



Brenna, 16/06/2015

RACCORDI SPECIALI S.R.L..

Via Foppaola
GARLATE (LC)

SPORTELLINO UNICO DELLE ATTIVITA' PRODUTTIVE:
VARIANTE URBANISTICA PER AMPLIAMENTO
CAPANNONE RACCORDI SPECIALI SRL - GARLATE

- Relazione Geologica

DR. GEOLOGO SAMUELE AZZAN



1 - PREMESSA

La presente relazione è stata prodotta per conto della Ditta Raccordi Speciali con sede in comune di Garlate (Lc); scopo della presente relazione è la caratterizzazione geologica e geologico - tecnica e sismica del comparto edificatorio sito via Foppaola in comune di Garlate (Lc), su cui è prevista l' ampliamento di un capannone industriale

Lo studio del comparto è stato attuato attraverso l' esecuzione di una campagna di rilevamento geologico e geomorfologico estesa ad un intorno significativo del lotto d' intervento e dall'esecuzione di **n° 7** prove penetrometriche dinamiche a punta conica S.C.P.T., finalizzate alla determinazione delle caratteristiche geotecniche dei terreni presenti nel sottosuolo fino ad una profondità significativa al di sotto del piano d'imposta delle fondazioni delle opere in progetto. Sono inoltre state eseguite, per la determinazione delle caratteristiche stratigrafiche del sottosuolo **n° 5** trincee esplorative spinte fino ad una profondità di circa 2,00 m dal p.c. attuale. La ricognizione freaticometrica è stata effettuata mediante misurazioni direttamente nei fori di prova penetrometrica di cui **n°2** attrezzati con piezometro fessurato in PVC.(S.c.p.t. 3 e 6).

Per la caratterizzazione sismica è stata effettuato la realizzazione **n° 1** sismogramma con il metodo MASW.

Per la determinazione delle caratteristiche di permeabilità dei terreni costituenti il locale sottosuolo, così come riportato nelle N.T.A. dello Studio geologico Comunale sono state eseguite **n° 2** prove di permeabilità.

Con l' entrata in vigore dello stesso D.M. 14.01.2008 e delle relative NTC, la Relazione Geotecnica di progetto può essere approntata solo una volta stabilite le caratteristiche tipologiche delle opere fondazionali previste dal Progetto Esecutivo dell' intervento, e quindi una volta stabilite la loro quota di imposta e caratteristiche geometriche nonché la determinazione dei carichi permanenti e variabili agenti sulle stesse.

2 - INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'area d'intervento è ubicata in comune di Garlate (Lc) in Via Foppaola nella parte nord-orientale del territorio comunale ad una quota compresa tra circa 200,00 m e 204,00 m s.l.m..

Il territorio di Garlate (Lc), e più in particolare l'area d'intervento, è cartografato nella **Tavoletta B4d5** alla scala 1:10.000 della Carta Tecnica Regionale (CTR).

L'area d'intervento è compresa nella **Classe 3** – “Fattibilità con consistenti limitazioni” dello Studio Geologico Comunale.

Il comune di Garlate (Lc), con l' entrata in vigore del D.M. 14 settembre 2005 “ Norme tecniche per le costruzioni “, successivamente modificato dal D.M. 14/01/2008, e la concomitante entrata in vigore dell' Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20 marzo 2003 per quanto riguarda la classificazione sismica del territorio nazionale , risulta attualmente classificato in **Zona 4 – area a bassissima sismicità**: $PGA < 0,05g$ (dove PGA indica il picco di accelerazione gravitazionale).

Si osserva che il 16/07/2014 è stata pubblicata sul BURL n°29 – S.O. la D.G.R. n°2129 del 11/07/2014 contenente la nuova classificazione sismica dei comuni della Regione Lombardia; essa prevede per il comune di Garlate il passaggio da Zona 4 (bassissima sismicità) a **Zona 3** (bassa sismicità).

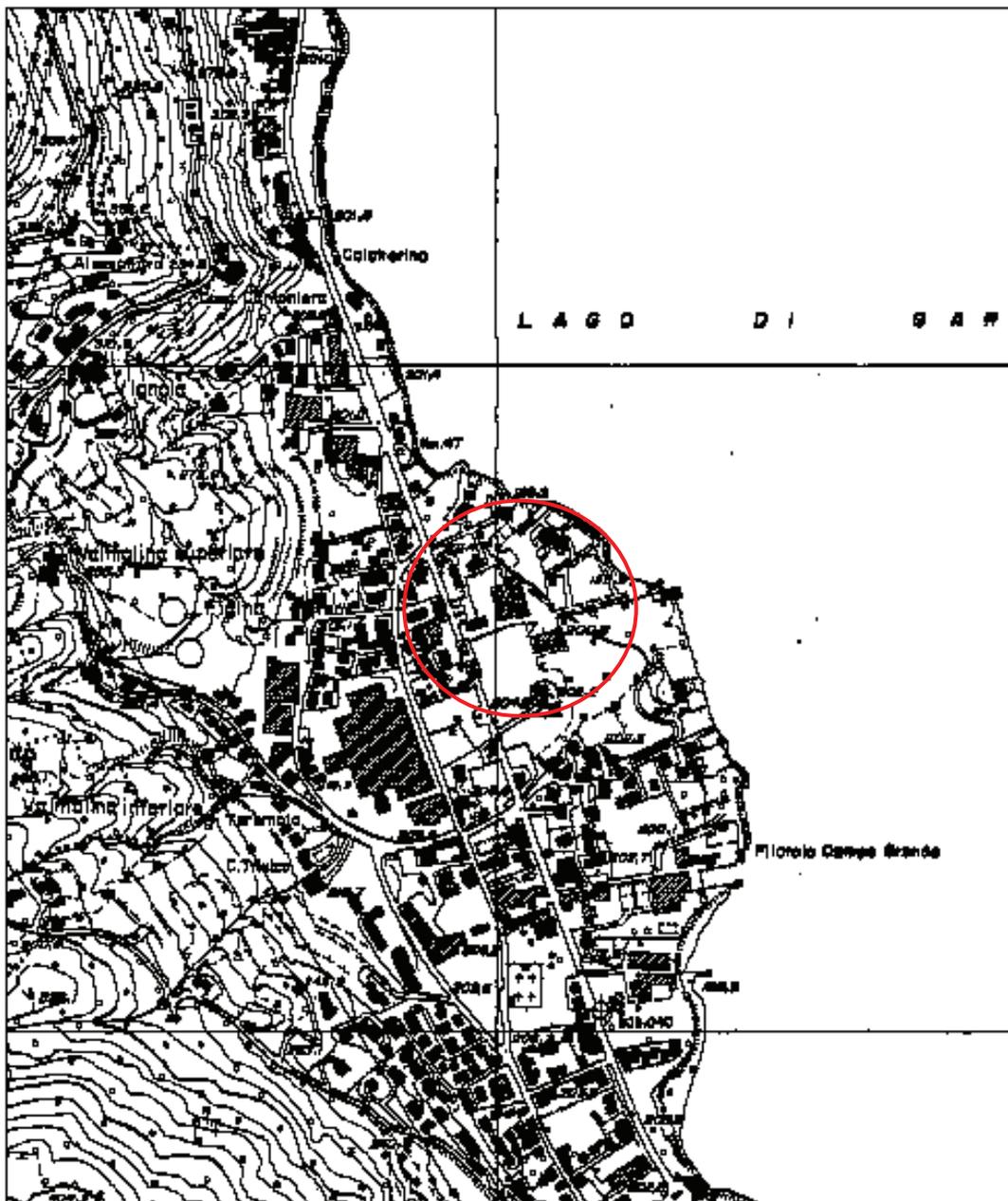
Tale classificazione entrerà in vigore a partire dal 14/10/2015 come indicato nella D.G.R. n°X/2489 del 10/10/2014; tuttavia il punto 3 della delibera prevede che *"nelle more dell'entrata in vigore della nuova classificazione sismica, nei comuni che saranno riclassificati dalla Zona 4 alla Zona 3 [...], tutti i progetti delle strutture [...] siano redatti in linea con le norme tecniche vigenti [...] nelle Zone 3 [...]"*.

In accordo con i Progettisti, si è ritenuto opportuno riferire la caratterizzazione sismica del sito alla nuova classificazione (zona sismica 3).

Di seguito viene riportato uno stralcio della Carta Tecnica Regionale, in scala 1/10000 con evidenziata l'area d'intervento e un estratto della Carta di Fattibilità Geologica

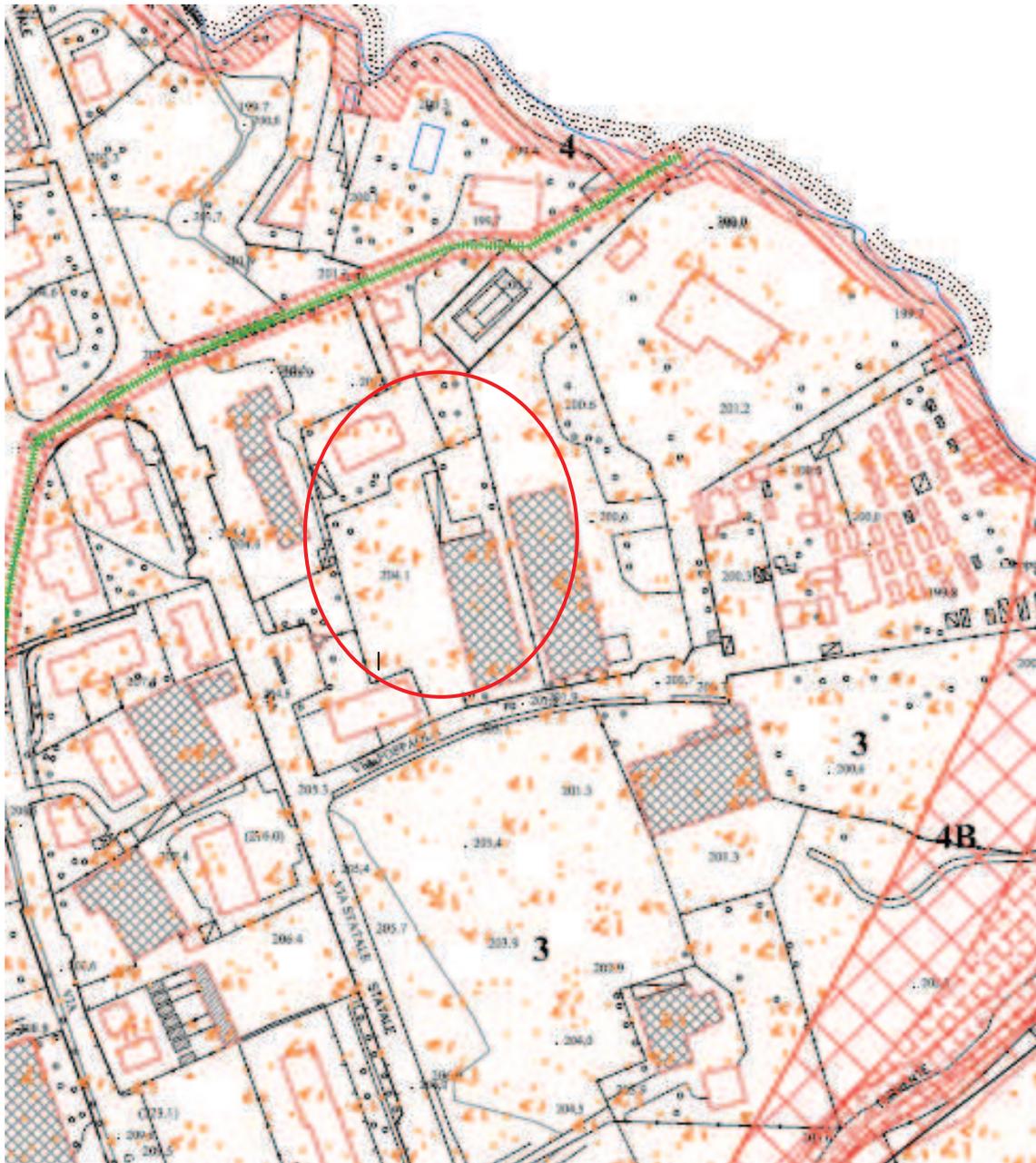
INQUADRAMENTO GEOGRAFICO AREA D' INDAGINE

Carta Tecnica Regionale - Scala 1 : 10.000



 Area d'indagine

ESTRATTO CARTA DELLE FATTIBILITA' GEOLOGICA
(tratto dallo Studio Geologico a supporto del P.G.T.)



Area d'indagine

LEGENDA

CLASSE 3 FATTIBILITA' CON CONSISTENTI LIMITAZIONI

Comprende aree che presentano consistenti limitazioni alla modifica delle destinazioni d'uso dei terreni. Sono aree predisposte al dissesto idrogeologico e morfodinamico.

Aree caratterizzate da rischio geologico tecnico legato alle scadenti caratteristiche geotecniche dei terreni con presenza di numerose sacche d'acqua superficiali.



Aree caratterizzate da rischio idrogeologico legato all'instabilità dei versanti caratterizzati dalla presenza di terreni superficiali con alto potere rigonfiante e scadenti caratteristiche geotecniche. Presenza di substrato roccioso subaffiorante dotato di scadenti caratteristiche geomeccaniche. Piante d'alto fusto derivanti da ceppaie vecchie con alto grado di sradicamento e di sovraccarico sul versante.

CLASSE 4 FATTIBILITA' CON GRAVI LIMITAZIONI



Comprende aree con gravi limitazioni per la modifica delle destinazioni d'uso. Dovrà essere esclusa qualsiasi nuova edificazione.



Comprende aree con gravi limitazioni per la modifica delle destinazioni d'uso. Dovrà essere esclusa qualsiasi nuova edificazione. ZONA 1PAI-Conoide attiva non protetta



Comprende aree con gravi limitazioni per la modifica delle destinazioni d'uso. Dovrà essere esclusa qualsiasi nuova edificazione. ZONA 2PAI - Conoide attiva parzialmente protetta

3 – INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO ED IDROGRAFICO

Dal punto di vista geomorfologico l'assetto morfologico della regione si è venuto delineando, nelle sue forme fondamentali, nel corso dell'era glaciale che ha caratterizzato la storia geologica del periodo Quaternario antico (Pleistocene).

Nel periodo pleistocenico la regione fu invasa, a più riprese, dalle fronti dei ghiacciai in espansione, attraverso le valli del Lario, dai territori alpini che qui vi trasportarono ed abbandonarono un'ingentissima quantità di materiali detritici sedimentati ad edificare i caratteristici archi morenici di forma allungata a cui sono interposte delle aree tabulari depresse parzialmente colmate dall'accumulo dei materiali alluvionati e risedimentati, durante le fasi inter e post glaciali, dalle fiumane di scioglimento dei ghiacci stessi.

Più in particolare, il comparto in esame si presenta pianeggiante ed è ubicato a circa 200,00 e 204,00 m s.l.m., in ambito di conoide alluvionale; l'area è posta in una zona di transizione tra la fascia lacustre all'estremo est, ed i rilievi collinari e pedemontani a tergo dell'abitato (ovest). Si evidenzia inoltre che l'area è stata modificata dall'intervento antropico con la messa in posto di terreno di riporto.

In seguito a sopralluogo effettuato nell'area ed in un suo intorno significativo non si evidenzia la presenza di fenomeni d'instabilità in atto. Dall'attento esame del lotto d'intervento e dei terreni ad esso contigui si può asserire che gli stessi sono caratterizzati da buona stabilità geomorfologica.

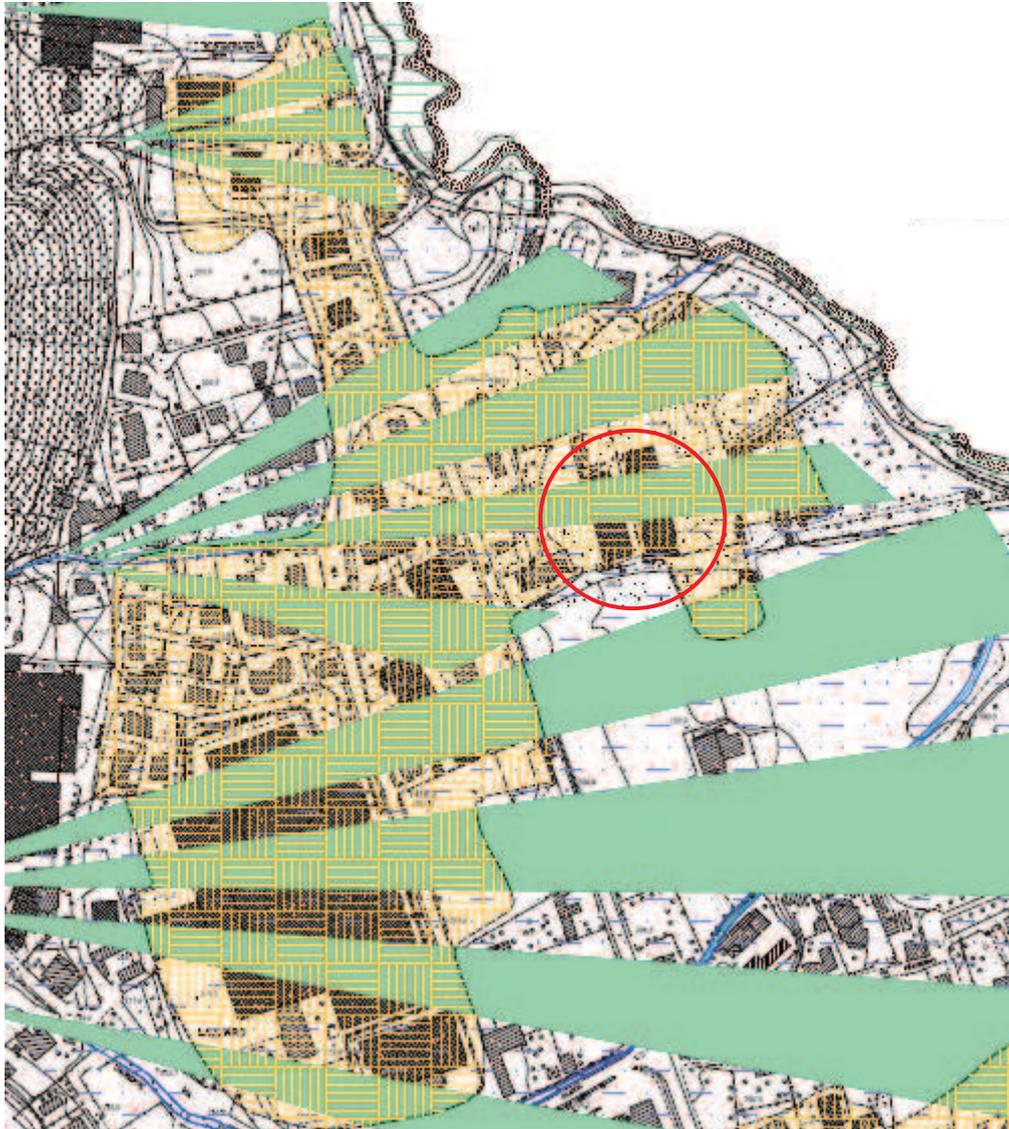
Anche la consultazione di tutti gli elementi cartografici ed informatici sui dissesti PAI, non ha evidenziato, nell'area d'intervento e nelle zone limitrofe, la presenza di alcun dissesto franoso.

Dal punto di vista idrografico la zona è caratterizzata dalla presenza della Torrente Molina che scorre a sud/sud-est dell'area di intervento ad una distanza di circa 200 m con decorso, nella zona, circa SW-NW. A nord dell'area d'intervento è presente, ad una distanza di circa 100 m, un altro elemento idrografico di dimensioni minori..

Il comparto d'intervento è posizionato tuttavia in una zona defilata e protetta da entrambi gli elementi idrografici

Si riporta di seguito uno stralcio della carta geomorfologica del PGT e della carta dei dissesti del PAI.

ESTRATTO CARTA GEOMORFOLOGICA
Scala 1:5000

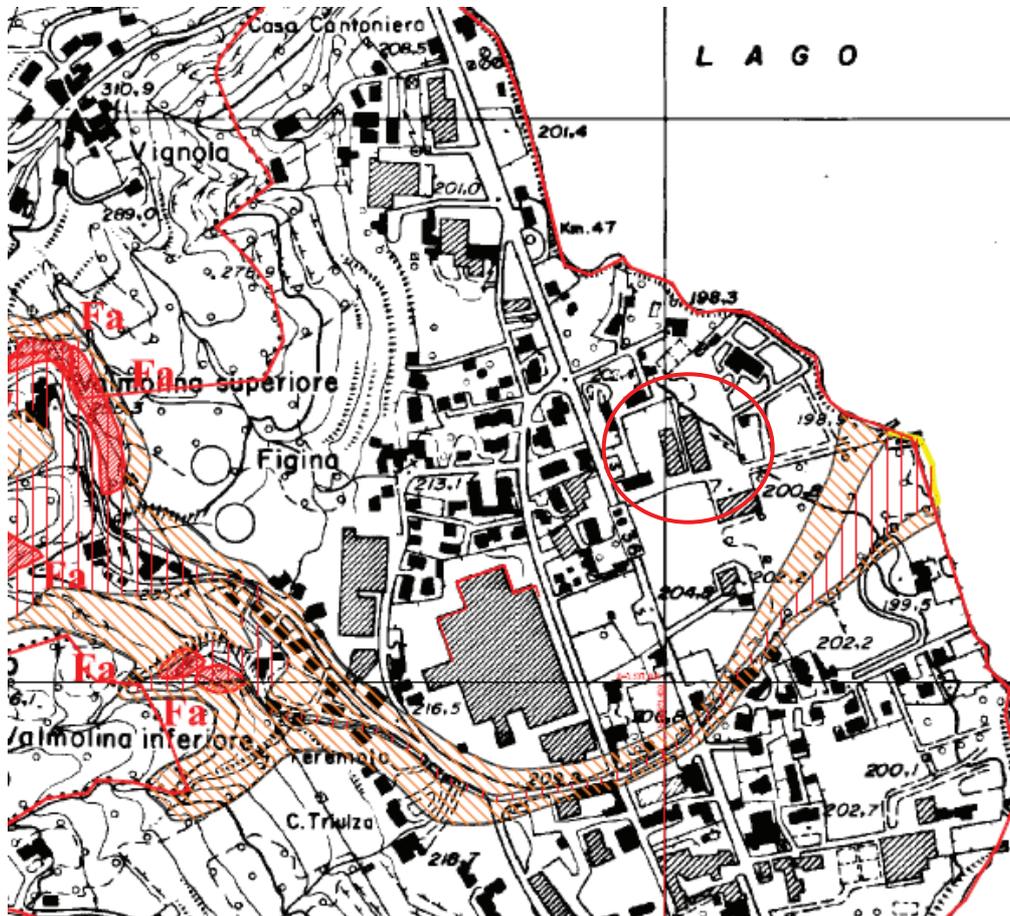


**FORME, PROCESSI E DEPOSITI PER ACQUE
CORRENTI SUPERFICIALI**



ESTRATTO CARTA DEI DISSESTI (P.A.I.)

Scala 1:10000



LEGENDA PAI	CLASSI FATTIBILITA' DA STUDIO GEOLOGICO
Fa Area di frana attiva 	IV
ZONA 1 	IVA
ZONA 2 	IVB
Cn Cn - area di conoide non recentemente riattivatasi 	III

4 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L' area in esame è ubicata al margine meridionale dell' anfiteatro morenico del canturino nella zona di transizione tra le colline moreniche antiche e la pianura diluviale lombarda .

L' area in esame è compresa nel **Foglio. 32 " Como "** della Carta Geologica d' Italia alla scala 1 : 100.000 .

In questa zona affiorano esclusivamente terreni detritici di origine continentale la cui messa in posto è connessa con le attività deposizionali recenti ed antiche dei corsi d'acqua e del bacino lacustre lariano e con le fasi di espansione glaciale che hanno caratterizzato la storia geologica del periodo Quaternario antico (Pleistocene) .

Più in particolare l'area in esame è caratterizzata dalla presenza dei depositi alluvionali di conoide e dai depositi di versante; i depositi lacustri in senso stretto occupano una fascia limitata all'estremo margine orientale del territorio, in prossimità della sponda del Lario.

Il substrato roccioso che costituisce l'ossatura dei rilievi montuosi a tergo dell'abitato sono in prevalenza alternanze di arenarie e puddinghe silicee o calcaree, deposte in ambiente di mare profondo nel Cretaceo.

Depositi alluvionali di conoide

Sono i depositi originatisi a seguito del trasporto e deposizione di ghiaie, ciottoli e sabbie ad opera dei corsi d'acqua incisi nei rilievi montuosi, allo sbocco delle valli a seguito della diminuzione dell' energia di trasporto.

L'organizzazione stratigrafica richiama la morfologia "a cono" da cui il nome; spesso si osservano geometrie stratificate, con lenti sovrapposte di varia granulometria.

Generalmente le parti più distali vedono la prevalenza di materiali fini (sabbie e limi), mentre al centro sono dominanti le frazioni grossolane.

Si prevede pertanto per il caso in oggetto la presenza anche di importanti intercalazioni di depositi fini o medio-fini (limi sabbiosi e sabbie ghaiose).

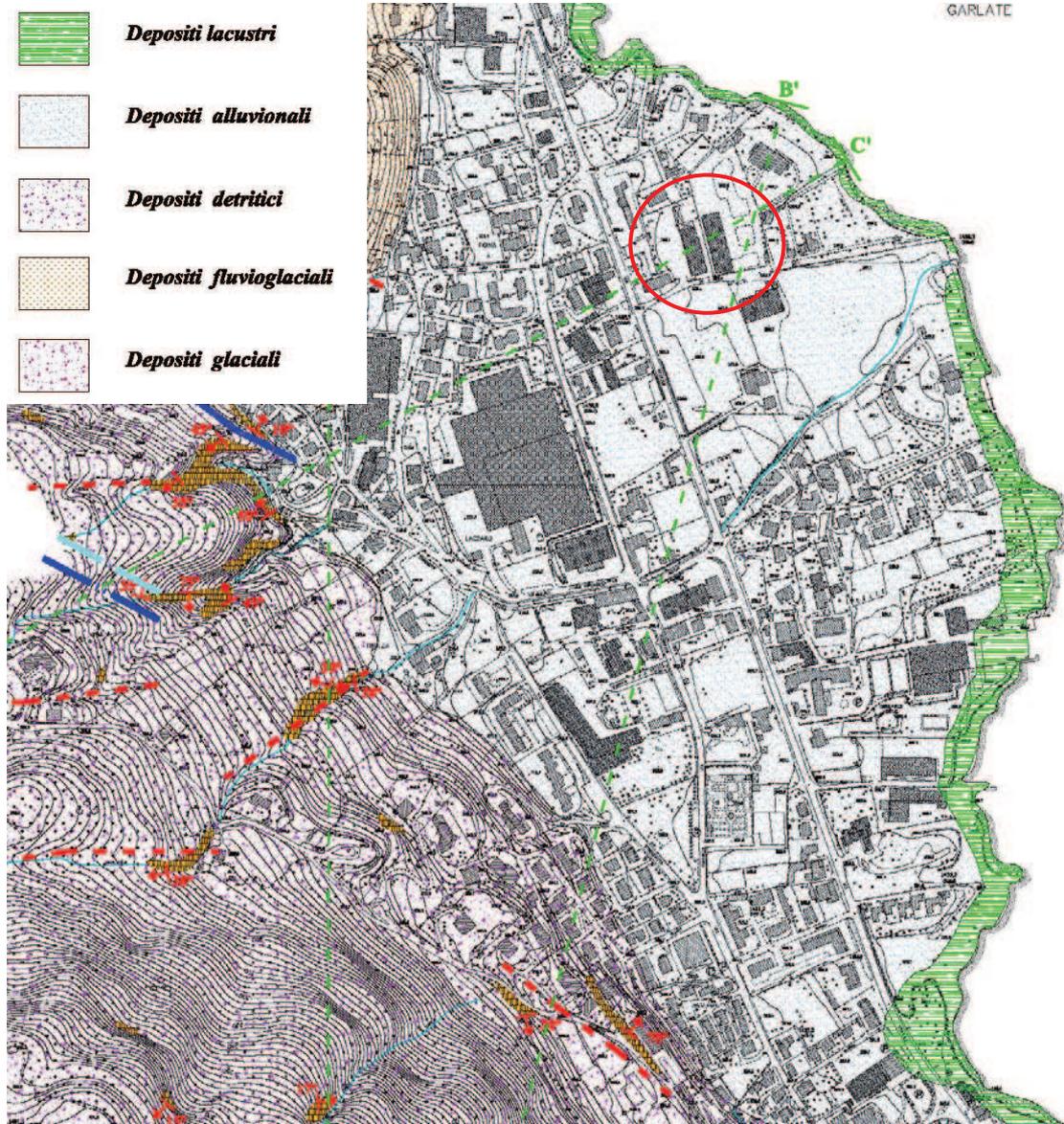
Depositi di versante

Trattasi di depositi terrigeni di materiale incoerente accumulatisi ai piedi dei pendii a seguito di fenomeni gravitativi di vario tipo; prevalgono le classi granulometriche più grossolane, con massi, blocchi e ciottoli prevalenti spesso in abbondante matrice più fine limoso sabbiosa.

Di seguito viene riportato uno stralcio di carta geologica alla scala 1/5000 allegata al PGT, e della Carta Geologica d'Italia (foglio n°32 "Como").

ESTRATTO CARTA GEOLOGICA

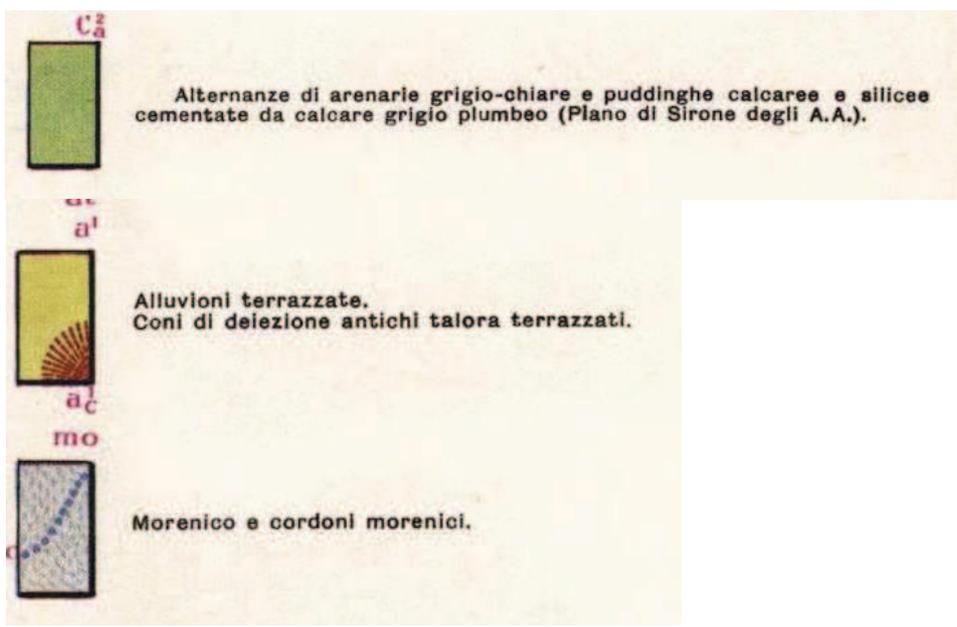
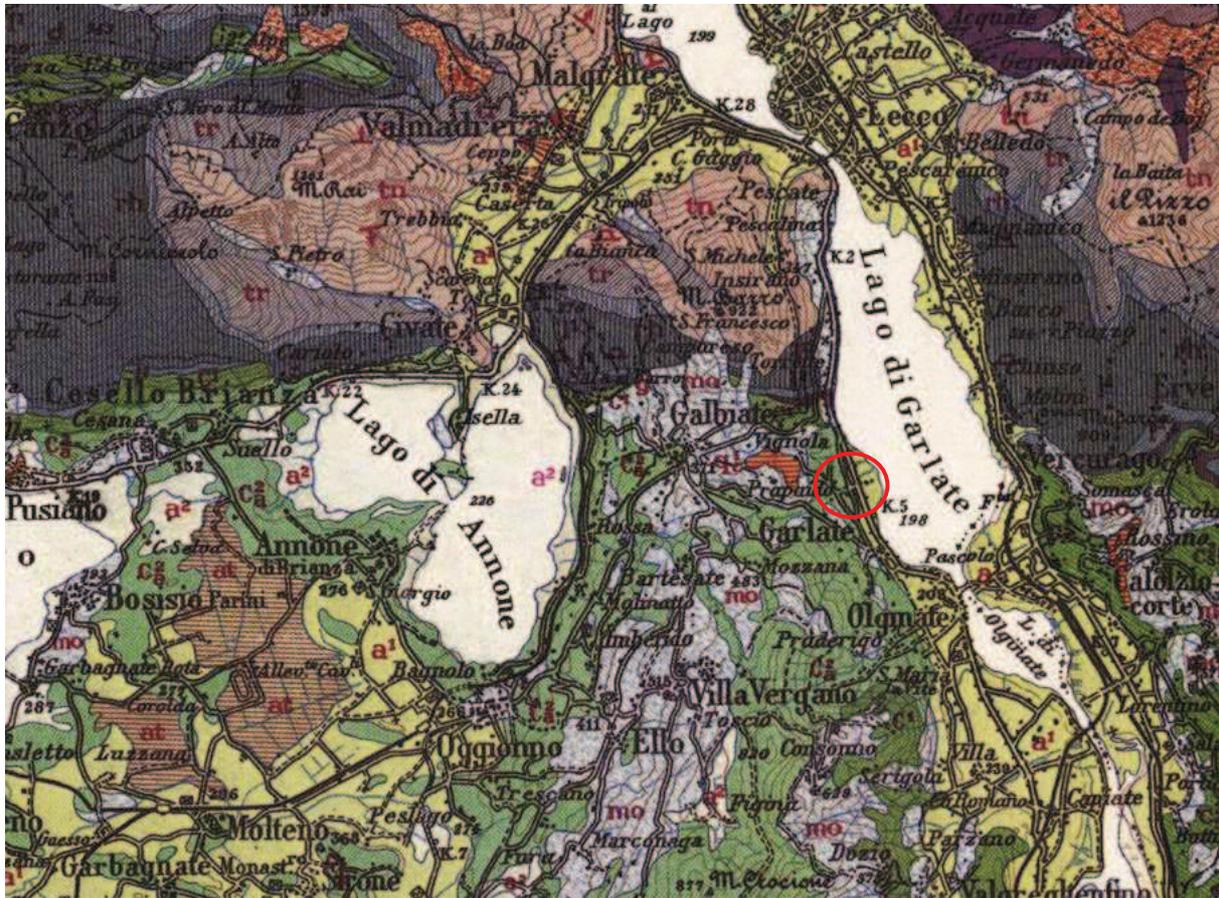
Scala 1:5000



 Area d'intervento

ESTRATTO CARTA GEOLOGICA D'ITALIA - FOGLIO N°32 "COMO"

Scala 1:100000



5 – CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

Allo scopo di definire le caratteristiche geotecniche dei terreni presenti nel sottosuolo dell'area d'intervento sono state eseguite **n° 7** prove penetrometriche con penetrometro dinamico standard a punta conica S.C.P.T.; le prove, ubicate nel comparto come indicato nella allegata planimetria, sono state spinte fino ad una profondità pari a circa **10,50 m** dal piano da cui sono state intestate. Il piano da cui sono state eseguite le prove corrisponde all'attuale piano campagna ed è rappresentata da due piazzali planari sub-pianeggianti che presentano tra loro un dislivello di quota pari a circa 3,70 m (cfr. planimetria di cantiere)

I risultati delle prove penetrometriche, riportati negli allegati istogrammi, sono stati interpretati per risalire, anche se indirettamente dato il tipo di prove eseguite, alle grandezze indice dei terreni investigati: densità relativa (d_r %), angolo d' attrito interno (ϕ), peso di volume (γ) e modulo di Young (E). Si evidenzia inoltre che sono state eseguite anche **n° 5** trincee esplorative a mezzo escavatore meccanico spinte fino a 2,00 m (eseguite per caratterizzazione ambientale) utilizzate al fine di verificare la natura dei terreni costituenti il sottosuolo.

I fori di prova, di cui due attrezzati con piezometro in PVC (S.C.P.T. 3 e 6), sono stati altresì utilizzati per la ricognizione freaticometrica del sottosuolo investigato che ha rilevato, nelle misurazioni effettuate alla data 05/06/2015, la presenza di acqua all'interno dei fori di prova ad una profondità compresa tra circa **2,20 m** dal p.c.(piazzale basso in corrispondenza della S.C.P.T. 6) e **3,80 m** dal p.c.(piazzale alto in corrispondenza della S.C.P.T. 3)

Si tratta presumibilmente di una falda che si instaura all'interno dei depositi superficiali sciolti; il livello di tale falda potrebbe subire oscillazioni dovute al ciclo delle precipitazioni, con conseguente innalzamento nei periodi caratterizzati da intense precipitazioni.

L' esame dei diagrammi penetrometrici ha evidenziato, al di sotto di uno spessore di circa 0,30 m di sottofondo, la presenza di terreni di riporto eterogenei di natura sabbioso-ghiaiosi e ciottoli con spessori compresi tra circa 1,50 m e 3,90 m, cui seguono in profondità sabbie fini argilloso-limose fino alla massima profondità raggiunta dalle prove penetrometriche

In base ai risultati delle prove penetrometriche sono state distinte due "Litozona" abbastanza omogenee per caratteristiche tecniche.

In particolare è stato possibile distinguere:

Litozona A : è caratterizzata da terreni di riporto molto eterogenei con ghiaia e ciottoli in matrice sabbiosa. Si ritrova lungo tutte le verticali fino a profondità comprese tra circa 1,50 m (S.C.P.T. 5 – piazzale inferiore) e 3,90 m (S.C.P.T. 1 – piazzale superiore) Presenta parametri geotecnici e valori di resistenza alla penetrazione generalmente mediocri e si presentano generalmente poco addensati. e/o moderatamente addensati

Di seguito vengono riportati i principali parametri geotecnici desunti dall'interpretazione delle prove :

Nspt	Prof. dal p.c.	Angolo attrito Meyerhof (1956)	Peso volume T/m ³	Coeff. Poisson	Modulo Young Bowles (1982) Kg/cm ²	Dr%	Grado addensamento
8-14	1,50 – 3,90	27°-30°	1,65-1,85	0,34-0,33	41-60	31-39	POCO ADDENSATO /MOD.ADDENSATO

Litozona A : è caratterizzata da sabbie fini limose con argille sciolte. Si ritrova lungo tutte le verticali di prova fino alla massima profondità raggiunta dalle prove compresa tra circa 10,00 m e 14,00 m. Unicamente lungo la verticale di prova. Presenta parametri geotecnici e valori di resistenza alla penetrazione generalmente scadenti e si presentano generalmente poco addensati.

Nspt	Prof. dal p.c.	Angolo attrito Meyerhof (1956)	Peso volume T/m ³	Coeff. Poisson	Modulo Young Bowles (1982) Kg/cm ²	Dr%	Grado addensamento
3-5	Indet.	25°-26°	1,46-1,55	0,35-0,34	28-33	5-27	SCIOLTO/POCO ADDENSATO

E' comunque opportuno ricordare che il tipo di prove eseguite consente una caratterizzazione geotecnica dei terreni testati ma tuttavia l' interpretazione litologico-stratigrafica , in assenza di sondaggi geognostici , è da ritenersi solo indicativa.

*La correlazione tra SPT e SCPT utilizzata è la seguente: **$N_{spt} = \beta t N_{scpt}$**

Ove: $\beta t = Q/Q_{spt} = 1,147$ (coefficiente teorico di energia)

Q = energia specifica per colpo (kg/cm^2)

Q_{spt} = energia specifica per colpo della prova SPT (kg/cm^2)

6 - CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO

L'analisi sismica del lotto d'intervento è richiesta in seguito all'entrata in vigore della legge 12/2005 sui Piani di Governo del Territorio la Regione Lombardia ha emanato, con D.G.R. 22 dicembre 2005 n. 8/1566, i nuovi "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione all'art. 57 della L.r. 11 marzo 2005, n. 12." I nuovi criteri forniscono inoltre le indicazioni per l'analisi del rischio sismico, in attuazione all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003.

La metodologia, basata su indagini dirette ed indirette, prevede tre livelli di approfondimento con grado di dettaglio crescente: i primi due livelli sono obbligatori (con opportuna differenza in funzione della zona sismica di appartenenza) in fase di pianificazione, mentre il terzo è obbligatorio in fase di progettazione sia quando con il 2° livello si dimostra l'inadeguatezza della normativa sismica nazionale, sia per gli scenari di pericolosità sismica locale caratterizzati da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazione e contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche meccaniche molto diverse tra loro.

- **il 1° livello** consente il riconoscimento delle aree passibili di amplificazione sismica sulla base di osservazioni geologiche e di dati esistenti; il territorio viene suddiviso in zone a pericolosità sismica omogenea ed individuati da sigle identificative (Z1, Z2 ecc.).
- **Il 2° livello** permette la caratterizzazione semiquantitativa degli effetti di amplificazione sismica attesi nelle aree perimetrale nella Carta delle Pericolosità Sismica Locale e fornisce una stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di Amplificazione (Fa). L'applicazione del 2° livello consente l'individuazione, nell'ambito degli scenari qualitativi suscettibili di amplificazione (zone Z3 e Z4), di aree in cui la normativa risulta insufficiente a tenere in considerazione gli effetti di amplificazione sismica locale (Fa calcolato superiore a Fa di soglia comunale calcolato dal politecnico di Milano).
- **Il 3° livello** permette la definizione degli effetti di amplificazione tramite indagini ed analisi più approfondite nelle aree in cui la normativa risulta inadeguata.

Criteri generali

Di seguito si riportano gli elementi relativi alla caratterizzazione sismica del sito, in accordo con la normativa ad oggi vigente.

Considerando la classe d'uso dell'edificio in progetto (edificio industriale - classe II) e che il territorio comunale ricade attualmente in zona caratterizzata da bassissima sismicità (zona sismica 4), si sarebbero potuti riportare gli elementi della sismicità di base, senza il supporto di un'indagine sismica mirata.

Si osserva tuttavia che il 16/07/2014 è stata pubblicata sul BURL n°29 – S.O. la D.G.R. n°2129 del 11/07/2014 contenente la nuova classificazione sismica dei comuni della Regione Lombardia; essa prevede per il comune di Garlate il passaggio da zona 4 (bassissima sismicità) a zona **3** (bassa sismicità).

Tale classificazione entrerà in vigore a partire dal 14/10/2014; tuttavia, in accordo con i Progettisti, si è ritenuto opportuno riferire la caratterizzazione sismica del sito alla nuova classificazione (zona sismica 3).

La zona sismica 3 impone la necessità di dovere eseguire un approfondimento sismico di 3° livello per gli scenari di pericolosità sismica locale Z2 (come l'area in oggetto), secondo quanto contenuto nella D.G.R. n°2616/2011; la zona sismica 4 consentiva invece l'esecuzione del solo 1° livello di approfondimento sismico (3° livello solo per edifici strategici e rilevanti).

È stata pertanto eseguita un'adeguata indagine sismica in sito con la tecnica MASW.

Pericolosità sismica di base

La pericolosità sismica di base dipende dalle sole caratteristiche sismologiche dell'area, in condizioni ideali ed in assenza degli effetti di sito; fornisce quindi le caratteristiche del terremoto di riferimento.

La pericolosità sismica di base viene definita dai seguenti tre elementi.

- Zona sismica di appartenenza.

- Accelerazione orizzontale di picco (a_g) attesa in condizioni di campo libero, su sito di riferimento con suolo di categoria A e superficie topografica pianeggiante.
- Spettro di risposta elastico in accelerazione (componente orizzontale) in condizioni di campo libero, su sito di riferimento con suolo di categoria A e superficie topografica pianeggiante, definito dai parametri F_0 e T_c^* .

F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro di risposta in accelerazione

T_c^* = inizio del tratto a velocità costante.

Zona sismica di appartenenza

Nella classificazione sismica nazionale vigente, contenuta nell' O.P.C.M. n. 3274, il Comune di Garlate è classificato in zona sismica 4 (rischio sismico molto basso).

A far data dal 14/10/2014, si è già detto che il Comune di Garlate sarà classificato in zona sismica 3 (rischio sismico basso); le accelerazioni sismiche massime rimarranno invariate.

Di seguito si riportano i valori di base dei parametri a_g , F_0 e T_c^* , forniti dall'INGV che definiscono la pericolosità sismica di base per l'area in oggetto e per tempi di ritorno compresi tra 30 anni (SLO – stato limite di operatività) e 975 anni (SLC – prevenzione collasso), con periodo di riferimento per l'azione sismica $VR = 50$ anni, classe d'uso dell'edificio II, così come ricavabili dal software Geostru PS.

Stato Limite	T_r (anni)	A_g (g)	F_0	T_c^* (s)
Operatività (SLO)	30	0,020	2,586	0,158
Danno (SLD)	50	0,026	2,553	0,188
Salvaguardia vita (SLV)	475	0,056	2,628	0,279
Prevenzione collasso (SLC)	975	0,070	2,644	0,295

- a_g = accelerazione sismica orizzontale di picco in condizioni di campo libero su suolo di categoria A e topografia piana;
- F_0 e T_c^* = parametri dello spettro di risposta elastico in accelerazione su suolo rigido e superficie topografica pianeggiante.

Approfondimento sismico di 2° e 3° livello - Effetti di sito

E' stata adottata la seguente procedura:

1. Individuazione scenario di pericolosità sismica locale
2. Definizione Vs con la profondità (30 m)
3. Individuazione categoria di sottosuolo
4. Individuazione fattore di amplificazione sismica (Fa) e confronto con valori soglia specifici del sottosuolo di Garlate
5. Individuazione dello spettro di risposta elastico e coefficienti sismici sito specifici
6. Analisi della pericolosità sismica locale con metodologia strumentale (3° livello)

Scenario di pericolosità sismica locale

L'area in esame è classificata in zona Z2 rispetto agli scenari di pericolosità sismica locale previsti dalla Regione Lombardia, corrispondente a zona con terreni di fondazione particolarmente scadenti / riporto; i possibili effetti di amplificazione sono cedimenti e liquefazione.





Z 2
Zona con terreni di fondazione
particolarmente scadenti - terreni di
riporto -
EFFETTI: CEDIMENTI E
LIQUEFAZIONI

La morfologia pianeggiante dell'area esclude l'intervento di effetti di amplificazione topografica.

Il sito non ricade nell'area d'influenza di faglie sismogenetiche attive.

Il sito in esame, sussistendo più di una delle condizioni riportate in elenco al § 7.11.3.4.2 del D.M. 14.01.2008, richiede la verifica alla liquefazione.

In allegato si riporta la verifica eseguita secondo il metodo semplificato di Seed e Idriss, disponibile online sul sito Geostru.

I depositi in oggetto **non sono soggetti a liquefazione.**

Andamento Vs con la profondità (30 m)

È stata eseguita una specifica indagine sismica in sito, secondo la tecnica MASW

In allegato si riporta il report dell'indagine, con ricostruzione dell'andamento delle Vs con la profondità.

Il valore di Vs30 è compreso tra **201 e 210 m/s.**

Individuazione categoria sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica, è necessario stabilire la categoria di sottosuolo di fondazione secondo la tab. 3.2.II delle NTC08.

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Deposit</i>  <i>di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Deposit</i> <i>di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

In base alla misura delle V_s , si attribuisce al sottosuolo d'interesse la categoria C di sottosuolo di fondazione, corrispondente a depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

Individuazione fattore di amplificazione sismica (F_a) e confronto con valori soglia specifici del sottosuolo di Garlate

In accordo con le procedure di cui all'allegato 5 alla D.G.R. 28 maggio 2008, n.8/7374 il fattore di amplificazione sismica (F_a) è stato calcolato come illustrato nella scheda in allegato.

Individuazione spettro risposta elastico e coefficienti sismici sito specifici

Essendo F_a sito specifico $>$ F_a valore soglia, gli spettri di risposta elastica ed i coefficienti sito specifici di riferimento per l'azione sismica potrebbero essere definiti secondo due alternative:

- scegliere la categoria di suolo superiore (categoria D)
- eseguire analisi più approfondite (3° livello)

Dr. Azzan Samuele
Geologo

Tuttavia, ricadendo il sito in zona di pericolosità sismica locale Z2, è obbligatorio l'approfondimento sismico di 3° livello.

ANALISI SISMICA DI 3° LIVELLO

In allegato viene riportata l'analisi sismica di 3° livello, eseguita considerando gli accelerogrammi della Regione Lombardia per il comune di Garlate ed i relativi spettri di Fourier, che contiene gli spettri di risposta elastici ed i relativi parametri.

7 - PROVA DI PERMEABILITA'

Al fine di accertare le caratteristiche di permeabilità del terreno e quindi il quantitativo di acqua che si può smaltire per infiltrazione, si sono eseguite due prove di permeabilità nei terreni in oggetto: P1 è stata eseguita nell'area verde accanto all'area di manovra (piazzale alto), P2 è stata eseguita nei pressi del parcheggio nel settore ribassato a tergo del fabbricato.

Per eseguire la prova di permeabilità sono stati eseguiti due scavi esplorativi spinti fino a profondità rispettivamente pari a 1,50 m (P1) e 1,00 m (P2); per le caratteristiche composizionali del terreno e quindi le caratteristiche di permeabilità non sono da prevedersi variazioni fino a profondità significative.

Lo scavo ha individuato terreni di origine alluvionale/glaciolacustre, costituiti in prevalenza da sabbie medio fini con rara ghiaia.

Lo scavo è stato inizialmente riempito con acqua per saturare il terreno.

Successivamente, ad intervalli di tempo predefiniti, sono stati misurati gli abbassamenti del livello idrico nello scavo.

In relazione alle discrete caratteristiche di drenaggio del terreno nello scavo, si è ritenuto prolungare la prova per circa 1 ora.

Il coefficiente di permeabilità viene calcolato attraverso successive elaborazioni delle misure di abbassamento del livello idrico nel tempo.

I risultati della prova vengono riportati nella tabella e nel grafico carico idraulico (abbassamenti) / tempo (tabelle e grafici in allegato alla presente).

Dal grafico si osserva come gli abbassamenti del livello idrico nel pozzetto in funzione del tempo tendano a seguire una funzione lineare indicativa di una condizione di equilibrio costante nel tempo della percentuale di acqua assorbita.

Il coefficiente di permeabilità è stato calcolato tramite la seguente relazione:

$$K = [(h_2-h_1)/(t_2-t_1)] * [(1+2hm/b)/(27hm/b+3)]$$

hm = altezza media dell'acqua nel pozzetto;

b = lato di base del pozzetto;

t₂ – t₁ = intervallo di tempo della misura;

h₂ – h₁ = abbassamento del livello nel tempo considerato

A seguito delle prove di permeabilità in pozzetto superficiale, sono stati misurati i seguenti valori di permeabilità, per il terreno presente nel primo sottosuolo, pari a:

$$P1) K \text{ medio} = 1,23 \times 10^{-3} \text{ cm/sec} = \mathbf{1,23 \times 10^{-5} \text{ m/sec}}$$

$$P2) K \text{ medio} = 2,56 \times 10^{-3} \text{ cm/sec} = \mathbf{2,56 \times 10^{-5} \text{ m/sec}}$$

I valori rientrano nell'ambito del range caratteristico dei terreni a medio grado di permeabilità, tipico delle sabbie limose medio-fini.

La permeabilità dei terreni presenti nel sottosuolo di interesse potrebbe essere potenzialmente idonea per lo smaltimento di una buona parte delle acque meteoriche dell'insediamento (le eventuali eccedenze dovrebbero essere convogliate nella pubblica tombinatura); l'eventuale sistema di raccolta e smaltimento andrà opportunamente dimensionato, sulla scorta dei risultati della presente indagine.

Si segnala inoltre la presenza della falda freatica ubicata a ridotta profondità (compresa tra circa 2,20 m (piazzale basso) e 3,80 m (piazzale alto) da p.c.)

8 – CONCLUSIONI

Da quanto espresso nelle precedenti pagine si può rilevare quanto segue:

- L'area d'intervento è ubicata in comune di Garlate (Lc) in Via Foppaola nella parte nord-orientale del territorio comunale ad una quota compresa tra circa 200,00 m e 204,00 m s.l.m..
- Dal punto di vista geologico l'area d'intervento è caratterizzata dalle presenza di depositi alluvionali di conoide e dai depositi di versante; i depositi lacustri in senso stretto occupano una fascia limitata all'estremo margine orientale del territorio, in prossimità della sponda del Lario.
- L'esame dei diagrammi penetrometrici ha evidenziato, al di sotto di uno spessore di circa 0,30 m di sottofondo, la presenza di terreni di riporto eterogenei di natura sabbioso-ghiaiosi e ciottoli con spessori compresi tra circa 1,50 m e 3,90 m, cui seguono in profondità sabbie fini argilloso-limose fino alla massima profondità raggiunta dalle prove penetrometriche.
- La ricognizione freaticometrica del sottosuolo investigato che ha rilevato, nelle misurazioni effettuate alla data 05/06/2015, la presenza di acqua all'interno dei fori di prova ad una profondità compresa tra circa **2,20 m** dal p.c.(piazzale basso in corrispondenza della S.C.P.T. 6) e **3,80 m** dal p.c.(piazzale alto in corrispondenza della S.C.P.T. 3) . Si tratta presumibilmente di una falda che si instaura all'interno dei depositi superficiali sciolti; il livello di tale falda potrebbe subire oscillazioni dovute al ciclo delle precipitazioni, con conseguente innalzamento nei periodi caratterizzati da intense precipitazioni.
- Il valore delle V_{s30} ha evidenziato un valore medio **Vs30** compreso tra **201 e 210 m/s** riconducibile ad un suolo di tipo **C**: "Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di V_{s30} compresi fra 180 e 360 m/s ($15 < N_{spt} < 50$, $70 < cu < 250$ kPa). Essendo il sito ricadendo il sito in zona di pericolosità sismica locale Z2, viene eseguito, così come previsto dalla vigente normativa l'approfondimento sismico di 3° livello.

Dr. Azzan Samuele
Geologo

- Il valore del coefficiente di permeabilità, ricavato dall'esecuzione di n° 2 prove di permeabilità ha permesso di attribuire ai terreni un valore medio del grado di permeabilità (dell'ordine di 10^{-5} m/s).
- Si evidenzia che sarà necessario, una volta stabilite con l'Ingegnere Strutturista la tipologia di fondazioni e i carichi di progetto, procedere alla realizzazione di una relazione geotecnica di progetto ai sensi della vigente normativa (N.T.C.'08).

In base alle caratteristiche geometriche, geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche del comparto d'intervento si ritiene di poter riconoscere la fattibilità delle opere previste dal Progetto.

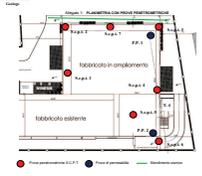
Da ultimo si attesta la compatibilità del Progetto allo Studio Geologico del territorio comunale di supporto al P.G.T. in cui il comparto in esame è stato inserito in classe 3 (Fattibilità con consistenti limitazioni)

A disposizione per ogni ulteriore chiarimento e/o necessità .

DR. GEOLOGO SAMUELE AZZAN

ALLEGATI

- 1) Planimetria con ubicazione S.C.P.T., prove di permeabilità e stendimento sismico
- 2) Documentazione fotografica
- 3) Istogrammi penetrometrici
- 4) Tabelle numero dei colpi prove e caratteristiche penetrometro in uso
- 5) Prove di permeabilità
- 6) Relazione analisi sismica
- 7) Analisi sismica di 2° - 3° livello



Comune di Garlate Prot. n. 516 del 22-01-2016 arrivo Cat. 6 Cl. -3

Allegato n° 2) : **DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA**



Foto 1 : S.C.P.T. 1



Foto 2: S.C.P.T. 2



Foto 3: S.C.P.T. 4



Foto 4: S.C.P.T. 5





Foto 5-6-7: Analisi sismica (metodo MASW)



Foto 8: Prova di permeabilità

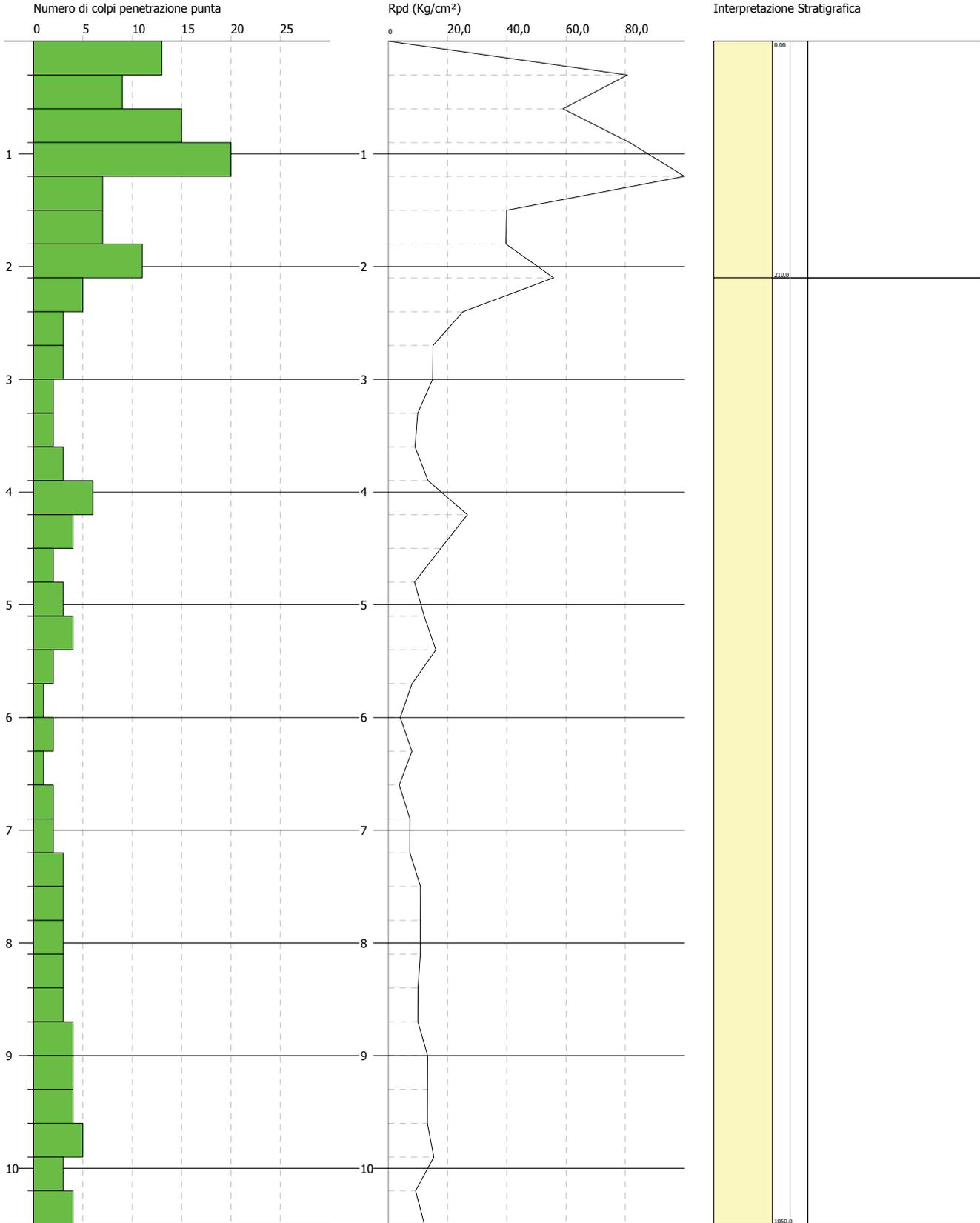
Allegato n° 3): **ISTOGRAMMI PENETROMETRICI**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2
Strumento utilizzato... PAGANI TG 73-100/200

Committente: Raccordi Speciali
Cantiere: Via Foppaola
Località: Garlate

Data: 19/05/2015

Scala 1:51

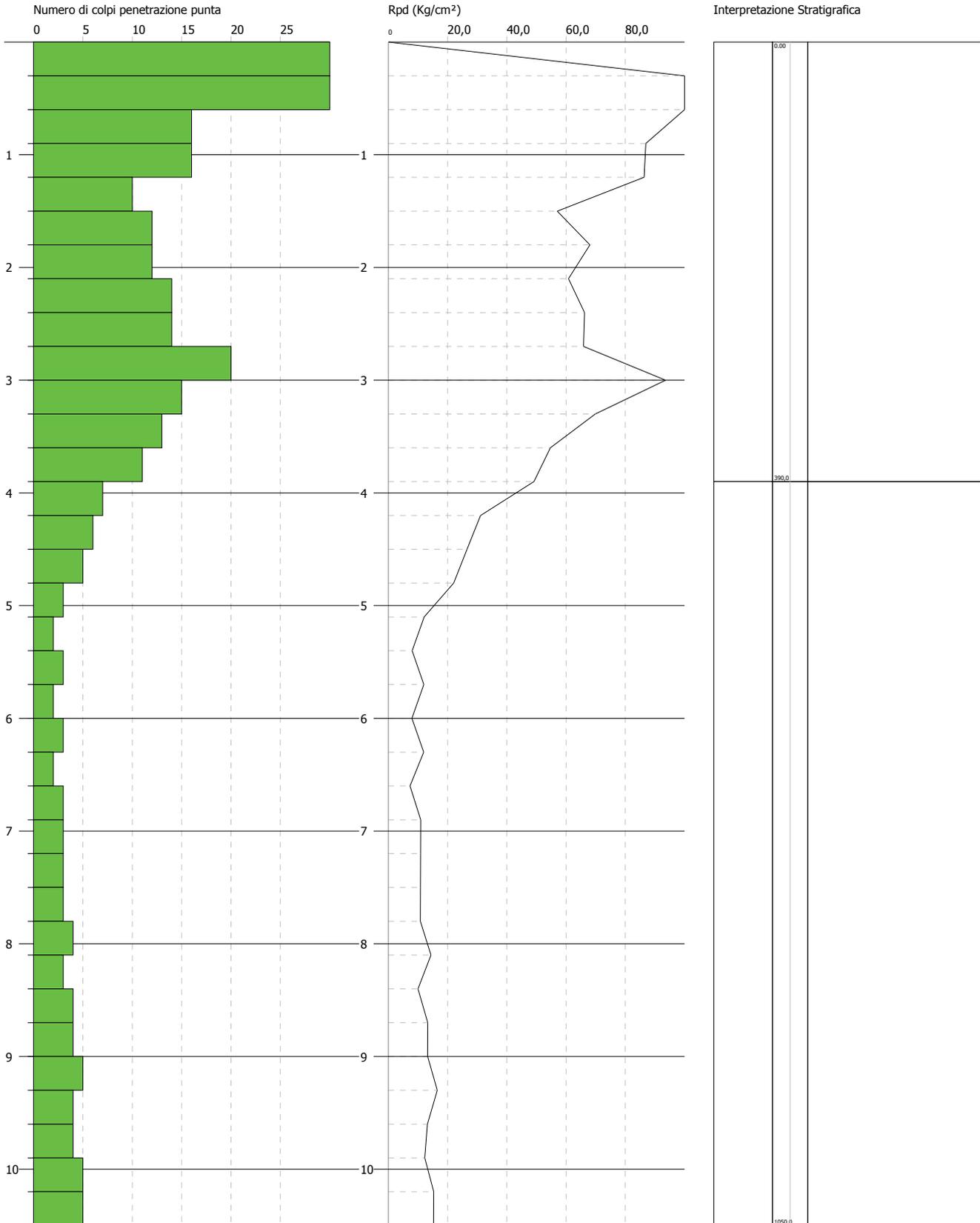


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1
 Strumento utilizzato... PAGANI TG 73-100/200

Committente: Raccordi Speciali
 Cantiere: Via Foppaola
 Località: Garlate

Data: 19/05/2015

Scala 1:51



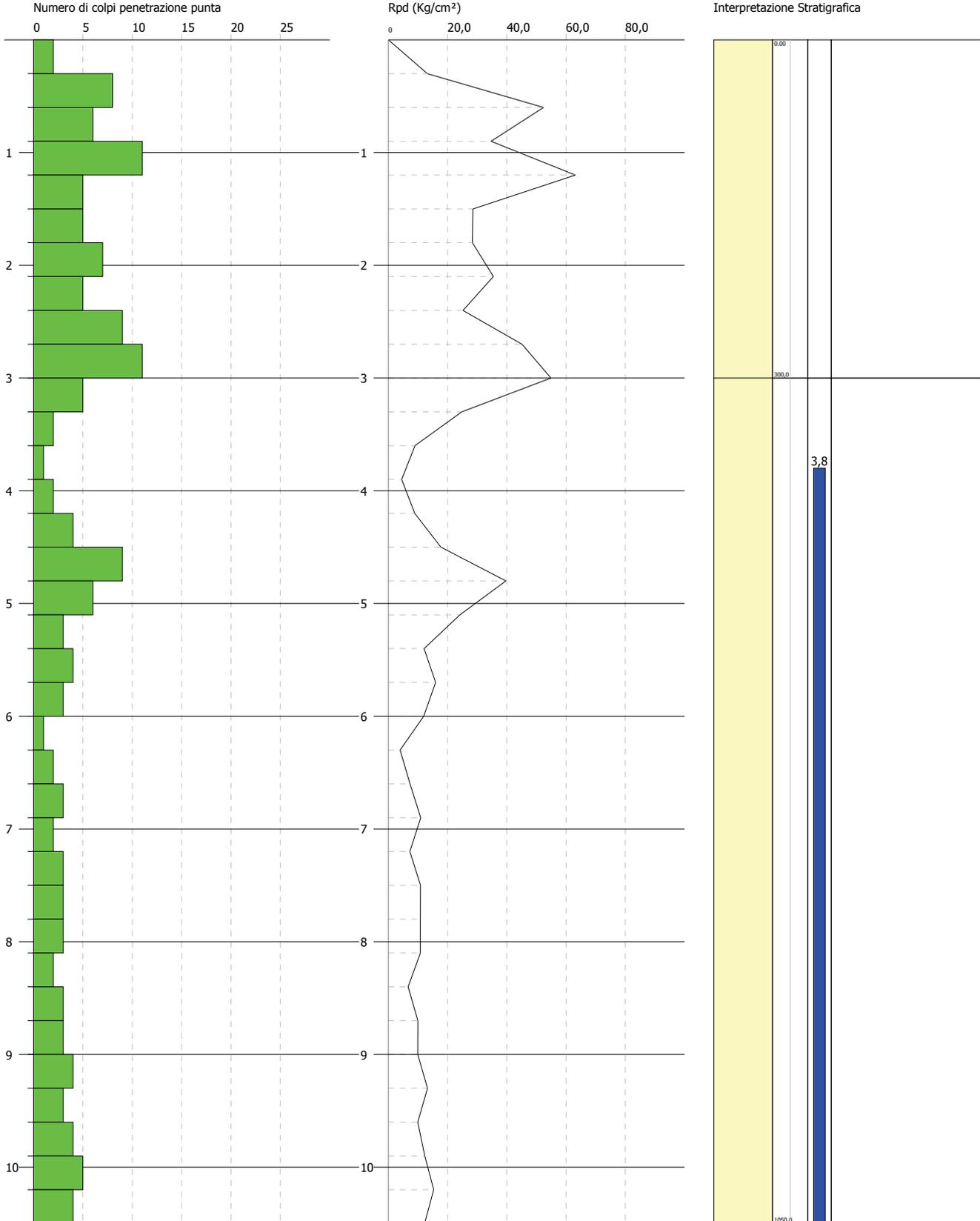
Comune di Garlate Prot. n. 516 del 22-01-2016 arrivo Cat. 6 Cl. -3

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.3
 Strumento utilizzato... PAGANI TG 73-100/200

Committente: Raccordi Speciali
 Cantiere: Via Foppaola
 Località: Garlate

Data: 19/05/2015

Scala 1:51

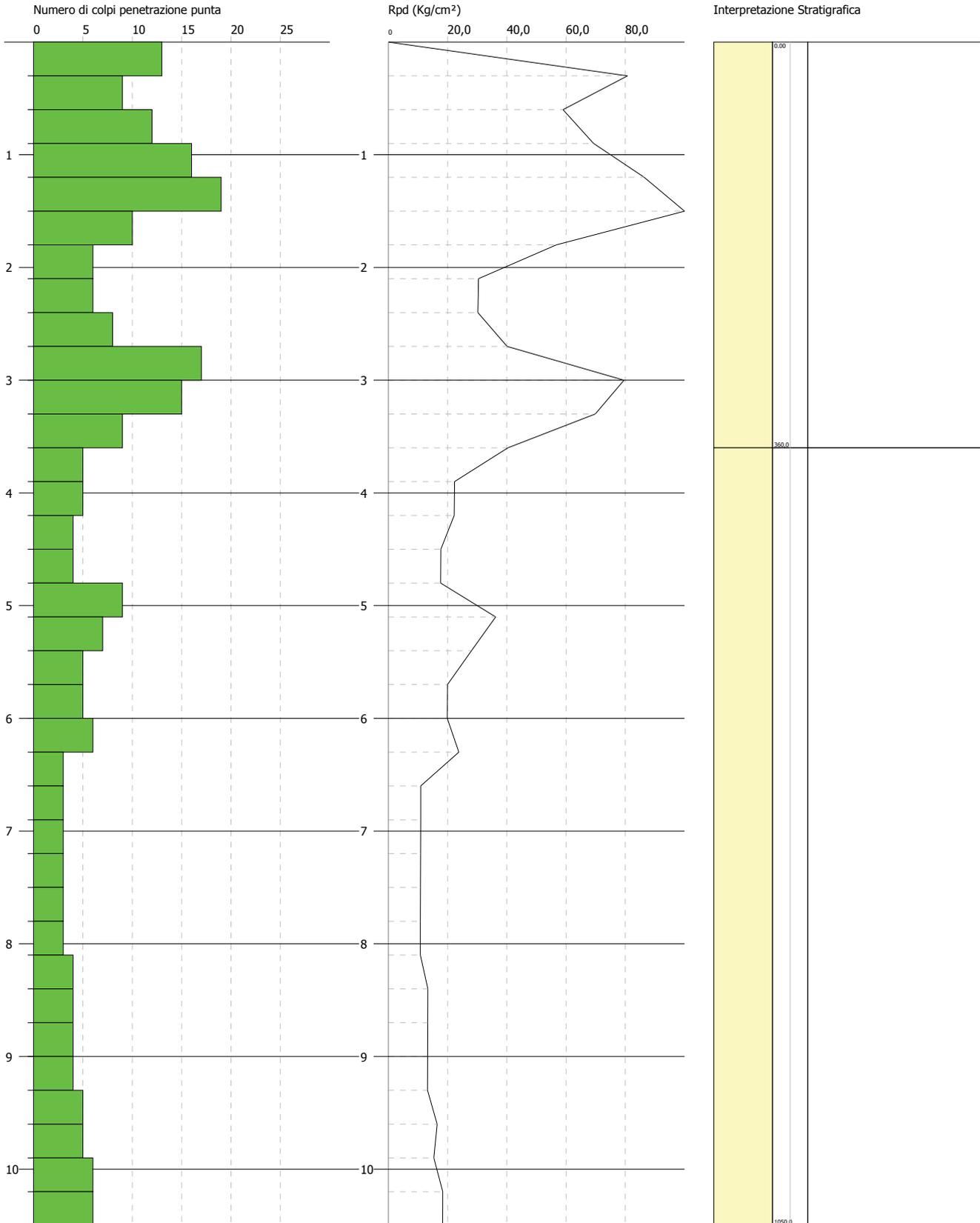


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.4
 Strumento utilizzato... PAGANI TG 73-100/200

Committente: Raccordi Speciali
 Cantiere: Via Foppaola
 Località: Garlate

Data: 19/05/2015

Scala 1:51

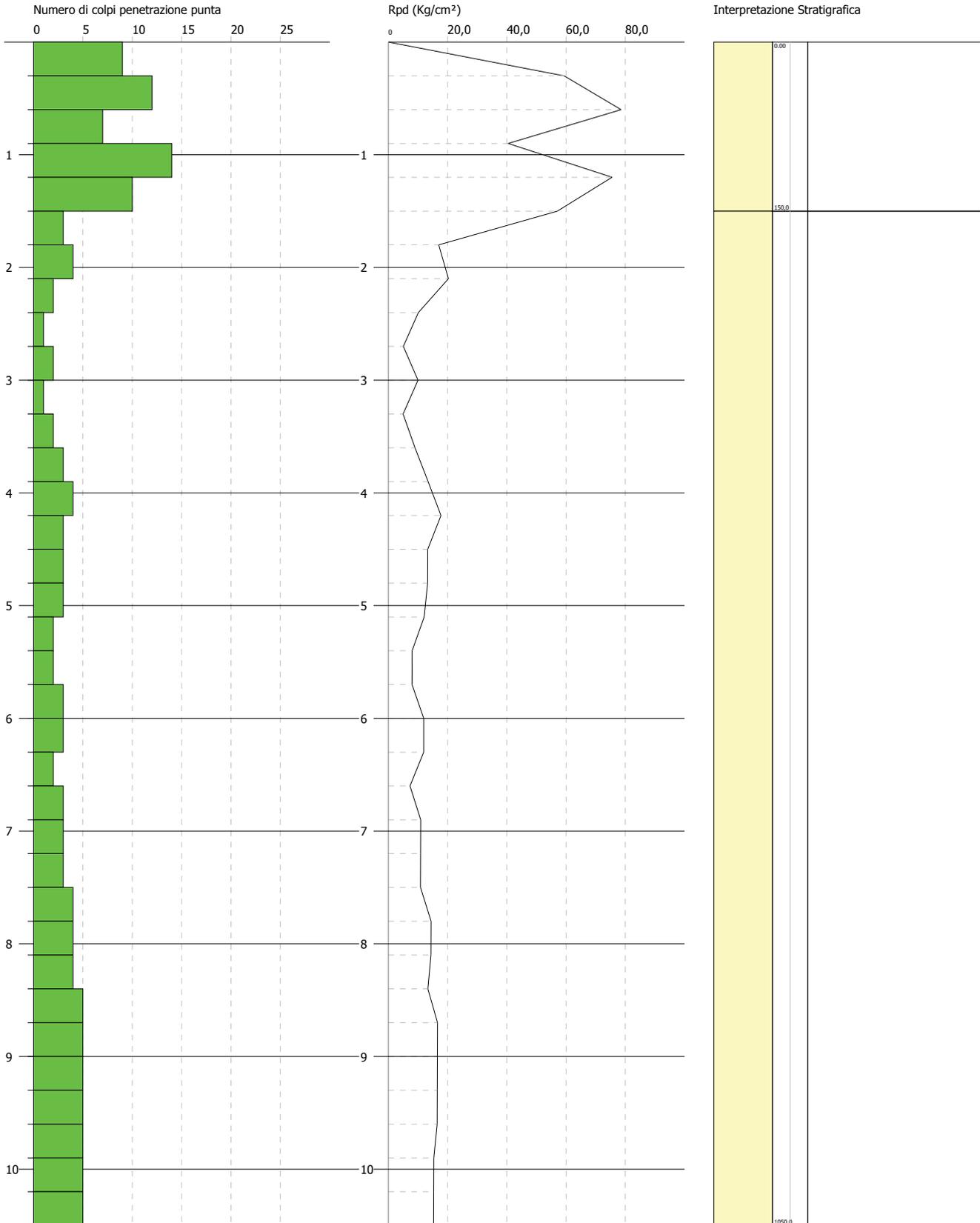


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.5
 Strumento utilizzato... PAGANI TG 73-100/200

Committente: Raccordi Speciali
 Cantiere: Via Foppaola
 Località: Garlate

Data: 19/05/2015

Scala 1:51

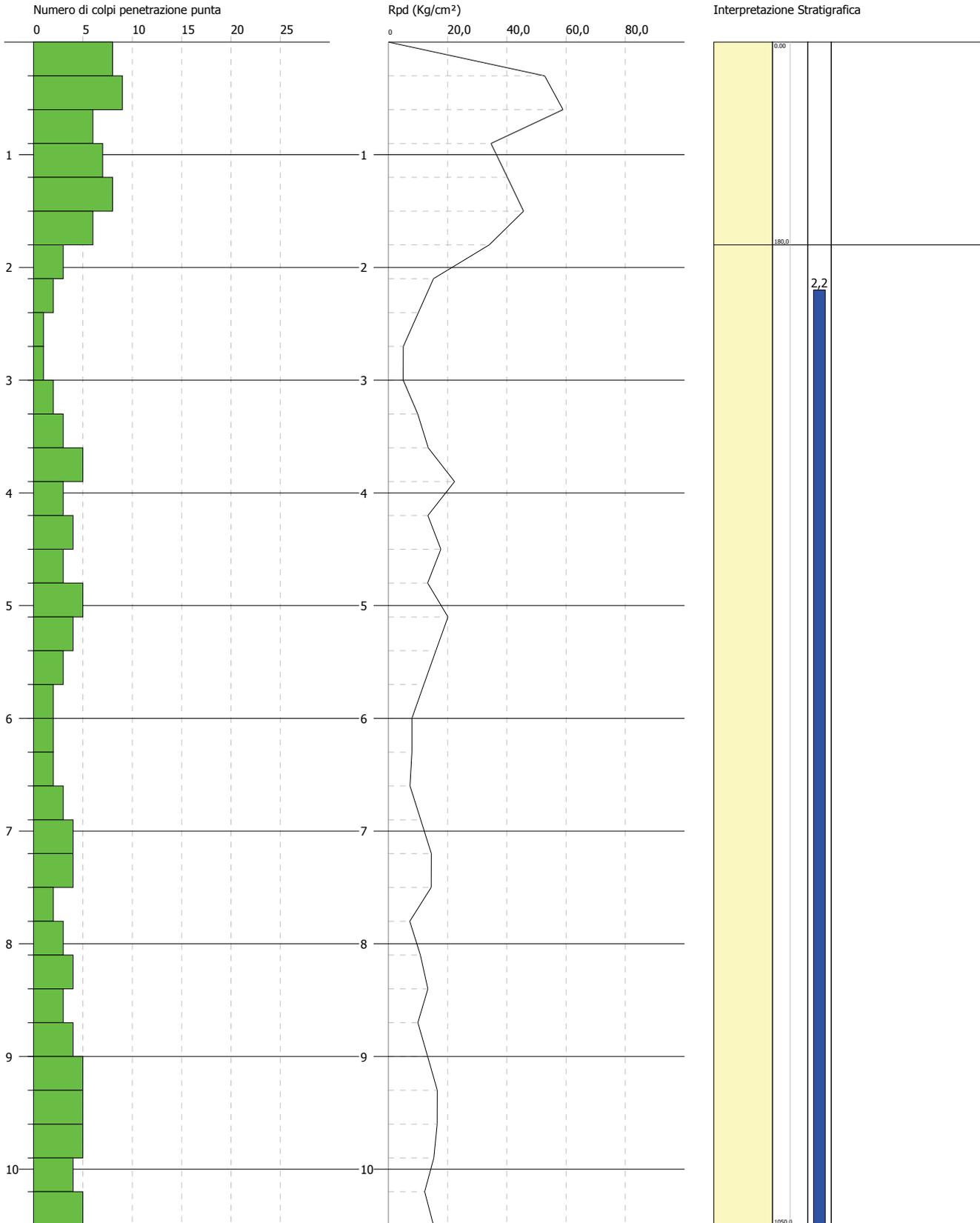


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.6
 Strumento utilizzato... PAGANI TG 73-100/200

Committente: Raccordi Speciali
 Cantiere: Via Foppaola
 Località: Garlate

Data: 19/05/2015

Scala 1:51

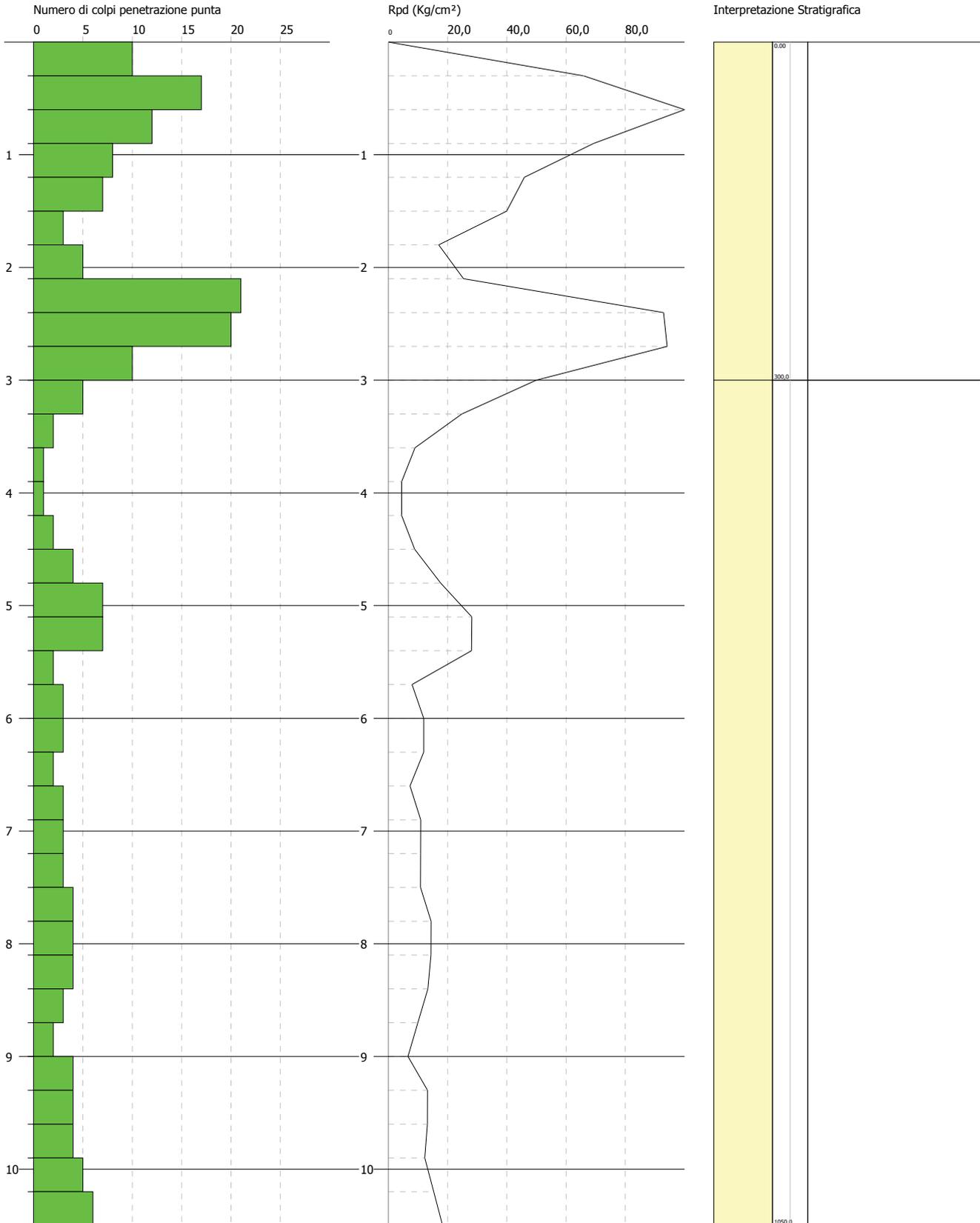


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.7
 Strumento utilizzato... PAGANI TG 73-100/200

Committente: Raccordi Speciali
 Cantiere: Via Foppaola
 Località: Garlate

Data: 19/05/2015

Scala 1:51



Allegato n° 4): **TABELLE PROVE PENETROMETRICHE**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: RACCORDI SPECIALI Cantiere: VIA FOPPAOLA Località: GARLATE	
---	--

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: PAGANI TG 73-100/200

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	73 Kg
Altezza di caduta libera	0,75 m
Peso sistema di battuta	0,63 Kg
Diametro punta conica	51,00 mm
Area di base punta	20,43 cm ²
Lunghezza delle aste	1,5 m
Peso aste a metro	10,695 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,60 m
Avanzamento punta	0,30 m
Numero colpi per punta	N(30)
Coeff. Correlazione	1,131
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	60 °

PROVA ... Nr.1

Strumento utilizzato... PAGANI TG 73-100/200
 Prova eseguita in data 19/05/2015
 Profondità prova 10,50 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,30	68	0,653	343,22	525,86	17,16	26,29
0,60	58	0,647	290,20	448,53	14,51	22,43
0,90	16	0,792	86,91	109,81	4,35	5,49
1,20	16	0,786	86,34	109,81	4,32	5,49
1,50	10	0,831	57,04	68,63	2,85	3,43
1,80	12	0,826	68,05	82,35	3,40	4,12
2,10	12	0,822	67,67	82,35	3,38	4,12
2,40	14	0,767	66,25	86,36	3,31	4,32
2,70	14	0,763	65,88	86,36	3,29	4,32
3,00	20	0,759	93,60	123,37	4,68	6,17
3,30	15	0,755	69,83	92,53	3,49	4,63
3,60	13	0,751	60,21	80,19	3,01	4,01
3,90	11	0,797	49,12	61,62	2,46	3,08
4,20	7	0,794	31,12	39,21	1,56	1,96
4,50	6	0,790	26,56	33,61	1,33	1,68
4,80	5	0,787	22,05	28,01	1,10	1,40
5,10	3	0,784	13,18	16,81	0,66	0,84
5,40	2	0,781	8,01	10,26	0,40	0,51
5,70	3	0,778	11,98	15,39	0,60	0,77
6,00	2	0,775	7,96	10,26	0,40	0,51
6,30	3	0,773	11,90	15,39	0,59	0,77
6,60	2	0,770	7,90	10,26	0,40	0,51
6,90	3	0,768	10,90	14,20	0,55	0,71
7,20	3	0,766	10,87	14,20	0,54	0,71
7,50	3	0,763	10,84	14,20	0,54	0,71
7,80	3	0,761	10,81	14,20	0,54	0,71
8,10	4	0,759	14,37	18,93	0,72	0,95
8,40	3	0,757	9,98	13,17	0,50	0,66
8,70	4	0,755	13,27	17,57	0,66	0,88
9,00	4	0,753	13,24	17,57	0,66	0,88
9,30	5	0,752	16,51	21,96	0,83	1,10
9,60	4	0,750	13,17	17,57	0,66	0,88
9,90	4	0,748	12,26	16,39	0,61	0,82
10,20	5	0,747	15,29	20,48	0,76	1,02
10,50	5	0,745	15,26	20,48	0,76	1,02

PROVA ... Nr.2

Strumento utilizzato... PAGANI TG 73-100/200
 Prova eseguita in data 19/05/2015
 Profondità prova 10,50 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,30	13	0,803	80,70	100,53	4,03	5,03
0,60	9	0,847	58,95	69,60	2,95	3,48
0,90	15	0,792	81,48	102,94	4,07	5,15
1,20	20	0,786	107,92	137,26	5,40	6,86
1,50	7	0,831	39,93	48,04	2,00	2,40
1,80	7	0,826	39,70	48,04	1,98	2,40
2,10	11	0,822	62,03	75,49	3,10	3,77
2,40	5	0,817	25,20	30,84	1,26	1,54
2,70	3	0,813	15,04	18,51	0,75	0,93
3,00	3	0,809	14,96	18,51	0,75	0,93
3,30	2	0,805	9,93	12,34	0,50	0,62
3,60	2	0,801	9,88	12,34	0,49	0,62
3,90	3	0,797	13,40	16,81	0,67	0,84
4,20	6	0,794	26,68	33,61	1,33	1,68
4,50	4	0,790	17,71	22,41	0,89	1,12
4,80	2	0,787	8,82	11,20	0,44	0,56
5,10	3	0,784	13,18	16,81	0,66	0,84
5,40	4	0,781	16,03	20,52	0,80	1,03
5,70	2	0,778	7,99	10,26	0,40	0,51
6,00	1	0,775	3,98	5,13	0,20	0,26
6,30	2	0,773	7,93	10,26	0,40	0,51
6,60	1	0,770	3,95	5,13	0,20	0,26
6,90	2	0,768	7,27	9,46	0,36	0,47
7,20	2	0,766	7,25	9,46	0,36	0,47
7,50	3	0,763	10,84	14,20	0,54	0,71
7,80	3	0,761	10,81	14,20	0,54	0,71
8,10	3	0,759	10,78	14,20	0,54	0,71
8,40	3	0,757	9,98	13,17	0,50	0,66
8,70	3	0,755	9,95	13,17	0,50	0,66
9,00	4	0,753	13,24	17,57	0,66	0,88
9,30	4	0,752	13,20	17,57	0,66	0,88
9,60	4	0,750	13,17	17,57	0,66	0,88
9,90	5	0,748	15,33	20,48	0,77	1,02
10,20	3	0,747	9,18	12,29	0,46	0,61
10,50	4	0,745	12,21	16,39	0,61	0,82

PROVA ... Nr.3

Strumento utilizzato... PAGANI TG 73-100/200
 Prova eseguita in data 19/05/2015
 Profondità prova 10,50 mt
 Falda rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,30	2	0,853	13,19	15,47	0,66	0,77
0,60	8	0,847	52,40	61,87	2,62	3,09
0,90	6	0,842	34,65	41,18	1,73	2,06
1,20	11	0,836	63,13	75,49	3,16	3,77
1,50	5	0,831	28,52	34,31	1,43	1,72
1,80	5	0,826	28,35	34,31	1,42	1,72
2,10	7	0,822	39,47	48,04	1,97	2,40
2,40	5	0,817	25,20	30,84	1,26	1,54
2,70	9	0,813	45,13	55,52	2,26	2,78
3,00	11	0,809	54,87	67,85	2,74	3,39
3,30	5	0,805	24,82	30,84	1,24	1,54
3,60	2	0,801	9,88	12,34	0,49	0,62
3,90	1	0,797	4,47	5,60	0,22	0,28
4,20	2	0,794	8,89	11,20	0,44	0,56
4,50	4	0,790	17,71	22,41	0,89	1,12
4,80	9	0,787	39,68	50,42	1,98	2,52
5,10	6	0,784	26,35	33,61	1,32	1,68
5,40	3	0,781	12,02	15,39	0,60	0,77
5,70	4	0,778	15,97	20,52	0,80	1,03
6,00	3	0,775	11,94	15,39	0,60	0,77
6,30	1	0,773	3,97	5,13	0,20	0,26
6,60	2	0,770	7,90	10,26	0,40	0,51
6,90	3	0,768	10,90	14,20	0,55	0,71
7,20	2	0,766	7,25	9,46	0,36	0,47
7,50	3	0,763	10,84	14,20	0,54	0,71
7,80	3	0,761	10,81	14,20	0,54	0,71
8,10	3	0,759	10,78	14,20	0,54	0,71
8,40	2	0,757	6,65	8,78	0,33	0,44
8,70	3	0,755	9,95	13,17	0,50	0,66
9,00	3	0,753	9,93	13,17	0,50	0,66
9,30	4	0,752	13,20	17,57	0,66	0,88
9,60	3	0,750	9,88	13,17	0,49	0,66
9,90	4	0,748	12,26	16,39	0,61	0,82
10,20	5	0,747	15,29	20,48	0,76	1,02
10,50	4	0,745	12,21	16,39	0,61	0,82

PROVA ... Nr.4

Strumento utilizzato... PAGANI TG 73-100/200
 Prova eseguita in data 19/05/2015
 Profondità prova 10,50 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,30	13	0,803	80,70	100,53	4,03	5,03
0,60	9	0,847	58,95	69,60	2,95	3,48
0,90	12	0,842	69,30	82,35	3,47	4,12
1,20	16	0,786	86,34	109,81	4,32	5,49
1,50	19	0,781	101,86	130,39	5,09	6,52
1,80	10	0,826	56,71	68,63	2,84	3,43
2,10	6	0,822	33,83	41,18	1,69	2,06
2,40	6	0,817	30,24	37,01	1,51	1,85
2,70	8	0,813	40,11	49,35	2,01	2,47
3,00	17	0,759	79,56	104,86	3,98	5,24
3,30	15	0,755	69,83	92,53	3,49	4,63
3,60	9	0,801	44,46	55,52	2,22	2,78
3,90	5	0,797	22,33	28,01	1,12	1,40
4,20	5	0,794	22,23	28,01	1,11	1,40
4,50	4	0,790	17,71	22,41	0,89	1,12
4,80	4	0,787	17,64	22,41	0,88	1,12
5,10	9	0,784	39,53	50,42	1,98	2,52
5,40	7	0,781	28,05	35,91	1,40	1,80
5,70	5	0,778	19,96	25,65	1,00	1,28
6,00	5	0,775	19,89	25,65	0,99	1,28
6,30	6	0,773	23,79	30,78	1,19	1,54
6,60	3	0,770	11,86	15,39	0,59	0,77
6,90	3	0,768	10,90	14,20	0,55	0,71
7,20	3	0,766	10,87	14,20	0,54	0,71
7,50	3	0,763	10,84	14,20	0,54	0,71
7,80	3	0,761	10,81	14,20	0,54	0,71
8,10	3	0,759	10,78	14,20	0,54	0,71
8,40	4	0,757	13,30	17,57	0,67	0,88
8,70	4	0,755	13,27	17,57	0,66	0,88
9,00	4	0,753	13,24	17,57	0,66	0,88
9,30	4	0,752	13,20	17,57	0,66	0,88
9,60	5	0,750	16,47	21,96	0,82	1,10
9,90	5	0,748	15,33	20,48	0,77	1,02
10,20	6	0,747	18,35	24,58	0,92	1,23
10,50	6	0,745	18,31	24,58	0,92	1,23

PROVA ... Nr.5

Strumento utilizzato... PAGANI TG 73-100/200
 Prova eseguita in data 19/05/2015
 Profondità prova 10,50 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,30	9	0,853	59,35	69,60	2,97	3,48
0,60	12	0,847	78,60	92,80	3,93	4,64
0,90	7	0,842	40,43	48,04	2,02	2,40
1,20	14	0,786	75,54	96,08	3,78	4,80
1,50	10	0,831	57,04	68,63	2,85	3,43
1,80	3	0,826	17,01	20,59	0,85	1,03
2,10	4	0,822	22,56	27,45	1,13	1,37
2,40	2	0,817	10,08	12,34	0,50	0,62
2,70	1	0,813	5,01	6,17	0,25	0,31
3,00	2	0,809	9,98	12,34	0,50	0,62
3,30	1	0,805	4,96	6,17	0,25	0,31
3,60	2	0,801	9,88	12,34	0,49	0,62
3,90	3	0,797	13,40	16,81	0,67	0,84
4,20	4	0,794	17,78	22,41	0,89	1,12
4,50	3	0,790	13,28	16,81	0,66	0,84
4,80	3	0,787	13,23	16,81	0,66	0,84
5,10	3	0,784	13,18	16,81	0,66	0,84
5,40	2	0,781	8,01	10,26	0,40	0,51
5,70	2	0,778	7,99	10,26	0,40	0,51
6,00	3	0,775	11,94	15,39	0,60	0,77
6,30	3	0,773	11,90	15,39	0,59	0,77
6,60	2	0,770	7,90	10,26	0,40	0,51
6,90	3	0,768	10,90	14,20	0,55	0,71
7,20	3	0,766	10,87	14,20	0,54	0,71
7,50	3	0,763	10,84	14,20	0,54	0,71
7,80	4	0,761	14,41	18,93	0,72	0,95
8,10	4	0,759	14,37	18,93	0,72	0,95
8,40	4	0,757	13,30	17,57	0,67	0,88
8,70	5	0,755	16,59	21,96	0,83	1,10
9,00	5	0,753	16,54	21,96	0,83	1,10
9,30	5	0,752	16,51	21,96	0,83	1,10
9,60	5	0,750	16,47	21,96	0,82	1,10
9,90	5	0,748	15,33	20,48	0,77	1,02
10,20	5	0,747	15,29	20,48	0,76	1,02
10,50	5	0,745	15,26	20,48	0,76	1,02

PROVA ... Nr.6

Strumento utilizzato... PAGANI TG 73-100/200
 Prova eseguita in data 19/05/2015
 Profondità prova 10,50 mt
 Falda rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,30	8	0,853	52,75	61,87	2,64	3,09
0,60	9	0,847	58,95	69,60	2,95	3,48
0,90	6	0,842	34,65	41,18	1,73	2,06
1,20	7	0,836	40,17	48,04	2,01	2,40
1,50	8	0,831	45,63	54,90	2,28	2,75
1,80	6	0,826	34,03	41,18	1,70	2,06
2,10	3	0,822	16,92	20,59	0,85	1,03
2,40	2	0,817	10,08	12,34	0,50	0,62
2,70	1	0,813	5,01	6,17	0,25	0,31
3,00	1	0,809	4,99	6,17	0,25	0,31
3,30	2	0,805	9,93	12,34	0,50	0,62
3,60	3	0,801	14,82	18,51	0,74	0,93
3,90	5	0,797	22,33	28,01	1,12	1,40
4,20	3	0,794	13,34	16,81	0,67	0,84
4,50	4	0,790	17,71	22,41	0,89	1,12
4,80	3	0,787	13,23	16,81	0,66	0,84
5,10	5	0,784	21,96	28,01	1,10	1,40
5,40	4	0,781	16,03	20,52	0,80	1,03
5,70	3	0,778	11,98	15,39	0,60	0,77
6,00	2	0,775	7,96	10,26	0,40	0,51
6,30	2	0,773	7,93	10,26	0,40	0,51
6,60	2	0,770	7,90	10,26	0,40	0,51
6,90	3	0,768	10,90	14,20	0,55	0,71
7,20	4	0,766	14,49	18,93	0,72	0,95
7,50	4	0,763	14,45	18,93	0,72	0,95
7,80	2	0,761	7,21	9,46	0,36	0,47
8,10	3	0,759	10,78	14,20	0,54	0,71
8,40	4	0,757	13,30	17,57	0,67	0,88
8,70	3	0,755	9,95	13,17	0,50	0,66
9,00	4	0,753	13,24	17,57	0,66	0,88
9,30	5	0,752	16,51	21,96	0,83	1,10
9,60	5	0,750	16,47	21,96	0,82	1,10
9,90	5	0,748	15,33	20,48	0,77	1,02
10,20	4	0,747	12,23	16,39	0,61	0,82
10,50	5	0,745	15,26	20,48	0,76	1,02

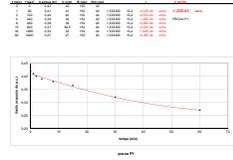
PROVA ... Nr.7

Strumento utilizzato... PAGANI TG 73-100/200
 Prova eseguita in data 19/05/2015
 Profondità prova 10,50 mt
 Falda non rilevata

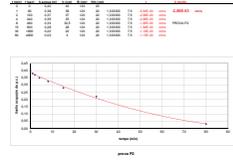
Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,30	10	0,853	65,94	77,33	3,30	3,87
0,60	17	0,797	104,78	131,46	5,24	6,57
0,90	12	0,842	69,30	82,35	3,47	4,12
1,20	8	0,836	45,91	54,90	2,30	2,75
1,50	7	0,831	39,93	48,04	2,00	2,40
1,80	3	0,826	17,01	20,59	0,85	1,03
2,10	5	0,822	28,19	34,31	1,41	1,72
2,40	21	0,717	92,90	129,54	4,64	6,48
2,70	20	0,763	94,11	123,37	4,71	6,17
3,00	10	0,809	49,88	61,69	2,49	3,08
3,30	5	0,805	24,82	30,84	1,24	1,54
3,60	2	0,801	9,88	12,34	0,49	0,62
3,90	1	0,797	4,47	5,60	0,22	0,28
4,20	1	0,794	4,45	5,60	0,22	0,28
4,50	2	0,790	8,85	11,20	0,44	0,56
4,80	4	0,787	17,64	22,41	0,88	1,12
5,10	7	0,784	30,74	39,21	1,54	1,96
5,40	7	0,781	28,05	35,91	1,40	1,80
5,70	2	0,778	7,99	10,26	0,40	0,51
6,00	3	0,775	11,94	15,39	0,60	0,77
6,30	3	0,773	11,90	15,39	0,59	0,77
6,60	2	0,770	7,90	10,26	0,40	0,51
6,90	3	0,768	10,90	14,20	0,55	0,71
7,20	3	0,766	10,87	14,20	0,54	0,71
7,50	3	0,763	10,84	14,20	0,54	0,71
7,80	4	0,761	14,41	18,93	0,72	0,95
8,10	4	0,759	14,37	18,93	0,72	0,95
8,40	4	0,757	13,30	17,57	0,67	0,88
8,70	3	0,755	9,95	13,17	0,50	0,66
9,00	2	0,753	6,62	8,78	0,33	0,44
9,30	4	0,752	13,20	17,57	0,66	0,88
9,60	4	0,750	13,17	17,57	0,66	0,88
9,90	4	0,748	12,26	16,39	0,61	0,82
10,20	5	0,747	15,29	20,48	0,76	1,02
10,50	6	0,745	18,31	24,58	0,92	1,23

Allegato n° 5) :**PROVE DI PERMEABILITA'**



Comune di Garlate Prot. n. 516 del 22-01-2016 arrivo Cat. 6 Cl. -3



Comune di Garlate Prot. n. 516 del 22-01-2016 arrivo Cat. 6 Cl. -3

Allegato n° 6) :**RELAZIONE ANALISI SISMICA**

Stima della categoria sismica del terreno di fondazione.

INDAGINI MASW

La prova MASW, messa a punto nel 1999 da ricercatori del *Kansas Geological Survey* (Park et al., 1999) permette di determinare in modo dettagliato l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio (o onde S) in funzione della profondità attraverso lo studio della propagazione delle onde superficiali o di *Rayleigh*.

Il metodo di indagine MASW si distingue in "attivo" e "passivo" (Zywicki, 1999; Park e Miller, 2006; Roma, 2006):

- 1) Nel "metodo attivo" le onde superficiali sono prodotte da una sorgente impulsiva disposta a piano campagna e vengono registrate da uno stendimento lineare composto da numerosi ricevitori posti a breve distanza (distanza intergeofonica utilizzata = 2 m)

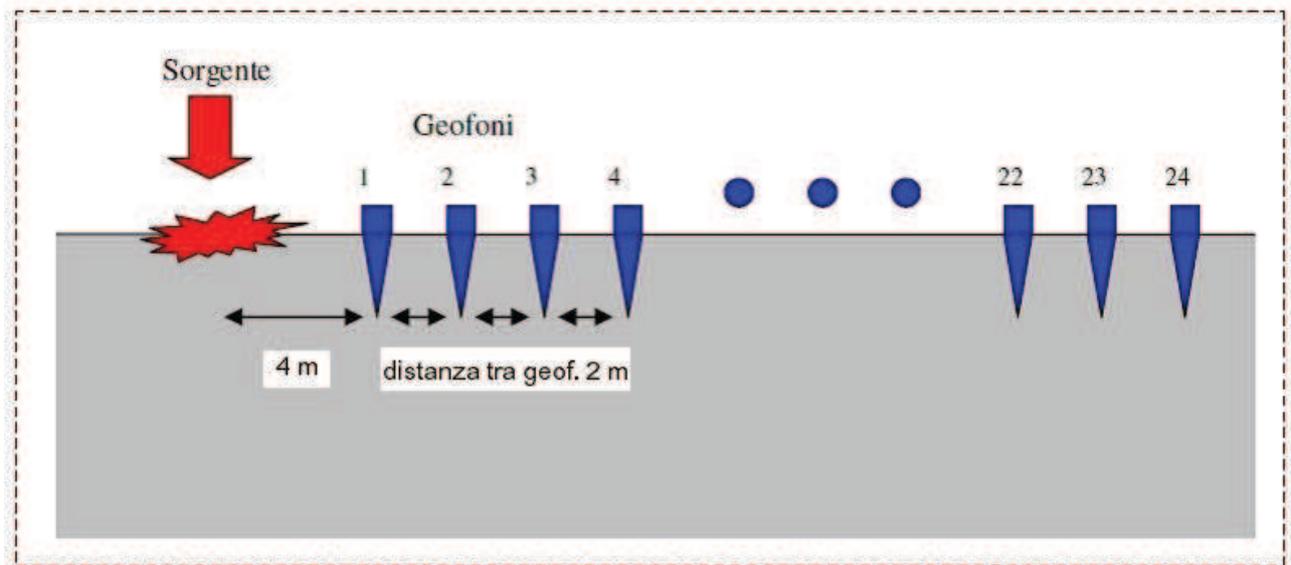


fig7

- 2) Nel "metodo passivo" lo stendimento presenta le stesse caratteristiche geometriche del metodo attivo ma i ricevitori non registrano le onde superficiali prodotte da una sorgente impulsiva, bensì il rumore di fondo (detto anche "microtremori") prodotto da sorgenti naturali (vento) e antropiche (traffico, attività industriali).

Le due tecniche indagano bande spettrali differenti: mentre il metodo attivo consente di ottenere una curva di dispersione nel range di frequenza compreso tra 10 e 40 Hz e fornisce informazioni sulla parte più superficiale di sottosuolo (fino a circa 20-30 m di profondità in funzione della rigidità del suolo), il metodo passivo consente di determinare una curva di dispersione nella banda di frequenza tra 4 e 20 Hz e fornisce informazioni sugli strati più profondi (generalmente al di sotto dei 30 m).

La combinazione delle due tecniche consente di ottenere uno spettro completo nella banda di frequenza comprese tra 4 e 40 Hz e permette una dettagliata ricostruzione dell'andamento della velocità delle onde di taglio fino a circa 30-40 m di profondità (sempre in funzione della rigidità degli strati).

Nel caso specifico è stata utilizzato il metodo attivo.

L'analisi delle onde superficiali di *Rayleigh* è stata eseguita utilizzando la strumentazione classica per la prospezione sismica a rifrazione disposta sul terreno secondo un array lineare da 24 geofoni con spaziatura pari a 2 m.

Per ottenere una buona risoluzione in termini di frequenza, oltre ad utilizzare geofoni da 4.5 Hz, è stato utilizzato un sismografo a 24 bit.

Nell'esecuzione della prova MASW attiva è stato utilizzato come sistema di energizzazione una mazza di 8 Kg battente su piattello metallico

Per aumentare il rapporto segnale/rumore si è proceduto alla somma di più energizzazioni (processo di *stacking* . n. 3 stack impostati per ogni array).

La sorgente è stata posta ad una distanza di 4 m dal primo geofono effettuando due energizzazioni ai vertici opposti dello stendimento (“*Optimum Field Parameters of an MASW Survey*”, Park et al., 2005; Dal Moro, 2008, Dal Moro 2012), al fine di stabilire l’orizzontalità o meno degli strati indagati. La Strumentazione utilizzata per la prova MASW è un sismografo SUMMIT DMT.

La frequenza di campionamento è stata 0,25 s e la durata di registrazione 2,45 s.

L’indagine con la metodologia MASW consente di ricostruire con un elevato dettaglio l’andamento della velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità (V_s -z); i modelli sismici monodimensionali costituiscono infatti la base di partenza per la valutazione degli effetti di amplificazione sismica locale-

Liquefazione dei terreni.

In linea generale, prima di procedere alla progettazione delle fondazioni ed alla successiva verifica da Azione Sismica, è necessario procedere alla valutazione della sicurezza nei confronti della liquefazione, secondo, le indicazioni riportate nel paragrafo 7.11.5.1 delle NTC2008.

I fenomeni di liquefazione interessano i depositi sabbiosi saturi e dipendono da:

- Proprietà geotecniche dei terreni
- Caratteristiche delle vibrazioni sismiche e loro durata
- Genesi e storia geologica dei terreni
- Fattori ambientali

Un terreno incoerente saturo, in assenza di sollecitazioni sismiche è soggetto soltanto alla pressione litostatica, dovuta al peso dei sedimenti sovrastanti (in campo libero e con superficie piana).

Durante una sollecitazione sismica vengono indotte nel terreno delle sollecitazioni cicliche di taglio, dovute alla propagazione delle onde sismiche verso la superficie, mentre la pressione litostatica resta costante.

Per tutta la durata della scossa ogni elemento di terreno soggetto ad una serie di sforzi tangenziali che cambiano ripetutamente verso ed ampiezza.

Nel terreno si possono generare fenomeni di liquefazione se la scossa sismica produce un numero di cicli tale da far sì che la pressione interstiziale uguagli la pressione di confinamento.

Nei depositi la pressione di confinamento aumenta con la profondità, mentre l'ampiezza dello sforzo di taglio indotto dal sisma diminuisce.

La resistenza alla liquefazione quindi è maggiore con la profondità.

Quindi, maggiore è la durata di un terremoto più alta è la possibilità che si arrivi (maggior numero di cicli) alla liquefazione.

Inoltre, maggiore è l'ampiezza della vibrazione e della deformazione indotta e minore è il numero di cicli necessari per giungere a tale condizione.

La probabilità che un deposito raggiunga le condizioni per la liquefazione dipende anche dallo stato di addensamento, dalla composizione granulometrica, dalle condizioni di drenaggio, dalla storia delle sollecitazioni sismiche e dall'età del deposito stesso.

Tanto minore è il grado di addensamento del materiale (elevato indice dei vuoti e bassa densità relativa) tanto maggiore è la probabilità che, a parità di altre condizioni, un deposito raggiunga lo stato di liquefazione.

Si possono ritenere potenzialmente liquefacibili quei depositi sciolti che presentano le seguenti caratteristiche:

- granulometricamente sono sabbie da fini a medie con contenuto in fine variabile generalmente dallo 0 al 25%;
- si trovano sotto falda;
- sono da poco a mediamente addensati;
- si trovano a profondità relativamente basse (di solito inferiori ai 15 metri).

Alla luce di quanto sopra, per liquefazione di un terreno s'intende quindi il totale annullamento della sua resistenza al taglio con l'assunzione del comportamento meccanico caratteristico dei liquidi.

Se si esprime la resistenza al taglio attraverso la relazione di Coulomb:

$$\tau = c + (\sigma_{v0} - u) \tan \varphi$$

con:

c = coesione del terreno

σ_{v0} = pressione litostatica totale agente alla profondità d'indagine

u = pressione interstiziale dell'acqua

φ = angolo di resistenza al taglio del terreno,

È evidente che la grandezza $\langle \tau \rangle$ si può annullare solo nel caso in cui siano verificate le condizioni:

a) $c = 0$;

b) $(\sigma_{v0} - u) = 0$;

(il caso $\varphi = 0$ non ha importanza pratica, perché può verificarsi solo in terreni coesivi in condizioni non drenate, dove però la condizione $\langle c=0 \rangle$ non può ovviamente verificarsi).

La condizione a) vieta che il fenomeno della liquefazione possa verificarsi in terreni coesivi o incoerenti ma con una significativa frazione argillosa o limosa plastica.

La condizione b) si verifica, quando la pressione interstiziale uguaglia la pressione totale esercitata ad una data profondità dalla colonna di terreno sovrastante e dagli eventuali sovraccarichi presenti in superficie ($\sigma_{v0} = u$). In definitiva il fenomeno della liquefazione si può manifestare preferibilmente in depositi sciolti non coesivi posti sotto falda, in seguito ad eventi che producano un forte aumento della pressione interstiziale dell'acqua.

Date le caratteristiche e la sequenza litologica dei materiali presenti e stante la posizione della falda è possibile affermare che il rischio del verificarsi di tale fenomeno non è significativo.

Profilo delle velocità delle onde S e classificazione del sottosuolo secondo il d.m. 14.01.2008.

Il d.m. 14.01.2008 propone come riferimento di calcolo dell'amplificazione sismica locale, in particolare della componente stratigrafica, il metodo di Borcherdt (1994) basato sulla stima del parametro V_{s30} .

Per V_{s30} s'intende la media pesata delle velocità delle onde S negli strati fino a 30 metri di profondità dal piano di posa della fondazione, calcolata secondo la seguente relazione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1, N} \frac{h_i}{V_{si}}}$$

Sulla base del valore calcolato di V_{s30} vengono identificate 5 classi, A, B, C, D ed E alle quali corrispondono un differente spettro di risposta elastico.

Lo schema indicativo di riferimento per la determinazione della classe del sito è il seguente:

CATEGORIE DI SOTTOSUOLO					
Categoria sottosuolo	Descrizione	Spessore (m)	V_s (m/s)	N_{spt}	Cu (kPa)
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V _{s30} superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 3 m.	Qualsiasi	≥ 800		
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V _{s30} , compresi fra 360 m/s e 800 m/s (N _{spt,30} >50 nei terreni a grana grossa o cu ₃₀ >250 kPa nei terreni a grana fina).	> 30 m	≥360 ≤800	>50	>250
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V _{s30} compresi fra 180 e 360 m/s (15< N _{spt,30} <50 nei terreni a grana grossa, 70< cu ₃₀ <250 kPa nei terreni a grana fina).	> 30 m	≥180 ≤360	>15 <50	>50 <250
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati oppure di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V _{s30} <180 m/s (N _{spt,30} <15 nei terreni a grana grossa, cu ₃₀ <70 kPa nei terreni a grana fina).	> 30 m	< 180	<15	>70
E	Terreni di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, giacenti su un substrato di riferimento (V _{s30} >800 m/s).	Fino a 20 m	≈ C e D	≈ C e D	≈ C e D
CATEGORIE AGGIUNTIVE DI SOTTOSUOLO					
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di V _{s,30} inferiori a 100 m/s (ovvero 10 < cu ₃₀ < 20 kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.				
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.				

4.4 Risultati dell'analisi.

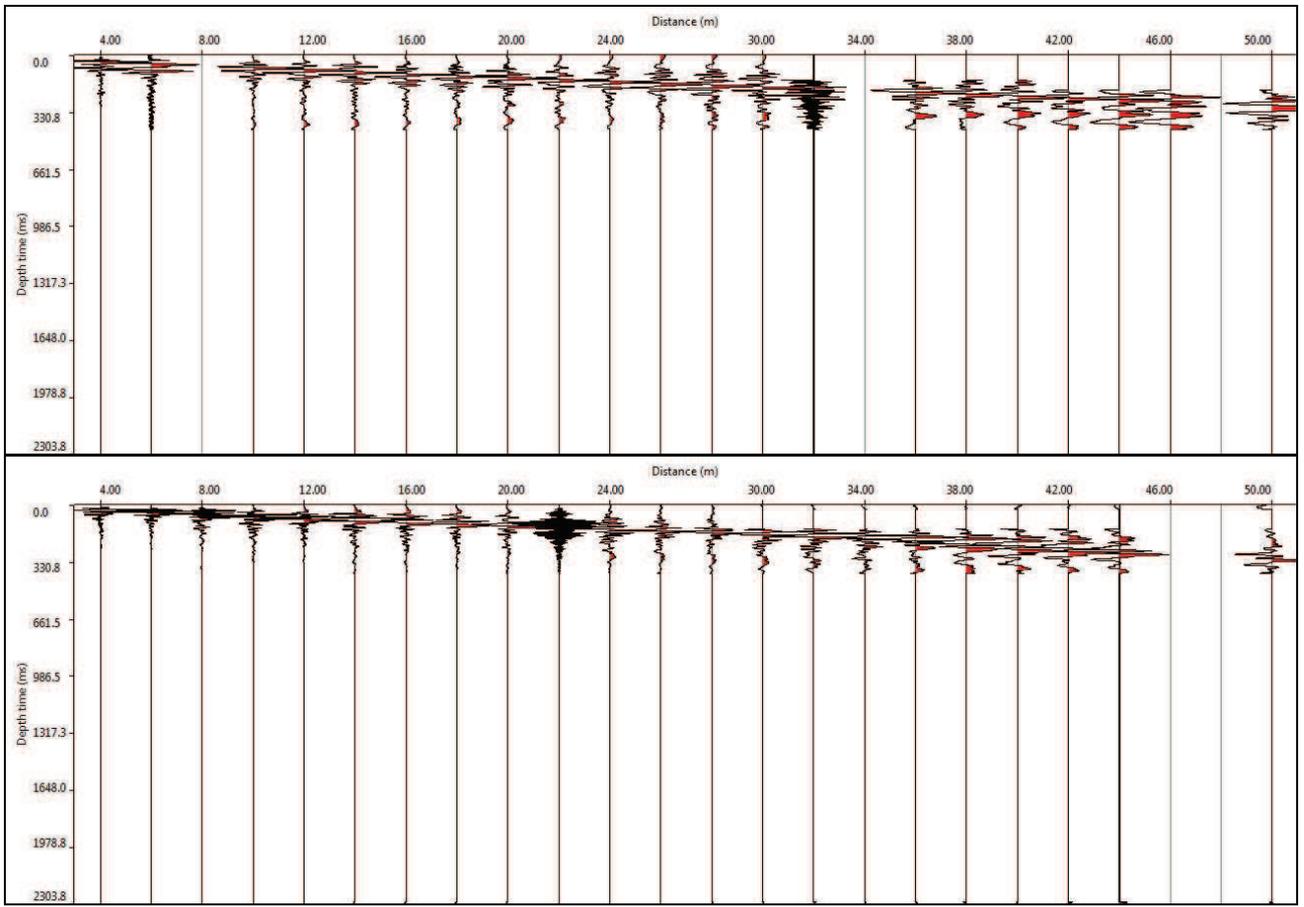
Riferimenti:

Incarico:	Raccordi Speciali
Località:	Garlate (LC)
Data:	4/6/2015

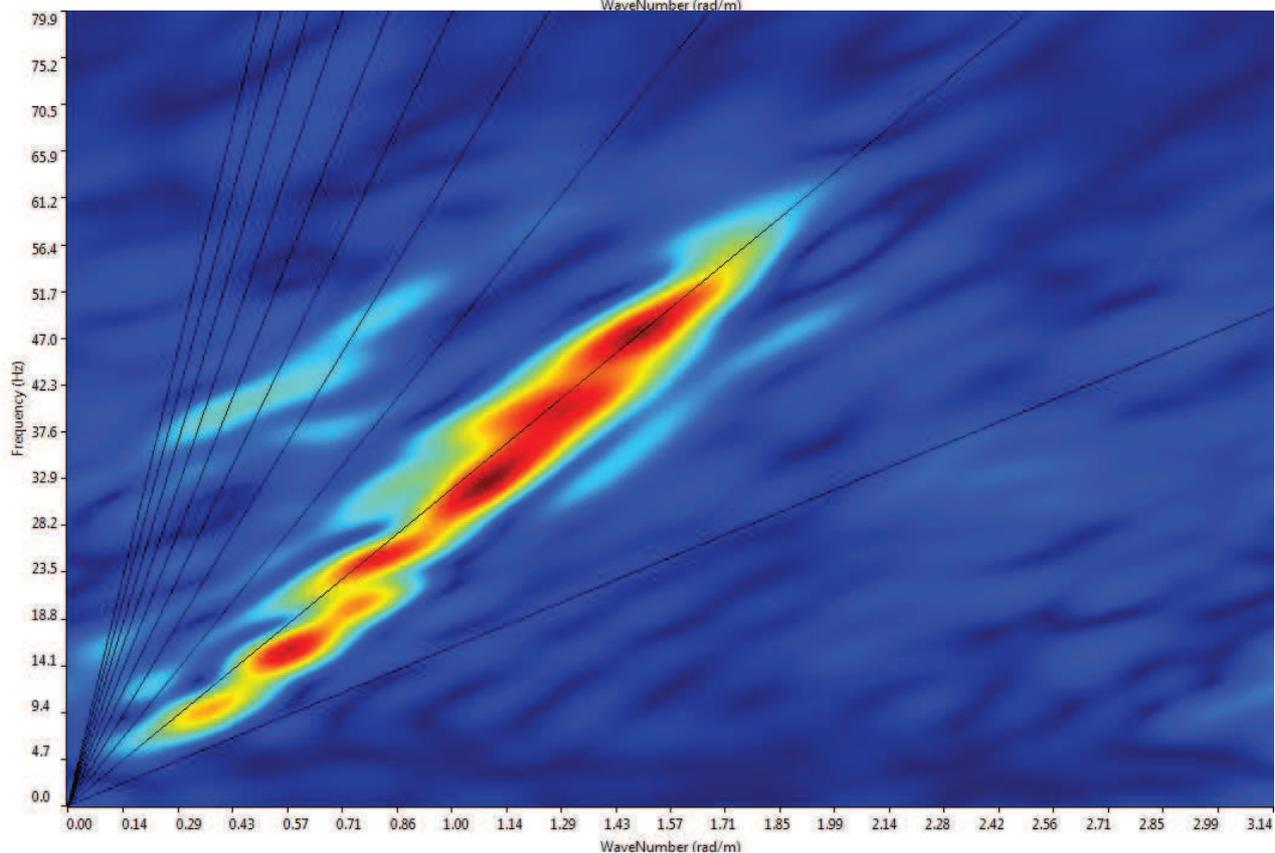
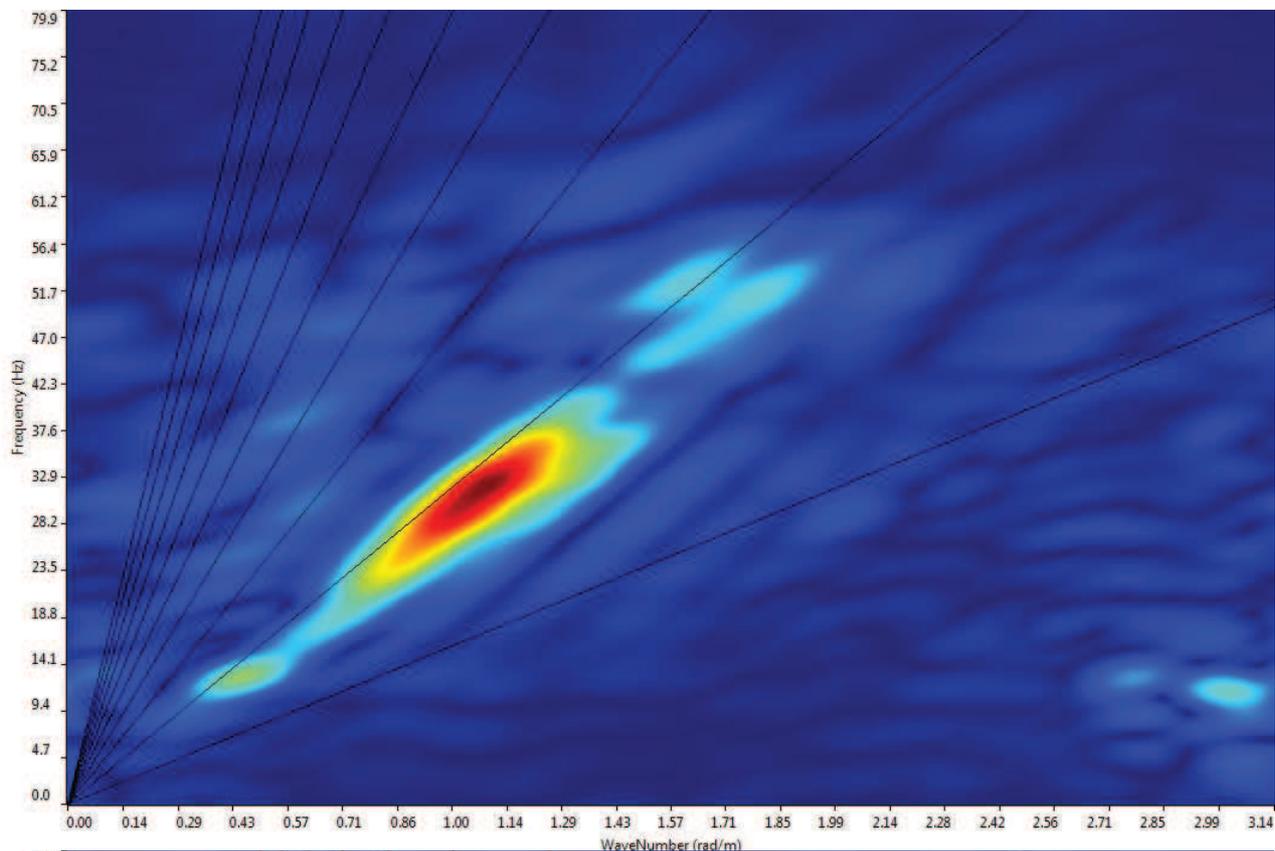
I dati sperimentali sono stati trasferiti su PC e interpretati attraverso l'utilizzo di uno specifico programma di elaborazione SWAN version 1.4 della ditta Geostudi Astier.

L'analisi consiste nella trasformazione dei segnali registrati in uno spettro bidimensionale “*phase velocity-frequency (c-f)*” che analizza l'energia di propagazione delle onde superficiali lungo la linea sismica.

In questo grafico è possibile distinguere il “modo fondamentale” delle onde di superficie, in quanto le onde di *Rayleigh* presentano un carattere marcatamente dispersivo che le differenzia da altri tipi di onde (onde riflesse, onde rifratte, onde multiple).



sismogrammi diretti ed inversi

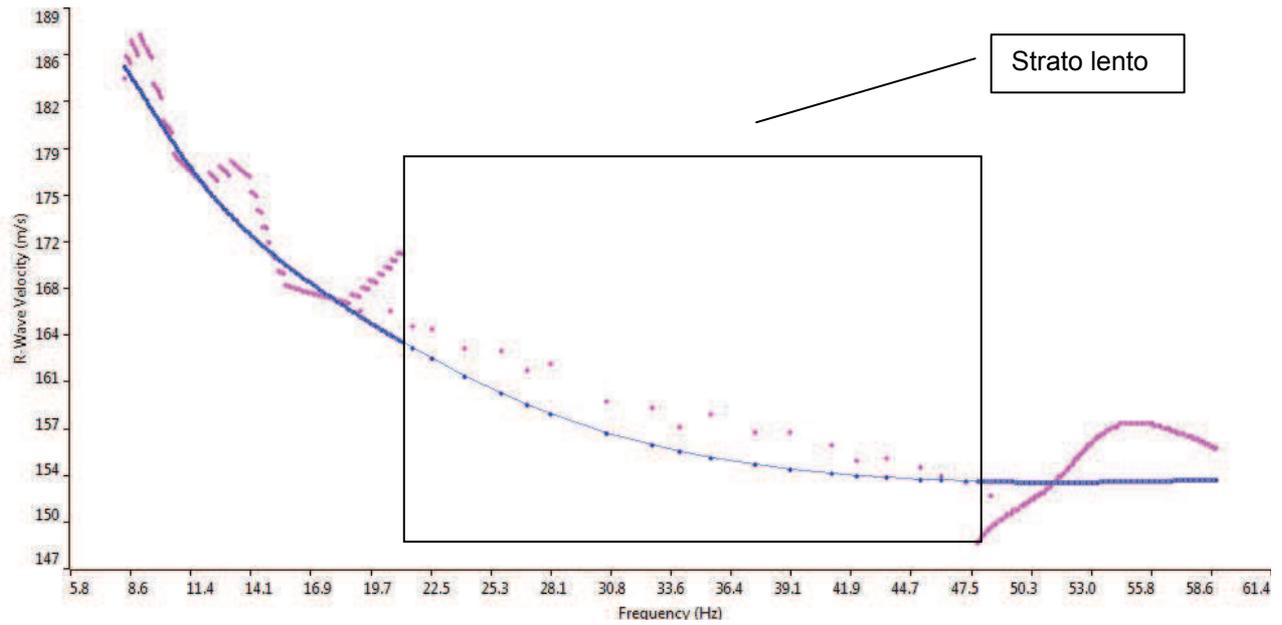


curve di dispersione FK diretta ed inversa (scala lineare)

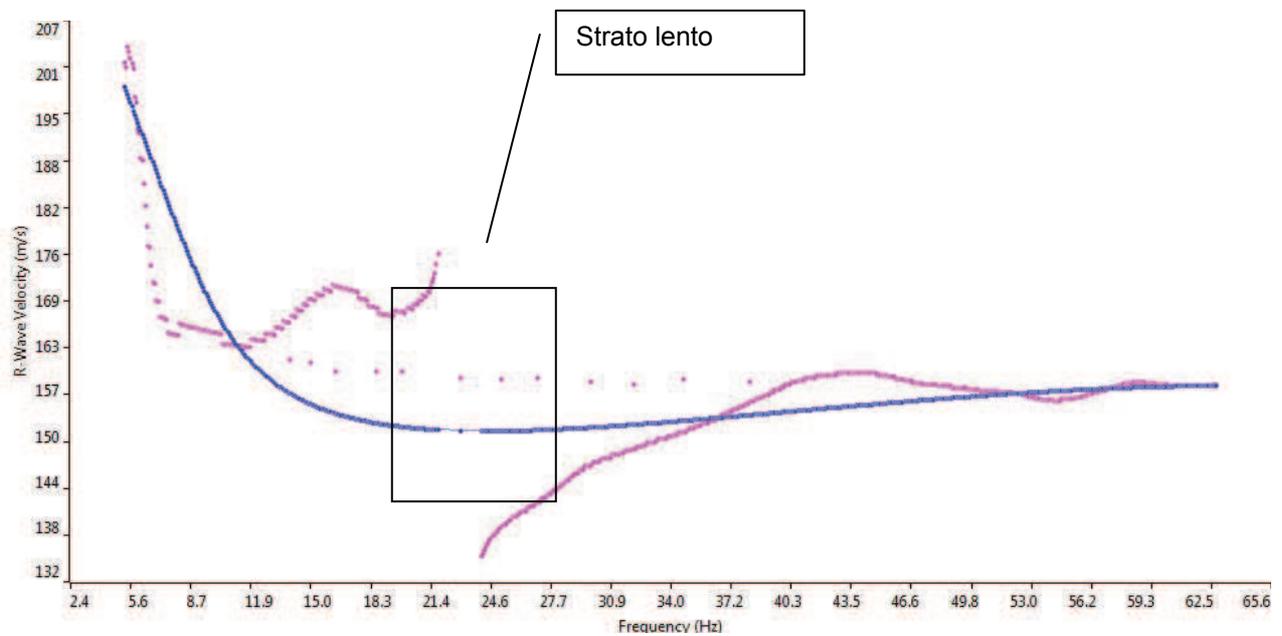
Sullo spettro di frequenza viene eseguito un “*picking*” attribuendo ad un certo numero di punti una o più velocità di fase per un determinato numero di frequenze.

Tali valori vengono successivamente riportati su un diagramma periodo-velocità di fase per l’analisi della curva di dispersione e l’ottimizzazione di un modello interpretativo.

Variando la geometria del modello di partenza ed i valori di velocità delle onde S si modifica automaticamente la curva calcolata di dispersione fino a conseguire un buon “*fitting*” con i valori sperimentali.

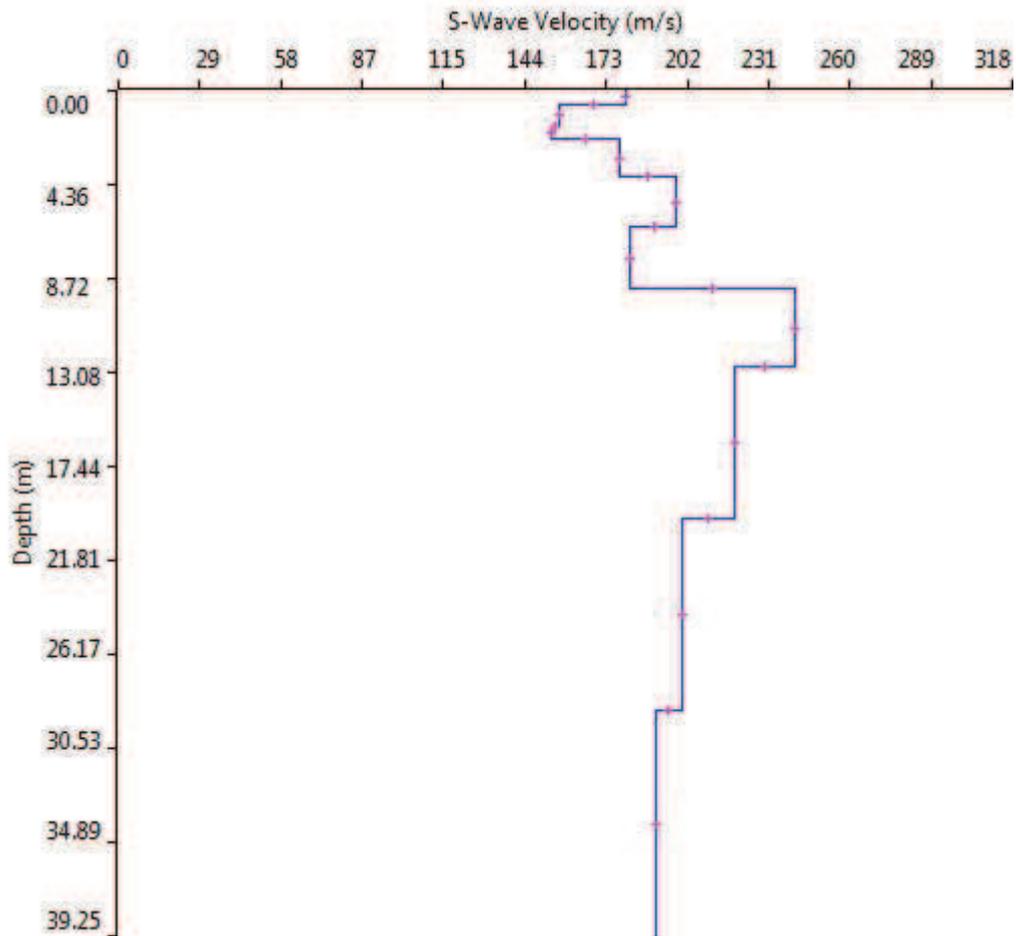


curva *fitting diretta*

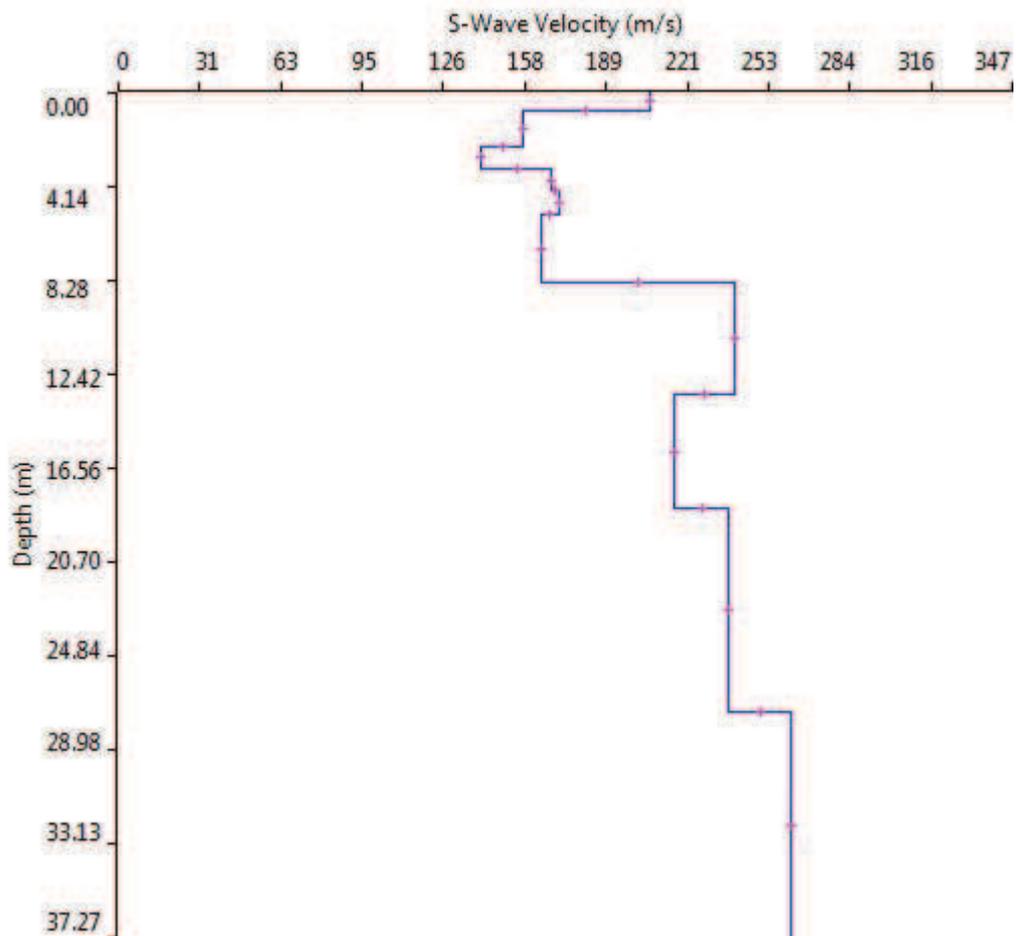


curva *fitting inversa*

L'analisi dello spettro bidimensionale c-f consente in questo modo di ricostruire un modello sismico monodimensionale del sottosuolo, il quale risulta costituito dall'andamento della velocità delle onde di taglio Vs in funzione della profondità.



modello sismico monodimensionale del sottosuolo - diretta



modello sismico monodimensionale del sottosuolo - inversa

Dall'inversione delle curve di dispersione si ottengono i modelli medi di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità, ciascuno rappresentativo dell'area investigata.

Si rammenta che tali indicazioni sono da considerarsi come dato puntuale a metà stendimento.

diretta						
strato n.	Thickness [m]	Depth [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	coef.Poisson	Density [t/mc]
1	0,61	0,00	180,00	360,00	0,33	1,80
2	1,10	0,61	157,00	314,00	0,33	1,80
3	0,52	1,71	154,00	308,00	0,33	1,80
4	1,80	2,22	178,00	356,00	0,33	1,80
5	2,30	4,02	198,00	396,00	0,33	1,80
6	2,90	6,32	182,00	364,00	0,33	1,80
7	3,60	9,22	240,00	480,00	0,33	1,80
8	7,00	12,82	219,00	438,00	0,33	1,80
9	8,98	19,82	200,00	400,00	0,33	1,80
10	INF.	28,80	191,00	382,00	0,33	1,80
Vs30[m/s]			201			
inversa						
strato n.	Thickness [m]	Depth [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	coef.Poisson	Density [t/mc]
1	0,75	0,00	206,00	412,00	0.333000	1800000,00
2	1,58	0,75	157,00	314,00	0.333000	1800000,00
3	1,00	2,34	141,00	282,00	0.333000	1800000,00
4	1,00	3,34	168,00	336,00	0.333000	1800000,00
5	1,00	4,34	171,00	342,00	0.333000	1800000,00
6	3,00	5,34	164,00	328,00	0.333000	1800000,00
7	5,00	8,34	239,00	478,00	0.333000	1800000,00
8	5,00	13,34	216,00	432,00	0.333000	1800000,00
9	9,00	18,34	237,00	474,00	0.333000	1800000,00
10	INF.	27,34	261,00	522,00	0.333000	1800000,00
Vs30[m/s]			210			

Il valore di V_{s30} , riferito al p.c., è risultato compreso tra 201 e 210 m/s, valore che pone il sito nella categoria di sottosuolo C secondo il D.M. 14.01.2008.

La ristrettezza dell'intervallo di definizione della V_{s30} è dovuto alla buona corrispondenza del modello con la situazione reale del sottosuolo, caratterizzato soltanto da variazioni laterali di spessore degli strati lenti e non vere e proprie eteropie.

E' rilevabile un aumento significativo della velocità V_s tra 8 e 11 m da pc che individua un orizzonte sedimentario più addensato.

La teoria interpretativa del metodo sismico MASW fa riferimento ad un semispazio stratificato con strati paralleli e orizzontali, quindi il profilo stratigrafico delle onde di taglio (V_s) ottenuto è da considerarsi un dato mediato, monodimensionale, riferito per convenzione al centro dello stendimento, che non tiene conto di eventuali eterogeneità laterali nelle caratteristiche elasto-dinamiche e della presenza di pendenze significative.

Allegato n° 7) : **ANALISI SISMICA DI 2° e 3° LIVELLO**

LITOLOGIA LIMO SABBIOSA DI TIPO 1

PR	CM	COMUNE	INTERVALLO	Valori soglia				
				B	C	C - Fa calcolato	D	E
97	38	GARLATE	0.1 - 0.5	1,4	1,8	2,403	2,2	2,0
97	38	GARLATE	0.5 - 1.5	1,7	2,4	1,333	4,2	3,1

strato n.	Thickness [m]	Depth [m]	Vs [m/s]	Vs*Thickness	GRADIENTE	Depth [m]	Vs misurata
1	0,61	0,00	180,00	109		31,0	180,00
2	1,10	0,61	157,00	173		34,4	157,00
3	0,52	1,71	154,00	79		41,4	154,00
4	1,80	2,22	178,00	320		45,2	178,00
5	2,30	4,02	198,00	455		61,4	198,00
6	2,90	6,32	182,00	528		90,8	182,00
7	3,60	9,22	240,00	864		148,6	240,00
8	7,00	12,82	219,00	1533	188,50	274,1	219,00
9	8,98	19,82	200,00	1796		901,1	200,00
10 INF.		28,80	191,00	1715	campo di validità		

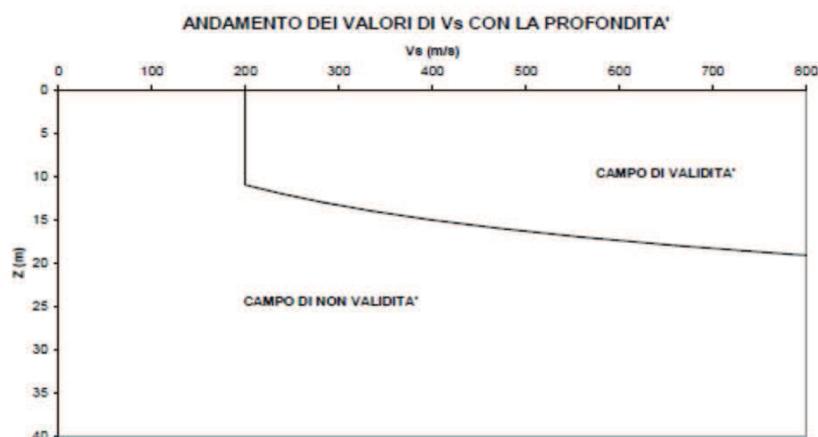
$T = 0,387$ $Vs = 31e^{0.17z}$

$Fa_{0.5-1.5} = -0.67T^2 + 1.3T + 0.93$

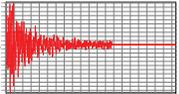
Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico
1	$0.08 < T \leq 0.40$	$0.40 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -13.9T^2 + 10.4T + 0.46$	$Fa_{0.1-0.5} = 2.12 - 0.30LnT$
2	$0.06 < T \leq 0.35$	$0.35 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -9.5T^2 + 6.3T + 0.73$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.51 - 0.25LnT$
3	$0.05 < T \leq 0.35$	$0.35 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -7.3T^2 + 4.5T + 0.80$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.21 - 0.26LnT$



TIPO 1



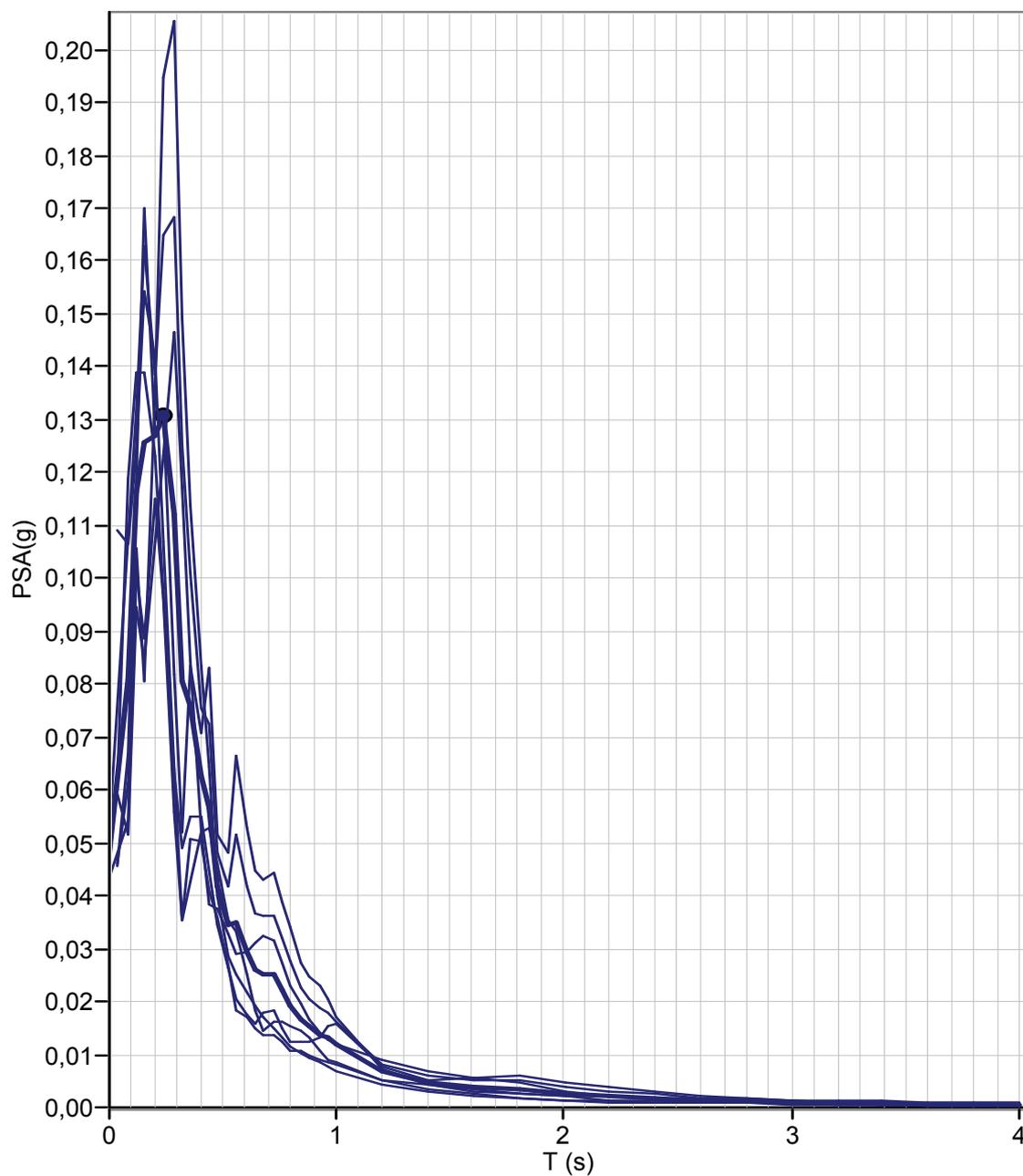
$$T = \frac{4 \times \sum_{i=1}^n h_i}{\sum_{i=1}^n Vs_i \times h_i} \times \frac{\sum_{i=1}^n h_i}{\sum_{i=1}^n h_i}$$



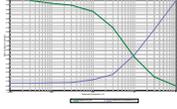
Comune di Garlate Prot. n. 516 del 22-01-2016 arrivo Cat. 6 Cl. -3

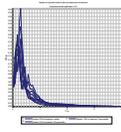
Spettro di risposta elastico delle accelerazioni in superficie

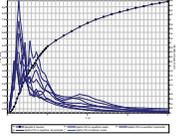
Ampiezza media spettrale= 0,13- Fa = 0,8



- Spettro PSA in superficie: media
- Spettro PSA in superficie: 5-percentile
- Spettro PSA in superficie: 95-percentile
- Punto di massimo
- Spettro di Normativa adattato
- Spettro PSA al bedrock: media







Comune di Garlate Prot. n. 516 del 22-01-2016 arrivo Cat. 6 Cl. -3

Tabella stratigrafia del sito

N.	Prof.base(m)	Curva n.	Gamma(kN/mc)	Vs(m/s)	D0%
1	6	1	19	170	
2	9	1	20	240	
3	25	1	19	200	

<i>Periodo proprio di oscillazione della colonna stratigrafica (s):</i>	<i>0,186</i>
<i>Accelerazione massima al bedrock (g):</i>	<i>0,0581</i>
<i>Accelerazione massima in superficie (PGA) (g):</i>	<i>0,048</i>
<i>Fattore di amplificazione dinamico (FAD):</i>	<i>0,82541</i>
<i>Velocità relativa massima in superficie (PGV)(cm/s):</i>	<i>0,2336</i>
<i>Spostamento relativo massimo in superficie (PGD)(cm):</i>	<i>0,0094</i>

