	106	2,33	184,2	0,946	1,525	0,116	N.C.	N.C.
7,40	102	2,20	176,9	0,945	1,525	0,116	N.C.	N.C.
7,60	100	2,07	170,5	0,943	1,525	0,116	N.C.	N.C.
7,80	103	2,80	193,8	0,942	1,525	0,116	N.C.	N.C.
8,00	142	2,00	192,2	0,940	1,525	0,117	N.C.	N.C.

N.L. = non liquefacibile ( $I_L > 2.6$ ) N.C. = non calcolabile ( $q_{c1N\ CS} > 160$ )

## PROVA P2

Prof. (m)	Resistenza alla punta $q_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistenza laterale $f_s$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$q_{c1NCS}$	rd	MSF	CSR	CRR	Fs
0,20	-	-	-	-	-	-	-	-
0,40	0	0,00	N.C.	0,998	1,525	0,064	N.C.	N.C.
0,60	28	0,80	247,3	0,997	1,525	0,064	N.C.	N.C.
0,80	12	1,00	244,7	0,995	1,525	0,064	N.C.	N.C.
1,00	8	0,87	N.L.	0,994	1,525	0,064	N.L.	N.L.
1,20	11	0,60	147,6	0,992	1,525	0,063	0,38	5,97
1,40	14	0,53	459,7	0,991	1,525	0,070	N.C.	N.C.
1,60	14	0,67	360,0	0,989	1,525	0,075	N.C.	N.C.
1,80	19	1,27	337,6	0,988	1,525	0,080	N.C.	N.C.
2,00	15	0,93	N.L.	0,986	1,525	0,084	N.L.	N.L.
2,20	74	2,27	N.L.	0,985	1,525	0,087	N.L.	N.L.
2,40	94	2,53	N.L.	0,983	1,525	0,090	N.L.	N.L.
2,60	77	3,27	N.L.	0,982	1,525	0,093	N.L.	N.L.
2,80	65	1,67	N.L.	0,980	1,525	0,095	N.L.	N.L.
3,00	45	1,53	N.L.	0,979	1,525	0,097	N.L.	N.L.
3,20	13	1,13	N.L.	0,977	1,525	0,099	N.L.	N.L.
3,40	5	0,67	140,9	0,976	1,525	0,101	0,34	3,37
3,60	6	0,33	141,0	0,974	1,525	0,102	0,34	3,32
3,80	4	0,33	135,6	0,972	1,525	0,104	0,31	3,00
4,00	10	0,67	118,3	0,971	1,525	0,105	0,23	2,23
4,20	45	1,47	149,5	0,969	1,525	0,106	0,39	3,68
4,40	58	1,53	150,3	0,968	1,525	0,107	0,40	3,69
4,60	61	2,27	142,9	0,966	1,525	0,108	0,35	3,25
4,80	59	1,67	153,3	0,965	1,525	0,109	0,41	3,80
5,00	55	1,47	157,5	0,963	1,525	0,110	0,44	4,03
5,20	54	1,33	161,8	0,962	1,525	0,111	N.C.	N.C.
5,40	44	1,20	120,1	0,960	1,525	0,111	0,24	2,17
5,60	49	1,00	134,5	0,959	1,525	0,112	0,31	2,74
5,80	40	1,00	125,7	0,957	1,525	0,113	0,26	2,35
6,00	70	1,00	121,9	0,956	1,525	0,113	0,25	2,20
6,20	114	3,60	150,3	0,954	1,525	0,114	0,40	3,48
6,40	118	2,73	121,7	0,953	1,525	0,114	0,25	2,17
6,60	100	2,33	129,1	0,951	1,525	0,114	0,28	2,45
6,80	102	3,40	150,4	0,950	1,525	0,115	0,40	3,45
7,00	108	3,60	173,1	0,948	1,525	0,115	N.C.	N.C.
7,20	129	3,00	184,2	0,946	1,525	0,116	N.C.	N.C.
7,40	122	3,13	176,9	0,945	1,525	0,116	N.C.	N.C.
7,60	141	2,80	170,5	0,943	1,525	0,116	N.C.	N.C.
7,80	120	3,40	193,8	0,942	1,525	0,116	N.C.	N.C.
8,00	115	3,53	192,2	0,940	1,525	0,117	N.C.	N.C.

N.L. = non liquefacibile ( $I_c > 2.6$ ) N.C. = non calcolabile ( $q_{c1NCS} > 160$ )

**S.P.23 "LODI-SAN COLOMBANO AL LAMBRO" TANGENZIALE ESTERNA  
ALL'ABITATO DI MOTTA VIGANA IN COMUNE DI MASSALENGO (LO)  
PROGETTO DEFINITIVO**

**Risultati prove di laboratorio**

**ALL.6**

Committente:

Sig.  
FAIL S.r.l.

A cura di:

TECNOSUOLO S.r.l.  
S.S. MI-GE n.10  
27040 Casatisma (PV)

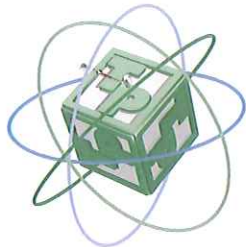
Data:

Settembre  
2019

Scala:

//





# TECNO PIEMONTE S.p.A.

CENTRO PROVE – RICERCHE – AMBIENTE – SERVIZI PER INGEGNERIA  
AUT. MIN.: INTERNO - SALUTE - SVILUPPO ECONOMICO – ISTRUZIONE UNIVERSITA' E RICERCA  
INFRASTRUTTURE E TRASPORTI ART. 20 LEGGE 1086/71 – DPR. 380/01  
INDAGINI – GEOTECNICA TERRENI E ROCCE - MARCATURA CE ORGANISMO NOTIFICATO N° 1372



Committente:

TECNOSUOLO s.r.l.  
S.S. MI-GE, 10  
27040 CASATISMA (PV)

RAPPORTO DI PROVA	10414/IV	DEL	07/12/2018	Pagina 1 di 3
Verbale di accettazione n°	1071/GT	del	28/11/2018	Vs. rif. : -

SETTORE	GEOTECNICA - PROVE DI LABORATORIO SUI TERRENI		
CANTIERE	Motta Vigana (LO) - FAIL S.r.l.		
ENTE APPALTANTE	FAIL S.r.l.		
DIRETTORE DEI LAVORI:	-		
DESCRIZIONE MATERIALE	n. 1 campione di terreno rimaneggiato: Contrassegno/cod. prova: T1 C.R.1 Sondaggio: - Opera/WBS/Ubicazione: Motta Vigana (LO) Quota/Profondità: prof. da -0,50 a -1,70 m Data prelievo: -	DATA ARRIVO AL LABORATORIO	
		28/11/2018	
		MODALITA' DI ACCETTAZIONE	
		Consegnato dal Committente	
PROVE ESEGUITE	Analisi granulometrica per vagliatura Classificazione geotecnica Indice di portanza CBR	NORMA DI RIFERIMENTO	
		CNR B.U. n. 23 - CEN ISO/TS 17892-4 CNR UNI 10006 UNI EN 13286-47	

I risultati si riferiscono esclusivamente ai campioni sottoposti a prova (UNI CEI EN ISO/IEC 17025)

LO SPERIMENTATORE	Dott. Geol. Andrea TORRIGLIA 
IL VICE DIRETTORE DEL LABORATORIO GEOTECNICO	Dott. Geol. Mauro BIANCO 

Sede Amministrativa  
Statale Valsesia, 20  
13035 Lenta (Vc)  
Tel. +39-0163.885.111  
Fax +39-0163.885.028

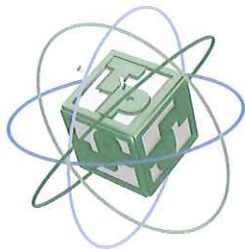
Unità operativa n. 1  
Statale Valsesia, 20  
13035 Lenta (Vc)  
Tel. +39-0163.885.111  
Fax +39-0163.885.028

Unità operativa n. 2  
Via Ponte Romano, 228-230  
11027 Saint-Vincent (Ao)  
Tel. +39-0166.537.780  
Fax +39-0166.510.914

Unità locali uffici  
13836 Cossato (Bi) - Via Corridoni, 54  
00161 Roma - Via De Rossi, 4  
tecnopiemonte@tecnopiemonte.com  
www.tecnopiemonte.com

Sede legale - Via C. Pizzorno, 12 - 28078 Romagnano Sesia (No) - Tel. +39-0163.885.111 - Fax +39-0163.885.028

P. IVA 00590090031 - R.E.A. NO 136553 - CAP. SOC. a 2.400.000,00 I.V. - TRIB. NO 7192



Committente:	TECNOSUOLO s.r.l.		
Rapporto di prova n.:	10414/V	del	07/12/2018
Verbale di accettazione n.:	1071/GT	del	28/11/2018
Vs. rif.:	-		

Oggetto:	ANALISI GRANULOMETRICA, CLASSIFICAZIONE		
Normativa di riferimento:	CNR B.U. n. 23 - ASTM: D421 - D422 - CEN ISO/TS 17892-4; Raccomandazioni AGI; UNI 10006		
Cantiere:	Motta Vigana (LO) - FAIL S.r.l.		
Ente Appaltante:	FAIL S.r.l.		
General Contractor:	-		
Direzione Lavori:	-		

#### Identificazione del campione

Contrassegno/cod. prova:	T1 C.R.1	Modalità accettazione:	consegnato dal Committente
Sondaggio:	-		
Opera/WBS/Ubicazione:	Motta Vigana (LO) - FAIL S.r.l.	Data arrivo al lab.:	28/11/2018
Quota/Profondità (m):	prof. da -0,50 a -1,70 m	Data prova:	30/11/2018
Osservazioni:			

Metodo di prova: analisi eseguita mediante vagliatura via umida

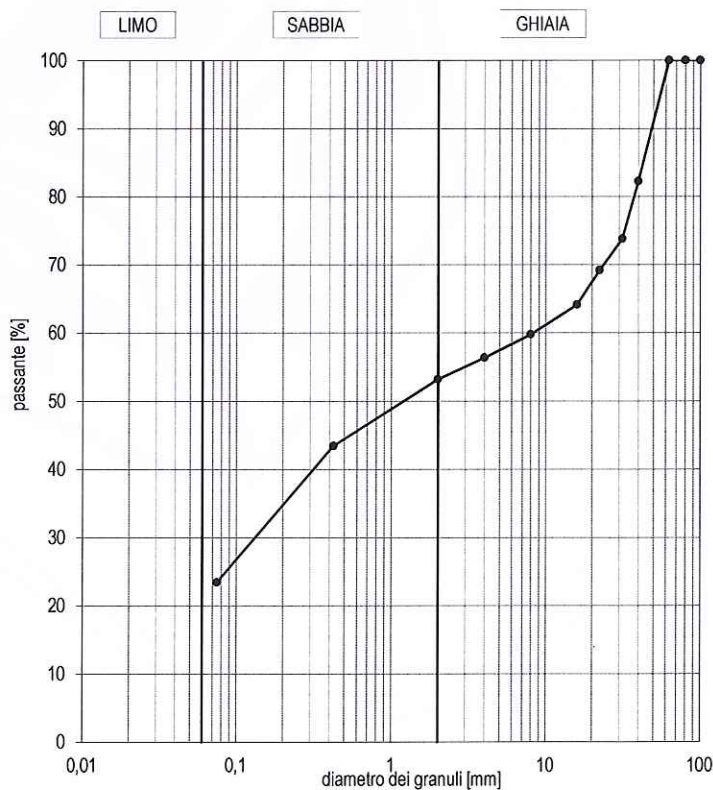
	serie vagli ISO apertura [mm]	trattenuto parz. [%]	passante progr. [%]
#	100	0,0	100,0
#	80	0,0	100,0
#	63	0,0	100,0
#	40	17,7	82,3
#	31,5	8,5	73,8
#	22,4	4,6	69,2
#	16	5,1	64,1
#	8	4,3	59,8
#	4	3,4	56,4
#	2	3,1	53,2
#	0,425	9,8	43,4
#	0,075	20,0	23,4
peso iniziale:		5613	g

#### LIMITI DI ATTERBERG

Limite liquido	0	(n.d.)
Limite plastico	0	(n.d.)
Indice plastico	0	(NP)
Indice di gruppo	0	

Classificazione UNI 10006

A-1b



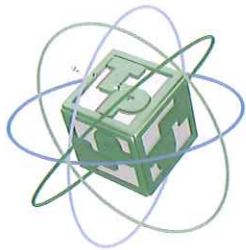
Sede Amministrativa  
Statale Valsesia, 20  
13035 Lenta (Vc)  
Tel. +39-0163.885.111  
Fax +39-0163.885.028

Unità operativa n. 1  
Statale Valsesia, 20  
13035 Lenta (Vc)  
Tel. +39-0163.885.111  
Fax +39-0163.885.028

Unità operativa n. 2  
Via Ponte Romano, 228-230  
11027 Saint-Vincent (Ao)  
Tel. +39-0166.537.780  
Fax +39-0166.510.914

Unità locali uffici  
13836 Cossato (Bi) - Via Corridoni, 54  
00161 Roma - Via De Rossi, 4  
tecnopiemonte@tecnopiemonte.com  
www.tecnopiemonte.com





Committente:	TECNOSUOLO s.r.l.		
Rapporto di prova n.:	10414/GT	del	07/12/2018
Verbale di accettazione n.:	1071/GT	del	28/11/2018
Vs. rif.:	-		

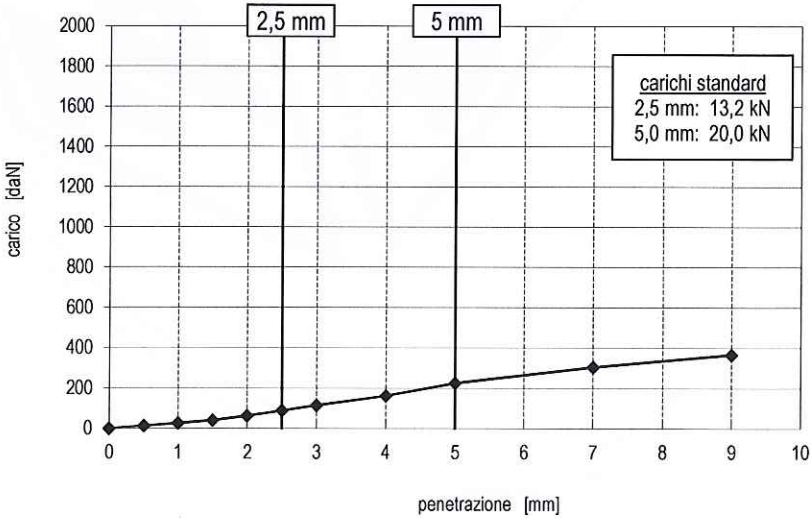
Oggetto:	DETERMINAZIONE DELL'INDICE DI PORTANZA CBR		
Normativa di riferimento:	UNI EN 13286-47		
Cantiere:	Motta Vigana (LO) - FAIL S.r.l.		
Ente Appaltante:	-		
General Contractor	-		
Direttore dei Lavori:	-		
Identificazione del campione			
Contrassegno/codice prova.:	T1 C.R.1	Modalità accettazione:	consegnato dal Committente
Sondaggio:	-	Quota/Profondità:	-
Opera/WBS/Ubicazione:	Motta Vigana (LO)	Data arrivo al lab.:	28/11/2018
Quota/Profondità (m):	prof. da -0,50 a -1,70 m	Data prova:	30/11/2018
Osservazioni:	-		
Procedimento: provino confezionato secondo normativa e sottoposto a prova al termine del costipamento			
Energia di costipamento:	proctor	modificato	
Inerte trattenuto al setaccio 22,4mm ISO3310:	30,8	(% in massa sul totale)	
Massa secca dell'unità di volume	1,95	Mg/m³	Contenuto d'acqua del provino: 11,7 %
Rigonfiamento dopo 96 h di imbibizione:	0,00	mm	Sovraccarico utilizzato: 0,028 daN/cm²
	0,00	%	

penetrazione [mm]	carico [daN]
0	0
0,5	13
1	26
1,5	41
2	63
2,5	90
3	115
4	163
5	226
7	305
9	367

CBR: 11

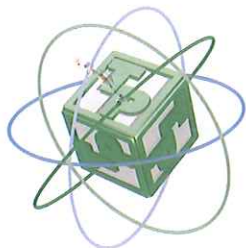
  


Sede Amministrativa  
Statale Valsesia, 20  
13035 Lenta (Vc)  
Tel. +39-0163.885.111  
Fax +39-0163.885.028

Unità operativa n. 1  
Statale Valsesia, 20  
13035 Lenta (Vc)  
Tel. +39-0163.885.111  
Fax +39-0163.885.028

Unità operativa n. 2  
Via Ponte Romano, 228-230  
11027 Saint-Vincent (Ao)  
Tel. +39-0166.537.780  
Fax +39-0166.510.914

Unità locali uffici  
13836 Cossato (Bi) - Via Corridoni, 54  
00161 Roma - Via De Rossi, 4  
tecnopiemonte@tecnopiemonte.com  
www.tecnopiemonte.com



# TECNO PIEMONTE S.p.A.

CENTRO PROVE - RICERCHE - AMBIENTE - SERVIZI PER INGEGNERIA  
AUT. MIN.: INTERNO - SALUTE - SVILUPPO ECONOMICO - ISTRUZIONE UNIVERSITA' E RICERCA  
INFRASTRUTTURE E TRASPORTI ART. 20 LEGGE 1086/71 - DPR. 380/01  
INDAGINI - GEOTECNICA TERRENI E ROCCE - MARCATURA CE ORGANISMO NOTIFICATO N° 1372



Committente:

TECNOSUOLO s.r.l.  
S.S. MI-GE, 10  
27040 CASATISMA (PV)

RAPPORTO DI PROVA	01392/V	DEL	22/02/2019	Pagina 1 di 3
Verbale di accettazione n°	119/GT	del	14/02/2019	Vs. rif. : -

SETTORE	GEOTECNICA - PROVE DI LABORATORIO SUI TERRENI		
CANTIERE	Motta Vigana - Comune di Massalengo (LO) - FAIL S.r.l.		
ENTE APPALTANTE	FAIL S.r.l.		
DIRETTORE DEI LAVORI:	-		
DESCRIZIONE MATERIALE	n. 1 campione di terreno rimaneggiato: Contrassegno/cod. prova: <b>T2 C.R.1</b> Sondaggio: <b>T2</b> Opera/WBS/Ubicazione: <b>Motta Vigana (LO)</b> Quota/Profondità: <b>prof. da -0,35 m a -1,00 m</b> Data prelievo: <b>23/01/2019</b> (dal Committente)	DATA ARRIVO AL LABORATORIO	
		<b>14/02/2019</b>	
		MODALITA' DI ACCETTAZIONE	
		<b>Consegnato dal Committente</b>	
PROVE ESEGUITE	<b>Analisi granulometrica per vagliatura</b> <b>Classificazione geotecnica</b> <b>Analisi granulometrica per sedimentazione</b>	NORMA DI RIFERIMENTO	
		<b>CNR B.U. n. 23 - CEN ISO/TS 17892-4</b>	
		<b>CNR UNI 10006</b> <b>ASTM D422</b>	

I risultati si riferiscono esclusivamente ai campioni sottoposti a prova (UNI CEI EN ISO/IEC 17025)

LO SPERIMENTATORE	Dott. Geol. Andrea TORRIGLIA 
IL DIRETTORE DEL LABORATORIO GEOTECNICO	Dott. Geol. Marco BETTIO 

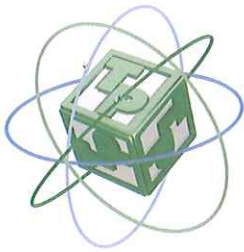
Sede Amministrativa  
Statale Valsesia, 20  
13035 Lenta (Vc)  
Tel. +39-0163.885.111  
Fax +39-0163.885.028

Unità operativa n. 1  
Statale Valsesia, 20  
13035 Lenta (Vc)  
Tel. +39-0163.885.111  
Fax +39-0163.885.028

Unità operativa n. 2  
Via Ponte Romano, 228-230  
11027 Saint-Vincent (Ao)  
Tel. +39-0166.537.780  
Fax +39-0166.510.914

Unità locali uffici  
13836 Cossato (Bi) - Via Corridoni, 54  
00161 Roma - Via De Rossi, 4  
tecnopiemonte@tecnopiemonte.com  
www.tecnopiemonte.com





# TECNO PIEMONTE S.p.A.

CENTRO PROVE - RICERCHE - AMBIENTE - SERVIZI PER INGEGNERIA  
AUT. MIN.: INTERNO - SALUTE - SVILUPPO ECONOMICO - ISTRUZIONE UNIVERSITA' E RICERCA  
INFRASTRUTTURE E TRASPORTI ART. 20 LEGGE 1086/71 - DPR. 380/01  
INDAGINI - GEOTECNICA TERRENI E ROCCE - MARCATURA **CE** ORGANISMO NOTIFICATO N° 1372



pag. 2 di 3

Committente:	TECNOSUOLO s.r.l.		
Rapporto di prova n.:	01392/V	del	22/02/2019
Verbale di accettazione n.:	119/GT	del	14/02/2019
Vs. rif.:	-		

Oggetto:	ANALISI GRANULOMETRICA, CLASSIFICAZIONE		
Normativa di riferimento:	CNR B.U. n. 23 - ASTM: D421 - D422 - CEN ISO/TS 17892-4; Raccomandazioni AGI; UNI 10006		
Cantiere:	Motta Vigana - Comune di Massalengo (LO) - FAIL S.r.l.		
Ente Appaltante:	FAIL S.r.l.		
General Contractor:	-		
Direzione Lavori:	-		

## Identificazione del campione

Contrassegno/cod. prova:	T2 C.R.1	Modalità accettazione:	consegnato dal Committente
Sondaggio:	T2		
Opera/WBS/Ubicazione:	Motta Vigana - Comune di Massalengo (LO) - FAIL S.r.l.	Data arrivo al lab.:	14/02/2019
Quota/Profondità (m):	prof. da -0,35 m a -1,00 m	Data prova:	19/02/2019
Osservazioni:			

Metodo di prova: analisi eseguita mediante vagliatura via umida

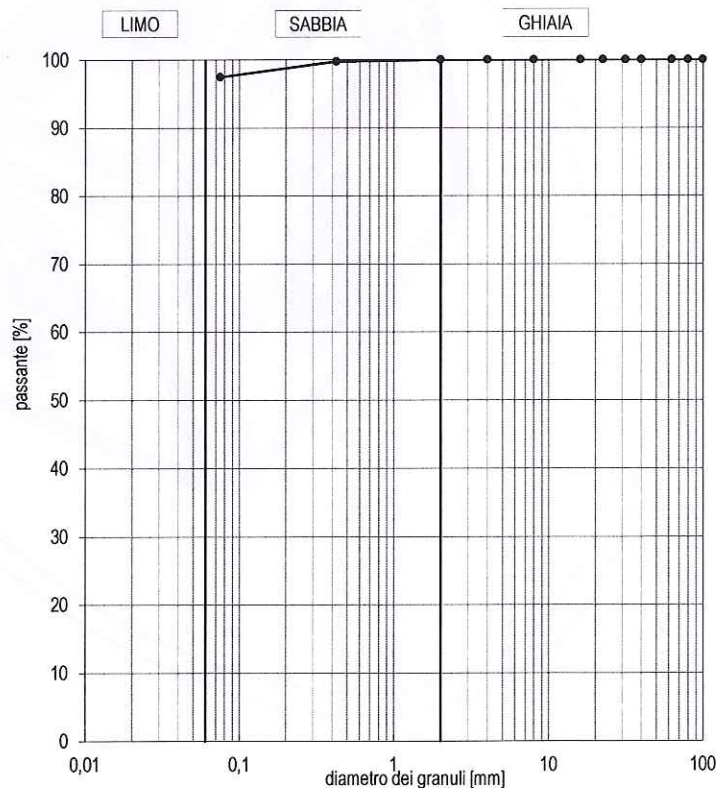
	serie vagli ISO apertura [mm]	trattenuto parz. [%]	passante progr. [%]
#	100	0,0	100,0
#	80	0,0	100,0
#	63	0,0	100,0
#	40	0,0	100,0
#	31,5	0,0	100,0
#	22,4	0,0	100,0
#	16	0,0	100,0
#	8	0,0	100,0
#	4	0,0	100,0
#	2	0,0	100,0
#	0,425	0,3	99,8
#	0,075	2,3	97,5
peso iniziale:		400	g

## LIMITI DI ATTERBERG

Limite liquido 31  
Limite plastico 20  
Indice plastico 11  
Indice di gruppo 8

Classificazione UNI 10006

A6



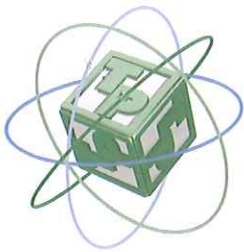
Sede Amministrativa  
Statale Valsesia, 20  
13035 Lenta (Vc)  
Tel. +39-0163.885.111  
Fax +39-0163.885.028

Unità operativa n. 1  
Statale Valsesia, 20  
13035 Lenta (Vc)  
Tel. +39-0163.885.111  
Fax +39-0163.885.028

Unità operativa n. 2  
Via Ponte Romano, 228-230  
11027 Saint-Vincent (Ao)  
Tel. +39-0166.537.780  
Fax +39-0166.510.914

Unità locali uffici  
13836 Cossato (Bi) - Via Corridoni, 54  
00161 Roma - Via De Rossi, 4  
tecnopiemonte@tecnopiemonte.com  
www.tecnopiemonte.com





# TECNO PIEMONTE S.p.A.

CENTRO PROVE – RICERCHE – AMBIENTE – SERVIZI PER INGEGNERIA  
AUT. MIN.: INTERNO - SALUTE - SVILUPPO ECONOMICO – ISTRUZIONE UNIVERSITA' E RICERCA  
INFRASTRUTTURE E TRASPORTI ART. 20 LEGGE 1086/71 – DPR. 380/01  
INDAGINI – GEOTECNICA TERRENI E ROCCE - MARCATURA **CE** ORGANISMO NOTIFICATO N° 1372



pag. 3 di 3

Committente:	TECNOSUOLO s.r.l.		
Rapporto di prova n.:	01392/IV	del	22/02/2019
Verbale di accettazione n.:	119/GT	del	14/02/2019
Vs. rif.:	-		

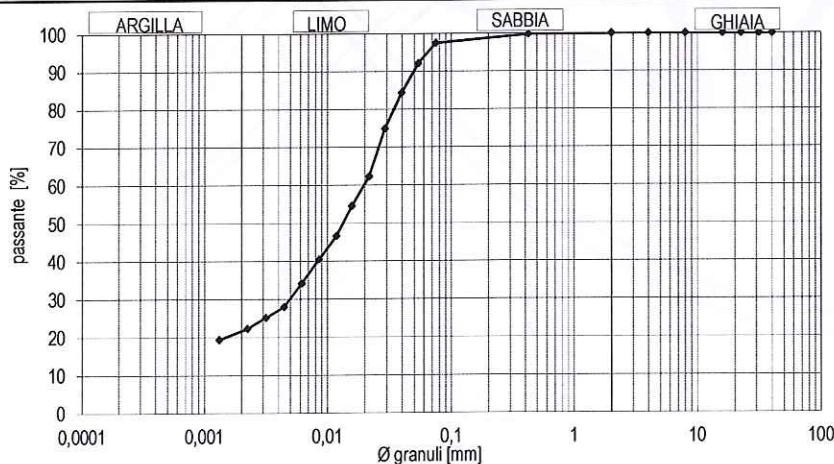
Oggetto:	ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE
Normativa di riferimento:	ASTM D 422
Cantiere:	Motta Vigana - Comune di Massalengo (LO) - FAIL S.r.l.
Ente Appaltante:	FAIL S.r.l.
Direttore dei Lavori:	-

## Identificazione del campione

Contrassegno/cod. prova:	T2 C.R.1	Modalità accettazione:	consegnato dal Committente
Sondaggio:	T2	Quota/Profondità:	-
Opera/WBS/Ubicazione:	Motta Vigana - Comune di Massalengo (LO) - FAIL S.r.l.	Data arrivo al lab.:	14/02/2019
Quota/Profondità (m):	prof. da -0,35 m a -1,00 m	Data prova:	21/02/2019

DENSIMETRO:	151H (n° 56)	FATTORI DI CORREZIONE:	Massa secca provino:	49,17	g
H <sub>0</sub> (cm) =	9,1	C <sub>m</sub> =	0,0005	Volume della sospensione	1000 cm <sup>3</sup>
H <sub>1</sub> (cm) =	2,5	C <sub>d</sub> =	-0,0035	MASSA DELL'UNITA' DI VOLUME DEI GRANI:	
h <sub>1</sub> (cm) =	15,1	CILINDRO DI PROVA:	Convenzionale:	2700	kg/m <sup>3</sup>
V <sub>d</sub> (cm <sup>3</sup> ) =	60,0	A (cm <sup>2</sup> ) =	29	Passante al setaccio ASTM n° 200:	97,5 %

tempi di lettura		temperatura	lettura al densimetro	correzione temperatura	lettura corretta	diametro particelle	passante parz. P	passante totale
[min]	[s]	[°C]	R	C <sub>t</sub>	R <sub>c</sub>	D [mm]	[%]	P' [%]
0,5	30	20,2	1,0300	0,0024	1,0294	0,0538	94,5	92,2
1	60	20,2	1,0275	0,0024	1,0269	0,0395	86,5	84,3
2	120	20,2	1,0245	0,0024	1,0239	0,0291	76,8	74,9
4	240	20,2	1,0205	0,0024	1,0199	0,0217	63,9	62,3
8	480	20,2	1,0180	0,0024	1,0174	0,0158	55,9	54,5
15	900	20,2	1,0155	0,0024	1,0149	0,0119	47,8	46,6
30	1800	20,3	1,0135	0,0024	1,0129	0,0085	41,5	40,5
60	3600	20,3	1,0115	0,0024	1,0109	0,0062	35,1	34,2
120	7200	20,4	1,0095	0,0024	1,0089	0,0044	28,7	28,0
240	14400	20,6	1,0085	0,0025	1,0080	0,0032	25,8	25,1
480	28800	20,9	1,0075	0,0026	1,0071	0,0022	22,9	22,3
1440	86400	19,7	1,0070	0,0022	1,0062	0,0013	19,9	19,4



Ghiaia: 0,0%  
Sabbia: 7,8%  
Limo: 69,9%  
Argilla: 22,3%

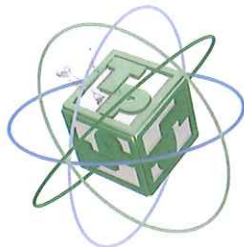
Classificazione granulometrica:  
(Raccomandazioni A.G.I.)  
**Limo argilloso**

Sede Amministrativa  
Statale Valsesia, 20  
13035 Lenta (Vc)  
Tel. +39-0163.885.111  
Fax +39-0163.885.028

Unità operativa n. 1  
Statale Valsesia, 20  
13035 Lenta (Vc)  
Tel. +39-0163.885.111  
Fax +39-0163.885.028

Unità operativa n. 2  
Via Ponte Romano, 228-230  
11027 Saint-Vincent (Ao)  
Tel. +39-0166.537.780  
Fax +39-0166.510.914

Unità locali uffici  
13836 Cossato (Bi) - Via Corridoni, 54  
00161 Roma - Via De Rossi, 4  
tecnopiemonte@tecnopiemonte.com  
www.tecnopiemonte.com



# TECNO PIEMONTE S.p.A.

CENTRO PROVE - RICERCHE - AMBIENTE - SERVIZI PER INGEGNERIA  
AUT. MIN.: INTERNO - SALUTE - SVILUPPO ECONOMICO - ISTRUZIONE UNIVERSITA' E RICERCA  
INFRASTRUTTURE E TRASPORTI ART. 20 LEGGE 1086/71 - DPR. 380/01  
INDAGINI - GEOTECNICA TERRENI E ROCCE - MARCATURA CE ORGANISMO NOTIFICATO N° 1372



Committente:

TECNOSUOLO s.r.l.  
S.S. MI-GE, 10  
27040 CASATISMA (PV)

RAPPORTO DI PROVA	01393/V	DEL	22/02/2019	Pagina 1 di 2
Verbale di accettazione n°	119/GT	del	14/02/2019	Vs. rif. : -

SETTORE	GEOTECNICA - PROVE DI LABORATORIO SUI TERRENI		
CANTIERE	Motta Vigana - Comune di Massalengo (LO) - FAIL S.r.l.		
ENTE APPALTANTE	FAIL S.r.l.		
DIRETTORE DEI LAVORI:	-		
DESCRIZIONE MATERIALE	n. 1 campione di terreno rimaneggiato: Contrassegno/cod. prova: T2 CBR Sondaggio: T2 Opera/WBS/Ubicazione: Motta Vigana (LO) Quota/Profondità: prof. -0,40 m Data prelievo: 23/01/2019 (dal Committente)	DATA ARRIVO AL LABORATORIO	
		14/02/2019	
		MODALITA' DI ACCETTAZIONE	
		Consegnato dal Committente	
PROVE ESEGUITE	Indice di portanza CBR	NORMA DI RIFERIMENTO	
		UNI EN 13286-47	

I risultati si riferiscono esclusivamente ai campioni sottoposti a prova (UNI CEI EN ISO/IEC 17025)

LO SPERIMENTATORE	Dott. Geol. Andrea TORRIGLIA 
IL DIRETTORE DEL LABORATORIO GEOTECNICO	Dott. Geol. Marco BETTIO 

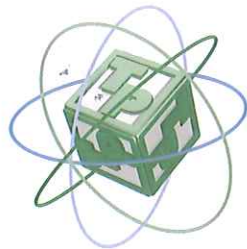
Sede Amministrativa  
Statale Valsesia, 20  
13035 Lenta (Vc)  
Tel. +39-0163.885.111  
Fax +39-0163.885.028

Unità operativa n. 1  
Statale Valsesia, 20  
13035 Lenta (Vc)  
Tel. +39-0163.885.111  
Fax +39-0163.885.028

Unità operativa n. 2  
Via Ponte Romano, 228-230  
11027 Saint-Vincent (Ao)  
Tel. +39-0166.537.780  
Fax +39-0166.510.914

Unità locali uffici  
13836 Cossato (Bi) - Via Corridoni, 54  
00161 Roma - Via De Rossi, 4  
tecnopiemonte@tecnopiemonte.com  
www.tecnopiemonte.com





# TECNO PIEMONTE S.p.A.

CENTRO PROVE - RICERCHE - AMBIENTE - SERVIZI PER INGEGNERIA  
AUT. MIN.: INTERNO - SALUTE - SVILUPPO ECONOMICO - ISTRUZIONE UNIVERSITA' E RICERCA  
INFRASTRUTTURE E TRASPORTI ART. 20 LEGGE 1086/71 - DPR. 380/01  
INDAGINI - GEOTECNICA TERRENI E ROCCE - MARCATURA ORGANISMO NOTIFICATO N° 1372



pag. 2 di 2

Committente:	TECNOSUOLO s.r.l.		
Rapporto di prova n.:	01393/GT	del	22/02/2019
Verbale di accettazione n.:	119/GT	del	14/02/2019
Vs. rif.:	-		

Oggetto:	DETERMINAZIONE DELL'INDICE DI PORTANZA CBR		
Normativa di riferimento:	UNI EN 13286-47		
Cantiere:	Motta Vigana - Comune di Massalengo (LO) - FAIL S.r.l.		
Ente Appaltante:	FAIL S.r.l.		
General Contractor	-		
Direttore dei Lavori:	-		
Identificazione del campione			
Contrassegno/codice prova.:	T2 CBR	Modalità accettazione:	consegnato dal Committente
Sondaggio:	T2	Quota/Profondità:	-
Opera/WBS/Ubicazione:	Motta Vigana (LO)	Data arrivo al lab.:	14/02/2019
Quota/Profondità (m):	prof. -0,40 m	Data prova:	18/02/2019
Osservazioni:	-		
Procedimento: provino confezionato in cantiere dal Committente (in data 23/01/2019) e sottoposto a prova in laboratorio conservando l'umidità naturale			
Energia di costipamento:			
Inerte trattenuto al setaccio 22,4mm ISO3310:	-	(% in massa sul totale)	
Massa secca dell'unità di volume	1,69	Mg/m³	Contenuto d'acqua del provino: 18,2 %
Rigonfiamento dopo 96 h di imbibizione:	0,00	mm	Sovraccarico utilizzato: 0,028 daN/cm²
0,00	%		

penetrazione [mm]	carico [daN]
0	0
0,5	23
1	43
1,5	58
2	67
2,5	79
3	92
4	112
5	128
7	150
9	172

CBR: 6

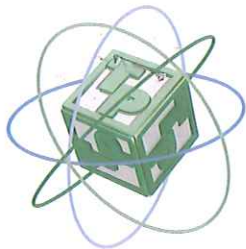
  

Sede Amministrativa  
Statale Valsesia, 20  
13035 Lenta (Vc)  
Tel. +39-0163.885.111  
Fax +39-0163.885.028

Unità operativa n. 1  
Statale Valsesia, 20  
13035 Lenta (Vc)  
Tel. +39-0163.885.111  
Fax +39-0163.885.028

Unità operativa n. 2  
Via Ponte Romano, 228-230  
11027 Saint-Vincent (Ao)  
Tel. +39-0166.537.780  
Fax +39-0166.510.914

Unità locali uffici  
13836 Cossato (Bi) - Via Corridoni, 54  
00161 Roma - Via De Rossi, 4  
tecnopiemonte@tecnopiemonte.com  
www.tecnopiemonte.com



# TECNO PIEMONTE S.p.A.

CENTRO PROVE - RICERCHE - AMBIENTE - SERVIZI PER INGEGNERIA  
AUT. MIN.: INTERNO - SALUTE - SVILUPPO ECONOMICO - ISTRUZIONE UNIVERSITA' E RICERCA  
INFRASTRUTTURE E TRASPORTI ART. 20 LEGGE 1086/71 - DPR. 380/01  
INDAGINI - GEOTECNICA TERRENI E ROCCE - MARCATURA CE ORGANISMO NOTIFICATO N° 1372



Committente:

TECNOSUOLO s.r.l.  
S.S. MI-GE, 10  
27040 CASATISMA (PV)

RAPPORTO DI PROVA	10416/V	DEL	07/12/2018	Pagina 1 di 3
Verbale di accettazione n°	1071/GT	del	28/11/2018	Vs. rif. : -

SETTORE	GEOTECNICA - PROVE DI LABORATORIO SUI TERRENI		
CANTIERE	Motta Vigana (LO) - FAIL S.r.l.		
ENTE APPALTANTE	FAIL S.r.l.		
DIRETTORE DEI LAVORI:	-		
DESCRIZIONE MATERIALE	n. 1 campione di terreno rimaneggiato: Contrassegno/cod. prova: T3 C.R.1 Sondaggio: - Opera/WBS/Ubicazione: Motta Vigana (LO) Quota/Profondità: prof. -0,40 m Data prelievo: -		DATA ARRIVO AL LABORATORIO
			28/11/2018
			MODALITA' DI ACCETTAZIONE
			Consegnato dal Committente
PROVE ESEGUITE	Analisi granulometrica per vagliatura Classificazione geotecnica Analisi granulometrica per sedimentazione		NORMA DI RIFERIMENTO
			CNR B.U. n. 23 - CEN ISO/TS 17892-4 CNR UNI 10006 ASTM D422

I risultati si riferiscono esclusivamente ai campioni sottoposti a prova (UNI CEI EN ISO/IEC 17025)

LO SPERIMENTATORE	Dott. Geol. Andrea TORRIGLIA 
IL VICE DIRETTORE DEL LABORATORIO GEOTECNICO	Dott. Geol. Mauro BIANCO 

Sede Amministrativa  
Statale Valsesia, 20  
13035 Lenta (Vc)  
Tel. +39-0163.885.111  
Fax +39-0163.885.028

Unità operativa n. 1  
Statale Valsesia, 20  
13035 Lenta (Vc)  
Tel. +39-0163.885.111  
Fax +39-0163.885.028

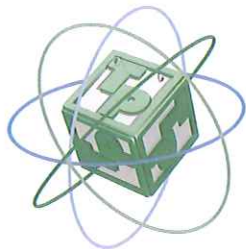
Unità operativa n. 2  
Via Ponte Romano, 228-230  
11027 Saint-Vincent (Ao)  
Tel. +39-0166.537.780  
Fax +39-0166.510.914

Unità locali uffici  
13836 Cossato (Bi) - Via Corridoni, 54  
00161 Roma - Via De Rossi, 4  
tecnopiemonte@tecnopiemonte.com  
www.tecnopiemonte.com

Sede legale - Via C. Pizzorno, 12 - 28078 Romagnano Sesia (No) - Tel. +39-0163.885.111 - Fax +39-0163.885.028

P. IVA 00590090031 - R.E.A. NO 136553 - CAP. SOC. a 2.400.000,00 I.V. - TRIB. NO 7192





Committente:	TECNOSUOLO s.r.l.		
Rapporto di prova n.:	10416/V	del	07/12/2018
Verbale di accettazione n.:	1071/GT	del	28/11/2018
Vs. rif.:	-		

Oggetto:	ANALISI GRANULOMETRICA, CLASSIFICAZIONE		
Normativa di riferimento:	CNR B.U. n. 23 - ASTM: D421 - D422 - CEN ISO/TS 17892-4; Raccomandazioni AGI; UNI 10006		
Cantiere:	Motta Vigana (LO) - FAIL S.r.l.		
Ente Appaltante:	FAIL S.r.l.		
General Contractor:	-		
Direzione Lavori:	-		

#### Identificazione del campione

Contrassegno/cod. prova:	T3 C.R.1	Modalità accettazione:	consegnato dal Committente
Sondaggio:	-		
Opera/WBS/Ubicazione:	Motta Vigana (LO) - FAIL S.r.l.	Data arrivo al lab.:	28/11/2018
Quota/Profondità (m):	prof. -0,40 m	Data prova:	03/12/2018
Osservazioni:			

Metodo di prova: analisi eseguita mediante vagliatura via umida

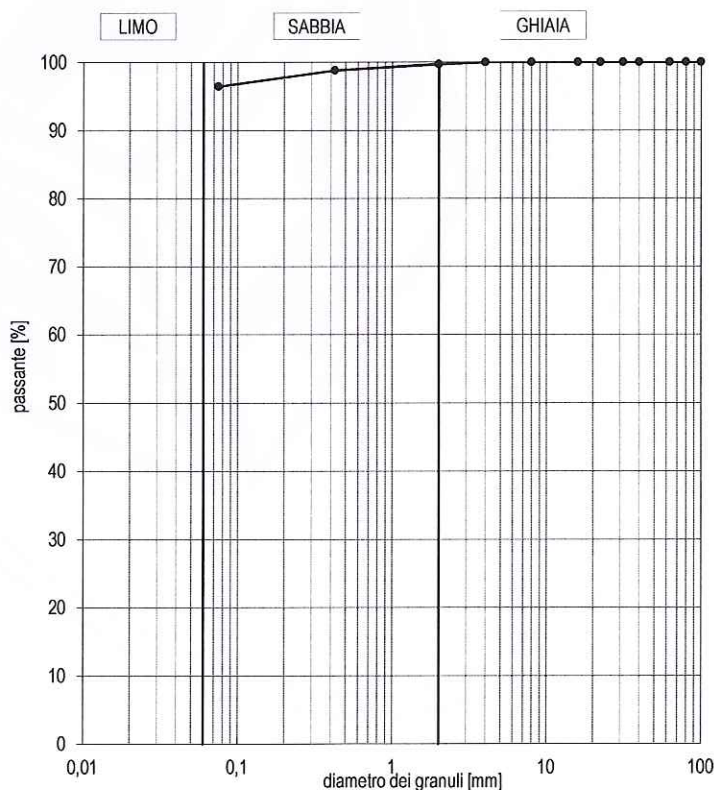
	serie vagli ISO apertura [mm]	trattenuto parz. [%]	passante progr. [%]
#	100	0,0	100,0
#	80	0,0	100,0
#	63	0,0	100,0
#	40	0,0	100,0
#	31,5	0,0	100,0
#	22,4	0,0	100,0
#	16	0,0	100,0
#	8	0,0	100,0
#	4	0,0	100,0
#	2	0,3	99,7
#	0,425	0,9	98,8
#	0,075	2,4	96,5
peso iniziale:		339	g

#### LIMITI DI ATTERBERG

Limite liquido **44**  
Limite plastico **22**  
Indice plastico **22**  
Indice di gruppo **14**

Classificazione UNI 10006

**A7-6**

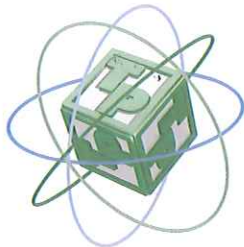


Sede Amministrativa  
Statale Valsesia, 20  
13035 Lenta (Vc)  
Tel. +39-0163.885.111  
Fax +39-0163.885.028

Unità operativa n. 1  
Statale Valsesia, 20  
13035 Lenta (Vc)  
Tel. +39-0163.885.111  
Fax +39-0163.885.028

Unità operativa n. 2  
Via Ponte Romano, 228-230  
11027 Saint-Vincent (Ao)  
Tel. +39-0166.537.780  
Fax +39-0166.510.914

Unità locali uffici  
13836 Cossato (Bi) - Via Corridoni, 54  
00161 Roma - Via De Rossi, 4  
tecnopiemonte@tecnopiemonte.com  
www.tecnopiemonte.com



# TECNO PIEMONTE S.p.A.

CENTRO PROVE - RICERCHE - AMBIENTE - SERVIZI PER INGEGNERIA  
AUT. MIN.: INTERNO - SALUTE - SVILUPPO ECONOMICO - ISTRUZIONE UNIVERSITA' E RICERCA  
INFRASTRUTTURE E TRASPORTI ART. 20 LEGGE 1086/71 - DPR. 380/01  
INDAGINI - GEOTECNICA TERRENI E ROCCE - MARCATURA ORGANISMO NOTIFICATO N° 1372



pag. 3 di 3

Committente:	TECNOSUOLO s.r.l.		
Rapporto di prova n.:	10416/V	del	07/12/2018
Verbale di accettazione n.:	1071/GT	del	28/11/2018
Vs. rif.:	-		

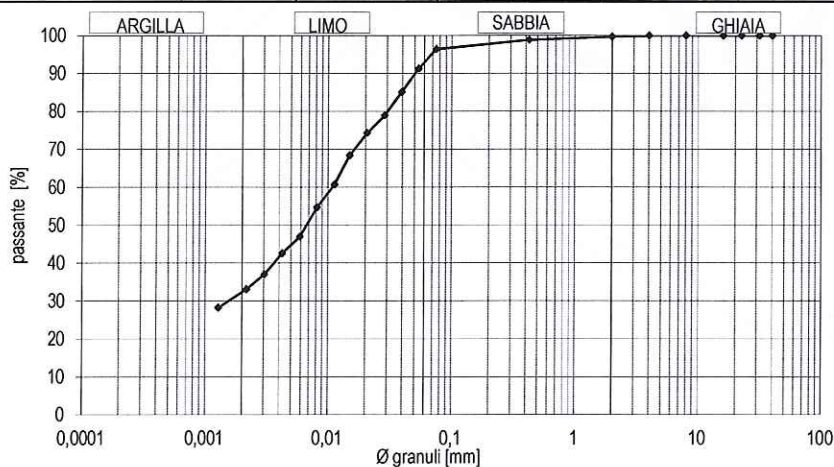
Oggetto:	ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE		
Normativa di riferimento:	ASTM D 422		
Cantiere:	Motta Vigana (LO) - FAIL S.r.l.		
Ente Appaltante:	-		
Direttore dei Lavori:	-		

## Identificazione del campione

Contrassegno/cod. prova:	T3 C.R.1	Modalità accettazione:	consegnato dal Committente
Sondaggio:	-	Quota/Profondità:	-
Opera/WBS/Ubicazione:	Motta Vigana (LO) - FAIL S.r.l.	Data arrivo al lab.:	28/11/2018
Quota/Profondità (m):	prof. -0,40 m	Data prova:	05/12/2018

DENSIMETRO:	151H (n° 56)	FATTORI DI CORREZIONE:	Massa secca provino:	49,46	g	
H <sub>0</sub> (cm) =	9,1	C <sub>m</sub> =	0,0005	Volume della sospensione	1000	cm <sup>3</sup>
H <sub>1</sub> (cm) =	2,5	C <sub>d</sub> =	-0,0035	MASSA DELL'UNITA' DI VOLUME DEI GRANI:		
h <sub>1</sub> (cm) =	15,1	CILINDRO DI PROVA:		Convenzionale:	2700	kg/m <sup>3</sup>
V <sub>d</sub> (cm <sup>3</sup> ) =	60,0	A (cm <sup>2</sup> ) =	29	Passante al setaccio ASTM n° 200:	96,5	%

tempi di lettura		temperatura	lettura al densimetro	correzione temperatura	lettura corretta	diametro particelle	passante par. P	passante totale
[min]	[s]	[°C]	R	C <sub>t</sub>	R <sub>c</sub>	D [mm]	[%]	P' [%]
0,5	30	19,4	1,0305	0,0021	1,0296	0,0539	94,7	91,3
1	60	19,4	1,0285	0,0021	1,0276	0,0393	88,3	85,1
2	120	19,4	1,0265	0,0021	1,0256	0,0286	81,9	79,0
4	240	19,4	1,0250	0,0021	1,0241	0,0207	77,1	74,3
8	480	19,6	1,0230	0,0021	1,0221	0,0150	70,9	68,4
15	900	19,6	1,0205	0,0021	1,0196	0,0113	62,9	60,7
30	1800	19,8	1,0185	0,0022	1,0177	0,0081	56,7	54,7
60	3600	19,8	1,0160	0,0022	1,0152	0,0059	48,7	47,0
120	7200	20,0	1,0145	0,0023	1,0138	0,0042	44,1	42,6
240	14400	20,6	1,0125	0,0025	1,0120	0,0030	38,4	37,1
480	28800	21,2	1,0110	0,0027	1,0107	0,0022	34,3	33,1
1440	86400	19,6	1,0100	0,0021	1,0091	0,0013	29,3	28,2



Ghiaia: 0,3%  
Sabbia: 8,4%  
Limo: 58,2%  
Argilla: 33,1%

Classificazione granulometrica:  
(Raccomandazioni A.G.I.)  
**Limo con argilla**

Sede Amministrativa  
Statale Valsesia, 20  
13035 Lenta (Vc)  
Tel. +39-0163.885.111  
Fax +39-0163.885.028

Unità operativa n. 1  
Statale Valsesia, 20  
13035 Lenta (Vc)  
Tel. +39-0163.885.111  
Fax +39-0163.885.028

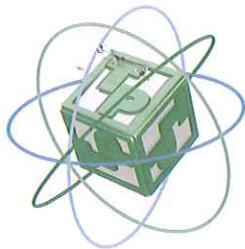
Unità operativa n. 2  
Via Ponte Romano, 228-230  
11027 Saint-Vincent (Ao)  
Tel. +39-0166.537.780  
Fax +39-0166.510.914

Unità locali uffici  
13836 Cossato (Bi) - Via Corridoni, 54  
00161 Roma - Via De Rossi, 4  
tecnopiemonte@tecnopiemonte.com  
www.tecnopiemonte.com

Sede legale - Via C. Pizzorno, 12 - 28078 Romagnano Sesia (No) - Tel. +39-0163.885.111 - Fax +39-0163.885.028

P. IVA 00590090031 - R.E.A. NO 136553 - CAP. SOC. a 2.400.000,00 I.V. - TRIB. NO 7192





# TECNO PIEMONTE S.p.A.

CENTRO PROVE – RICERCHE – AMBIENTE – SERVIZI PER INGEGNERIA  
AUT. MIN.: INTERNO - SALUTE - SVILUPPO ECONOMICO – ISTRUZIONE UNIVERSITA' E RICERCA  
INFRASTRUTTURE E TRASPORTI ART. 20 LEGGE 1086/71 – DPR. 380/01  
INDAGINI – GEOTECNICA TERRENI E ROCCE - MARCATURA CE ORGANISMO NOTIFICATO N° 1372



Committente:

TECNOSUOLO s.r.l.  
S.S. MI-GE, 10  
27040 CASATISMA (PV)

RAPPORTO DI PROVA	10415/V	DEL	07/12/2018	Pagina 1 di 2
Verbale di accettazione n°	1071/GT	del	28/11/2018	Vs. rif. : -

SETTORE	GEOTECNICA - PROVE DI LABORATORIO SUI TERRENI		
CANTIERE	Motta Vigana (LO) - FAIL S.r.l.		
ENTE APPALTANTE	FAIL S.r.l.		
DIRETTORE DEI LAVORI:	-		
DESCRIZIONE MATERIALE	n. 1 campione di terreno rimaneggiato: Contrassegno/cod. prova: T3 C.I.1 Sondaggio: - Opera/WBS/Ubicazione: Motta Vigana (LO) Quota/Profondità: prof. -0,40 m Data prelievo: -	DATA ARRIVO AL LABORATORIO	
		28/11/2018	
		MODALITA' DI ACCETTAZIONE	
		Consegnato dal Committente	
PROVE ESEGUITE	Indice di portanza CBR	NORMA DI RIFERIMENTO	
		UNI EN 13286-47	

I risultati si riferiscono esclusivamente ai campioni sottoposti a prova (UNI CEI EN ISO/IEC 17025)

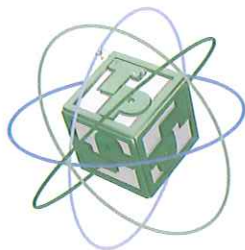
LO SPERIMENTATORE	Dott. Geol. Andrea TORRIGLIA 
IL VICE DIRETTORE DEL LABORATORIO GEOTECNICO	Dott. Geol. Mauro BIANCO 

Sede Amministrativa  
Statale Valsesia, 20  
13035 Lenta (Vc)  
Tel. +39-0163.885.111  
Fax +39-0163.885.028

Unità operativa n. 1  
Statale Valsesia, 20  
13035 Lenta (Vc)  
Tel. +39-0163.885.111  
Fax +39-0163.885.028

Unità operativa n. 2  
Via Ponte Romano, 228-230  
11027 Saint-Vincent (Ao)  
Tel. +39-0166.537.780  
Fax +39-0166.510.914

Unità locali uffici  
13836 Cossato (Bi) - Via Corridoni, 54  
00161 Roma - Via De Rossi, 4  
tecnopiemonte@tecnopiemonte.com  
www.tecnopiemonte.com



# TECNO PIEMONTE S.p.A.

CENTRO PROVE – RICERCHE – AMBIENTE – SERVIZI PER INGEGNERIA  
AUT. MIN.: INTERNO - SALUTE - SVILUPPO ECONOMICO – ISTRUZIONE UNIVERSITA' E RICERCA  
INFRASTRUTTURE E TRASPORTI ART. 20 LEGGE 1086/71 – DPR. 380/01  
INDAGINI – GEOTECNICA TERRENI E ROCCE - MARCATURA **CE** ORGANISMO NOTIFICATO N° 1372



pag. 2 di 2

Committente:	TECNOSUOLO s.r.l.		
Rapporto di prova n.:	10415/GT	del	07/12/2018
Verbale di accettazione n.:	1071/GT	del	28/11/2018
Vs. rif.:	-		

Oggetto:	DETERMINAZIONE DELL'INDICE DI PORTANZA CBR		
Normativa di riferimento:	UNI EN 13286-47		
Cantiere:	Motta Vigana (LO) - FAIL S.r.l.		
Ente Appaltante:	-		
General Contractor	-		
Direttore dei Lavori:	-		
Identificazione del campione			
Contrassegno/codice prova.:	T3 C.I.1	Modalità accettazione:	consegnato dal Committente
Sondaggio:	-	Quota/Profondità:	-
Opera/WBS/Ubicazione:	Motta Vigana (LO)	Data arrivo al lab.:	28/11/2018
Quota/Profondità (m):	prof. -0,40 m	Data prova:	29/11/2018
Osservazioni:	-		
Procedimento: provino confezionato in cantiere dal Committente e sottoposto a prova in laboratorio conservando l'umidità naturale			
Energia di costipamento:	proctor	modificato	
Inerte trattenuto al setaccio 22,4mm ISO3310:	-	(% in massa sul totale)	
Massa secca dell'unità di volume	1,62	Mg/m³	Contenuto d'acqua del provino: 20,6 %
Rigonfiamento dopo 96 h di imbibizione:	0,00	mm	Sovraccarico utilizzato: 0,028 daN/cm²
	0,00	%	

penetrazione [mm]	carico [daN]
0	0
0,5	19
1	34
1,5	45
2	53
2,5	61
3	68
4	85
5	101
7	124
9	143

CBR: 5

carichi standard  
2,5 mm: 13,2 kN  
5,0 mm: 20,0 kN

Sede Amministrativa  
Statale Valsesia, 20  
13035 Lenta (Vc)  
Tel. +39-0163.885.111  
Fax +39-0163.885.028

Unità operativa n. 1  
Statale Valsesia, 20  
13035 Lenta (Vc)  
Tel. +39-0163.885.111  
Fax +39-0163.885.028

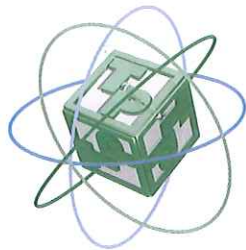
Unità operativa n. 2  
Via Ponte Romano, 228-230  
11027 Saint-Vincent (Ao)  
Tel. +39-0166.537.780  
Fax +39-0166.510.914

Unità locali uffici  
13836 Cossato (Bi) - Via Corridoni, 54  
00161 Roma - Via De Rossi, 4  
tecnopiemonte@tecnopiemonte.com  
www.tecnopiemonte.com

Sede legale - Via C. Pizzorno, 12 - 28078 Romagnano Sesia (No) - Tel. +39-0163.885.111 - Fax +39-0163.885.028

P. IVA 00590090031 - R.E.A. NO 136553 - CAP. SOC. a 2.400.000,00 I.V. - TRIB. NO 7192





# TECNO PIEMONTE S.p.A.

CENTRO PROVE - RICERCHE - AMBIENTE - SERVIZI PER INGEGNERIA  
AUT. MIN.: INTERNO - SALUTE - SVILUPPO ECONOMICO - ISTRUZIONE UNIVERSITA' E RICERCA  
INFRASTRUTTURE E TRASPORTI ART. 20 LEGGE 1086/71 - DPR. 380/01  
INDAGINI - GEOTECNICA TERRENI E ROCCE - MARCATURA CE ORGANISMO NOTIFICATO N° 1372



Committente:

TECNOSUOLO s.r.l.  
S.S. MI-GE, 10  
27040 CASATISMA (PV)

<b>RAPPORTO DI PROVA</b>	<b>05045/V</b>	<b>DEL</b>	<b>29/05/2019</b>	<b>Pagina 1 di 3</b>
Verbale di accettazione n°	407/GT	del	21/05/2019	Vs. rif. : -

<b>SETTORE</b>	<b>GEOTECNICA - PROVE DI LABORATORIO SUI TERRENI</b>		
<b>CANTIERE</b>	Motta Vigana - Comune di Massalengo (LO) - FAIL S.r.l.		
<b>ENTE APPALTANTE</b>	FAIL S.r.l.		
<b>DIRETTORE DEI LAVORI:</b>	-		
<b>DESCRIZIONE MATERIALE</b>	n. 1 campione di terreno rimaneggiato: <i>Contrassegno/cod. prova:</i> <b>T4 C.R.1</b> <i>Sondaggio:</i> <b>T4</b> <i>Opera/WBS/Ubicazione:</i> <b>Motta Vigana (LO)</b> <i>Quota/Profondità:</i> <b>prof. da -0,40 m a -1,00 m</b> <i>Data prelievo:</i> <b>(dal Committente)</b>	<b>DATA ARRIVO AL LABORATORIO</b>	
		<b>21/05/2019</b>	
		<b>MODALITA' DI ACCETTAZIONE</b>	
		<b>Consegnato dal Committente</b>	
<b>PROVE ESEGUITE</b>	<b>Analisi granulometrica per vagliatura</b> <b>Classificazione geotecnica</b> <b>Analisi granulometrica per sedimentazione</b>	<b>NORMA DI RIFERIMENTO</b>	
		<b>CNR B.U. n. 23 - CEN ISO/TS 17892-4</b> <b>CNR UNI 10006</b> <b>ASTM D422</b>	

I risultati si riferiscono esclusivamente ai campioni sottoposti a prova (UNI CEI EN ISO/IEC 17025)

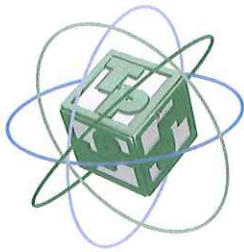
<b>LO SPERIMENTATORE</b>	<i>Dott. Geol. Andrea TORRIGLIA</i> 
<b>IL DIRETTORE DEL LABORATORIO GEOTECNICO</b>	<i>Dott. Geol. Marco BETTIO</i> 

Sede Amministrativa  
Statale Valsesia, 20  
13035 Lenta (Vc)  
Tel. +39-0163.885.111  
Fax +39-0163.885.028

Unità operativa n. 1  
Statale Valsesia, 20  
13035 Lenta (Vc)  
Tel. +39-0163.885.111  
Fax +39-0163.885.028

Unità operativa n. 2  
Via Ponte Romano, 228-230  
11027 Saint-Vincent (Ao)  
Tel. +39-0166.537.780  
Fax +39-0166.510.914

Unità locali uffici  
13836 Cossato (Bi) - Via Corridoni, 54  
00161 Roma - Via De Rossi, 4  
tecnopiemonte@tecnopiemonte.com  
www.tecnopiemonte.com



# TECNO PIEMONTE S.p.A.

CENTRO PROVE - RICERCHE - AMBIENTE - SERVIZI PER INGEGNERIA  
AUT. MIN.: INTERNO - SALUTE - SVILUPPO ECONOMICO - ISTRUZIONE UNIVERSITA' E RICERCA  
INFRASTRUTTURE E TRASPORTI ART. 20 LEGGE 1086/71 - DPR. 380/01  
INDAGINI - GEOTECNICA TERRENI E ROCCE - MARCATURA CE ORGANISMO NOTIFICATO N° 1372



pag. 2 di 3

Committente:	TECNOSUOLO s.r.l.		
Rapporto di prova n.:	05045/V	del	29/05/2019
Verbale di accettazione n.:	407/GT	del	21/05/2019
Vs. rif.:	-		

Oggetto:	ANALISI GRANULOMETRICA, CLASSIFICAZIONE		
Normativa di riferimento:	CNR B.U. n. 23 - ASTM: D421 - D422 - CEN ISO/TS 17892-4; Raccomandazioni AGI; UNI 10006		
Cantiere:	Motta Vigana - Comune di Massalengo (LO) - FAIL S.r.l.		
Ente Appaltante:	FAIL S.r.l.		
General Contractor:	-		
Direzione Lavori:	-		

## Identificazione del campione

Contrassegno/cod. prova:	T4 C.R.1	Modalità accettazione:	consegnato dal Committente
Sondaggio:	T4		
Opera/WBS/Ubicazione:	Motta Vigana (LO)	Data arrivo al lab.:	21/05/2019
Quota/Profondità (m):	prof. da -0,40 m a -1,00 m	Data prova:	23/05/2019
Osservazioni:			

Metodo di prova: analisi eseguita mediante vagliatura via umida

serie vagli ISO	trattenuto parz.	passante progr.
apertura [mm]	[%]	[%]
# 100	0,0	100,0
# 80	0,0	100,0
# 63	0,0	100,0
# 40	0,0	100,0
# 31,5	0,0	100,0
# 22,4	0,0	100,0
# 16	1,0	99,0
# 8	0,5	98,5
# 4	0,7	97,8
# 2	1,9	95,9
# 0,425	7,7	88,1
# 0,075	34,0	54,1
peso iniziale:	582	g

## LIMITI DI ATTERBERG

Limite liquido 24

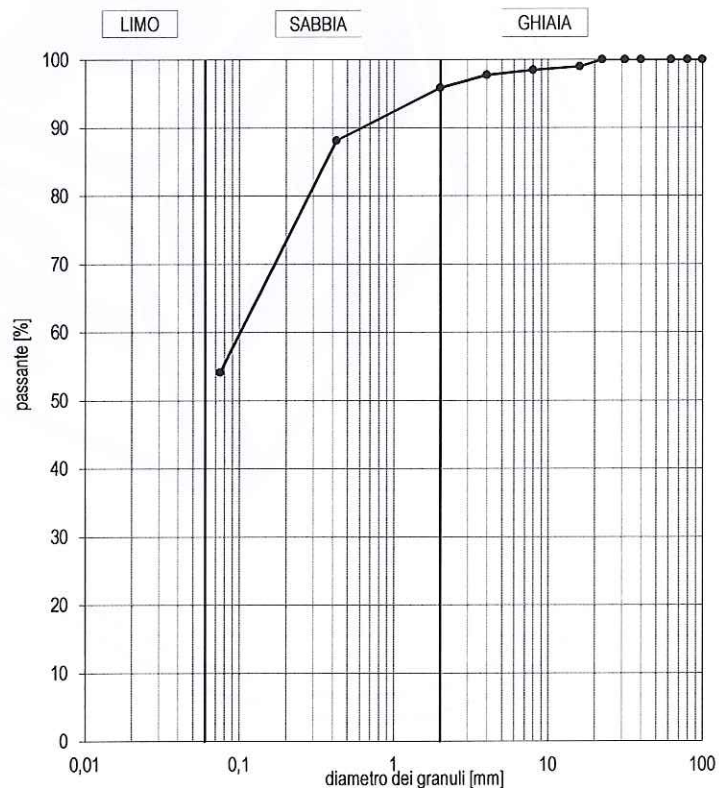
Limite plastico 18

Indice plastico 6

Indice di gruppo 4

Classificazione UNI 10006

A4



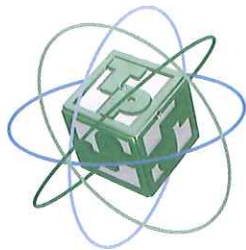
Sede Amministrativa  
Statale Valsesia, 20  
13035 Lenta (Vc)  
Tel. +39-0163.885.111  
Fax +39-0163.885.028

Unità operativa n. 1  
Statale Valsesia, 20  
13035 Lenta (Vc)  
Tel. +39-0163.885.111  
Fax +39-0163.885.028

Unità operativa n. 2  
Via Ponte Romano, 228-230  
11027 Saint-Vincent (Ao)  
Tel. +39-0166.537.780  
Fax +39-0166.510.914

Unità locali uffici  
13836 Cossato (Bi) - Via Corridoni, 54  
00161 Roma - Via De Rossi, 4  
tecnopiemonte@tecnopiemonte.com  
www.tecnopiemonte.com





# TECNO PIEMONTE S.p.A.

CENTRO PROVE - RICERCHE - AMBIENTE - SERVIZI PER INGEGNERIA  
AUT. MIN.: INTERNO - SALUTE - SVILUPPO ECONOMICO - ISTRUZIONE UNIVERSITA' E RICERCA  
INFRASTRUTTURE E TRASPORTI ART. 20 LEGGE 1086/71 - DPR. 380/01  
INDAGINI - GEOTECNICA TERRENI E ROCCE - MARCATURA **CE** ORGANISMO NOTIFICATO N° 1372



pag. 3 di 3

Committente:	TECNOSUOLO s.r.l.		
Rapporto di prova n.:	05045/V	del	29/05/2019
Verbale di accettazione n.:	407/GT	del	21/05/2019
Vs. rif.:	-		

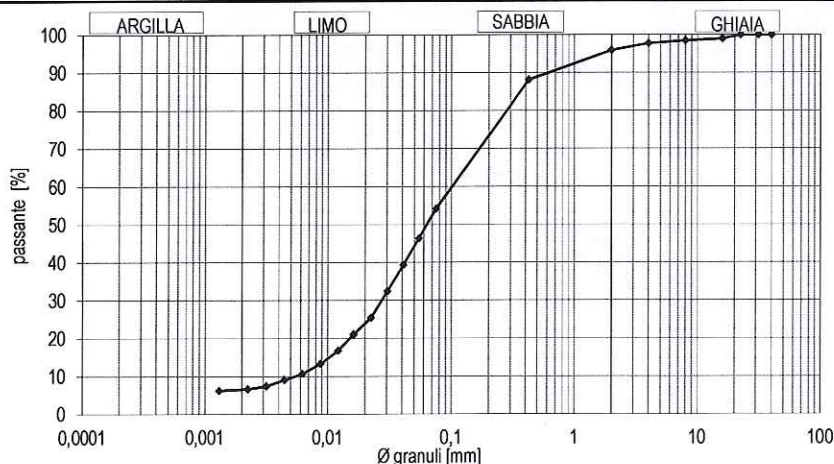
Oggetto:	ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE
Normativa di riferimento:	ASTM D 422
Cantiere:	Motta Vigana - Comune di Massalengo (LO) - FAIL S.r.l.
Ente Appaltante:	FAIL S.r.l.
Direttore dei Lavori:	-

## Identificazione del campione

Contrassegno/cod. prova:	T4 C.R.1	Modalità accettazione:	consegnato dal Committente
Sondaggio:	T4	Quota/Profondità:	-
Opera/WBS/Ubicazione:	Motta Vigana (LO)	Data arrivo al lab.:	21/05/2019
Quota/Profondità (m):	prof. da -0,40 m a -1,00 m	Data prova:	28/05/2019

DENSIMETRO:	151H (n° 56)	FATTORI DI CORREZIONE:	Massa secca provino:	49,20	g	
H <sub>0</sub> (cm) =	9,1	C <sub>m</sub> =	0,0005	Volume della sospensione	1000	cm <sup>3</sup>
H <sub>1</sub> (cm) =	2,5	C <sub>d</sub> =	-0,0035	MASSA DELL'UNITA' DI VOLUME DEI GRANI:		
h <sub>1</sub> (cm) =	15,1	CILINDRO DI PROVA:	Convenzionale:	2700	kg/m <sup>3</sup>	
V <sub>d</sub> (cm <sup>3</sup> ) =	60,0	A (cm <sup>2</sup> ) =	29	Passante al setaccio ASTM n° 200:	54,1	%

tempi di lettura		temperatura	lettura al densimetro	correzione temperatura	lettura corretta	diametro particelle	passante parz. P	passante totale
[min]	[s]	[°C]	R	C <sub>t</sub>	R <sub>c</sub>	D [mm]	[%]	P' [%]
0,5	30	23,7	1,0260	0,0036	1,0266	0,0548	85,6	46,3
1	60	23,7	1,0220	0,0036	1,0226	0,0409	72,7	39,4
2	120	23,7	1,0180	0,0036	1,0186	0,0303	59,9	32,4
4	240	23,7	1,0140	0,0036	1,0146	0,0224	47,0	25,4
8	480	23,7	1,0115	0,0036	1,0121	0,0162	39,0	21,1
15	900	23,7	1,0090	0,0036	1,0096	0,0121	30,9	16,7
30	1800	23,7	1,0070	0,0036	1,0076	0,0087	24,5	13,2
60	3600	23,8	1,0055	0,0036	1,0061	0,0063	19,8	10,7
120	7200	24,0	1,0045	0,0037	1,0052	0,0045	16,8	9,1
240	14400	24,2	1,0035	0,0038	1,0043	0,0032	13,8	7,5
480	28800	24,3	1,0030	0,0038	1,0038	0,0022	12,3	6,6
1440	86400	23,6	1,0030	0,0036	1,0036	0,0013	11,5	6,2



Ghiaia: 4,1%  
Sabbia: 49,6%  
Limo: 39,7%  
Argilla: 6,6%

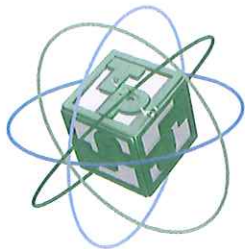
Classificazione granulometrica:  
(Raccomandazioni A.G.I.)  
**Sabbia con limo debolmente argilloso**

Sede Amministrativa  
Statale Valsesia, 20  
13035 Lenta (Vc)  
Tel. +39-0163.885.111  
Fax +39-0163.885.028

Unità operativa n. 1  
Statale Valsesia, 20  
13035 Lenta (Vc)  
Tel. +39-0163.885.111  
Fax +39-0163.885.028

Unità operativa n. 2  
Via Ponte Romano, 228-230  
11027 Saint-Vincent (Ao)  
Tel. +39-0166.537.780  
Fax +39-0166.510.914

Unità locali uffici  
13836 Cossato (Bi) - Via Corridoni, 54  
00161 Roma - Via De Rossi, 4  
tecnopiemonte@tecnopiemonte.com  
www.tecnopiemonte.com



# TECNO PIEMONTE S.p.A.

CENTRO PROVE – RICERCHE – AMBIENTE – SERVIZI PER INGEGNERIA  
AUT. MIN.: INTERNO - SALUTE - SVILUPPO ECONOMICO – ISTRUZIONE UNIVERSITA' E RICERCA  
INFRASTRUTTURE E TRASPORTI ART. 20 LEGGE 1086/71 – DPR. 380/01  
INDAGINI – GEOTECNICA TERRENI E ROCCE - MARCATURA CE ORGANISMO NOTIFICATO N° 1372



Committente:

TECNOSUOLO s.r.l.  
S.S. MI-GE, 10  
27040 CASATISMA (PV)

RAPPORTO DI PROVA	05046/V	DEL	29/05/2019	Pagina 1 di 2
Verbale di accettazione n°	407/GT	del	21/05/2019	Vs. rif. : -

SETTORE	GEOTECNICA - PROVE DI LABORATORIO SUI TERRENI		
CANTIERE	Motta Vigana - Comune di Massalengo (LO) - FAIL S.r.l.		
ENTE APPALTANTE	FAIL S.r.l.		
DIRETTORE DEI LAVORI:	-		
DESCRIZIONE MATERIALE	n. 1 campione di terreno rimaneggiato: Contrassegno/cod. prova: <b>T4 CBR</b> Sondaggio: <b>T4</b> Opera/WBS/Ubicazione: <b>Motta Vigana (LO)</b> Quota/Profondità: <b>prof. -0,40 m</b> Data prelievo: (dal Committente)	DATA ARRIVO AL LABORATORIO	
		21/05/2019	
		MODALITA' DI ACCETTAZIONE	
		Consegnato dal Committente	
PROVE ESEGUITE	Indice di portanza CBR	NORMA DI RIFERIMENTO	
		UNI EN 13286-47	

I risultati si riferiscono esclusivamente ai campioni sottoposti a prova (UNI CEI EN ISO/IEC 17025)

LO SPERIMENTATORE	Dott. Geol. Andrea TORRIGLIA 
IL DIRETTORE DEL LABORATORIO GEOTECNICO	Dott. Geol. Marco BETTIO 

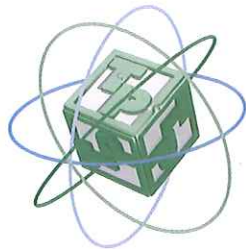
Sede Amministrativa  
Statale Valsesia, 20  
13035 Lenta (Vc)  
Tel. +39-0163.885.111  
Fax +39-0163.885.028

Unità operativa n. 1  
Statale Valsesia, 20  
13035 Lenta (Vc)  
Tel. +39-0163.885.111  
Fax +39-0163.885.028

Unità operativa n. 2  
Via Ponte Romano, 228-230  
11027 Saint-Vincent (Ao)  
Tel. +39-0166.537.780  
Fax +39-0166.510.914

Unità locali uffici  
13836 Cossato (Bi) - Via Corridoni, 54  
00161 Roma - Via De Rossi, 4  
tecnopiemonte@tecnopiemonte.com  
www.tecnopiemonte.com





# TECNO PIEMONTE S.p.A.

CENTRO PROVE - RICERCHE - AMBIENTE - SERVIZI PER INGEGNERIA  
AUT. MIN.: INTERNO - SALUTE - SVILUPPO ECONOMICO - ISTRUZIONE UNIVERSITA' E RICERCA  
INFRASTRUTTURE E TRASPORTI ART. 20 LEGGE 1086/71 - DPR. 380/01  
INDAGINI - GEOTECNICA TERRENI E ROCCE - MARCATURA **CE** ORGANISMO NOTIFICATO N° 1372



pag. 2 di 2

Committente:	TECNOSUOLO s.r.l.		
Rapporto di prova n.:	05046/V	del	29/05/2019
Verbale di accettazione n.:	407/GT	del	21/05/2019
Vs. rif.:	-		

Oggetto:	DETERMINAZIONE DELL'INDICE DI PORTANZA CBR		
Normativa di riferimento:	UNI EN 13286-47		
Cantiere:	Motta Vigana - Comune di Massalengo (LO) - FAIL S.r.l.		
Ente Appaltante:	FAIL S.r.l.		
General Contractor	-		
Direttore dei Lavori:	-		
Identificazione del campione			
Contrassegno/codice prova.:	T4 CBR	Modalità accettazione:	consegnato dal Committente
Sondaggio:	T2 <sub>1</sub>	Quota/Profondità:	-
Opera/WBS/Ubicazione:	Motta Vigana (LO)	Data arrivo al lab.:	21/05/2019
Quota/Profondità (m):	prof. -0,40 m	Data prova:	22/05/2019
Osservazioni:	-		
Procedimento: provino confezionato in cantiere dal Committente e sottoposto a prova in laboratorio conservando l'umidità naturale (campione sigillato)			
Energia di costipamento:			
Inerte trattenuto al setaccio 22,4mm ISO3310:	-	(% in massa sul totale)	
Massa secca dell'unità di volume	Mg/m³	Contenuto d'acqua del provino:	12,5 %
Rigonfiamento dopo 96 h di imbibizione:	0,00 mm 0,00 %	Sovraccarico utilizzato:	0,028 daN/cm²

penetrazione [mm]	carico [daN]
0	0
0,5	30
1	59
1,5	83
2	108
2,5	135
3	157
4	189
5	208
7	245
9	273

CBR: 10

carichi standard  
2,5 mm: 13,2 kN  
5,0 mm: 20,0 kN

Sede Amministrativa  
Statale Valsesia, 20  
13035 Lenta (Vc)  
Tel. +39-0163.885.111  
Fax +39-0163.885.028

Unità operativa n. 1  
Statale Valsesia, 20  
13035 Lenta (Vc)  
Tel. +39-0163.885.111  
Fax +39-0163.885.028

Unità operativa n. 2  
Via Ponte Romano, 228-230  
11027 Saint-Vincent (Ao)  
Tel. +39-0166.537.780  
Fax +39-0166.510.914

Unità locali uffici  
13836 Cossato (Bi) - Via Corridoni, 54  
00161 Roma - Via De Rossi, 4  
tecnopiemonte@tecnopiemonte.com  
www.tecnopiemonte.com

**S.P.23 "LODI-SAN COLOMBANO AL LAMBRO" TANGENZIALE ESTERNA  
ALL'ABITATO DI MOTTA VIGANA IN COMUNE DI MASSALENGO (LO)  
PROGETTO DEFINITIVO**

<b>Documentazione fotografica</b>		<b>ALL.7</b>
Committente:  Sig. FAIL S.r.l.	A cura di:  TECNOSUOLO S.r.l. S.S. MI-GE n.10 27040 Casatisma (PV)	Data: Settembre 2019
		Scala: //





**Figura 1:** Postazione trincea esplorativa T1.



**Figura 2:** Postazione trincea esplorativa T2.





**Figura 3:** Postazione trincea esplorativa T3.



**Figura 4:** Postazione trincea esplorativa T4.





**Figura 5:** Postazione prova penetrometrica P1.



**Figura 6:** Postazione prova penetrometrica P2.



**Figura 7:** Postazione stendimento sismico MASW