



consulenze ambientali®

**PIANO ATTUATIVO DI RICONVER-
SIONE URBANISTICA EX STABILI-
MENTO PEPLOS DI CASTELLANZA
(VA)**

RELAZIONE GEOTECNICA

Riferimento: Decreto Ministeriale 11.03.1988, OPCM 3274/03, D.M.
14.01.2008 Norme tecniche per le costruzioni

CANTONI I.T.C S.P.A
AREA PEPLOS
COMUNE DI CASTELLANZA (VA)

Emissione del: 7 Settembre 2015

File: 0851A15 Duca Visconti Peplos relazione geotecnica.doc

consulenze ambientali s.p.a.

24020 Scanzorosciate (BG) - Via A. Moro, 1 - Tel 035/6594411 - Fax.035/6594450

Filiale: 20017 Rho (MI) - Via Beatrice d'Este, 16

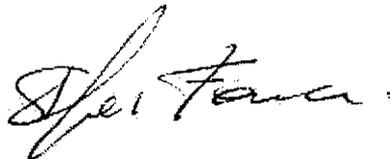
info@consamb.it - www.consamb.it

Codice fiscale e Partita IVA: 01703480168

Redatta da:

Dott. Stefano Fassini

Consulenze Ambientali spa



SOMMARIO

1.	PREMESSA	5
2.	IDENTIFICAZIONE DELLA SOCIETÀ	8
3.	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	9
4.	INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO	11
4.1	Lineamenti Geomorfologici	11
4.2	Lineamenti Geologici	11
4.3	Inquadramento idrogeologico	12
5.	DESCRIZIONE DELL'AREA E DEL PROGETTO	13
6.	INDAGINI GEOTECNICHE	14
6.1	Sondaggi geognostici	16
6.2	Prove penetrometriche SCPT	21
6.3	Stendimento Masw	26
6.4	Prove di laboratorio	31
7.	MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO	32
8.	CATEGORIA DEL SUOLO DI FONDAZIONE	33
9.	ANALISI DEL RISCHIO SISMICO	35



10. COMPONENTE GEOLOGICO APPLICATIVA DEL PROGETTO	38
10.1 Valutazione della portanza del terreno	39
10.2 Valutazione dei cedimenti	43
11. CONCLUSIONI	45

ALLEGATI

1. Stratigrafie
2. Certificati analisi granulometriche



1. Premessa

La presente relazione viene redatta su incarico della ditta **CANTONI I.T.C. S.p.A** relativamente al proprio stabilimento (Divisione Peplòs) di Via Giacomo Bettinelli, 8 Castellanza (VA) interessato da un Piano attuativo con riconversione urbanistica da industriale a commerciale e, in parte, residenziale.

Lo studio è in particolare finalizzato alla valutazione delle caratteristiche geologiche, idrogeologiche e geotecniche di supporto al progetto di nuova edificazione con particolare riferimento al dimensionamento delle opere di fondazione.

Lo studio è stato condotto sulla scorta dei seguenti dati:

- Informazioni geologiche ed idrogeologiche di bibliografia;
- Indagini geologiche di tipo diretto;

La presente relazione, per quanto concerne le indagini e i criteri progettuali, è redatta ai sensi delle seguenti norme:

- Decreto Ministeriale 11.03.1988,
- OPCM 3274/03.
- D.M. 14.01.2008 Norme tecniche per le costruzioni

Dallo studio della Componente Geologica e Idrogeologica del Piano di Governo del Territorio, redatto dallo studio Arethusa s.r.l. nel 2008, l'area in esame risulta collocata in parte in zona 4b, in parte in zona 3a/3b ed in parte in zona 3b.

Di seguito si riportano le NTA relative alle classi presenti.

Sottoclasse 4b

Essa riguarda le aree caratterizzate da livelli di rischio idraulico R4 (molto elevato). Si tratta di aree incompatibili con qualsiasi tipo di nuova infrastruttura di urbanizzazione (edifici, industriali, depositi, parcheggi etc). In tali aree dovranno essere escluse nuove edificazioni se non opere tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti.

Comunque prima del rilascio del permesso di procedere alla realizzazione di qualsiasi tipo di intervento sopra riportato, si dovrà produrre adeguata relazione idraulica idrologica e geologico tecnica che dimostri la compatibilità e l'efficacia delle opere in relazione al grave rischio idraulico.

La relazione geologico tecnica di supporto alla progettazione degli interventi si dovrà basare sui risultati di apposite indagini geotecniche eseguite in sito.

Per gli insediamenti esistenti si raccomanda di adottare misure di salvaguardia della falda con il contenimento degli scarichi in suolo.



Sottoclasse 3a

Essa riguarda le aree caratterizzate da livelli di rischio idraulico R3 (elevato). Si tratta di aree compatibili con l'urbanizzazione a seguito della realizzazione di opere di mitigazione del rischio e mediante accorgimenti costruttivi che impediscano danni a beni e strutture e/o che consentano la facile ed immediata evacuazione dell'area inondabile da parte di persone e beni mobili. Gli accorgimenti costruttivi di cui sopra dovranno essere indicati quali prescrizioni alla realizzazione del nuovo intervento. Gli interventi in queste aree dovranno essere accompagnati da apposita relazione idraulica che indichi le eventuali opere di mitigazione che dovranno essere dimensionate secondo i criteri metodologici di cui all'allegato 4 della DGR 22/12/2005 n.8/1566 "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio in attuazione all'art. 57 della LR 11/03/20015 n.12. Tali opere non dovranno interferire con il deflusso e con la dinamica del corso d'acqua. E' d'obbligo l'utilizzo di materiali poco danneggiabili al contatto con l'acqua e tecnologie costruttive che permettano alle strutture di resistere alle pressioni idrodinamiche. La progettazione delle opere dovrà essere supportata da apposita relazione geologico tecnica atta a definire i possibili fenomeni di cedimento e rigonfiamento dei terreni di fondazione definire i possibili fenomeni di sifonamento e scalzamento delle fondazioni da parte dell'acqua.

Si sottolinea che gli approfondimenti di cui sopra non sostituiscono le indagini previste dal D.M. 14/01/2008 "Norme tecniche delle costruzioni".

Sottoclasse 3b

Essa comprende la piana alluvionale attuale e recente del F. Olona litologicamente caratterizzata da limi e sabbie fini localmente agiiose con intercalazioni ghiaiose.

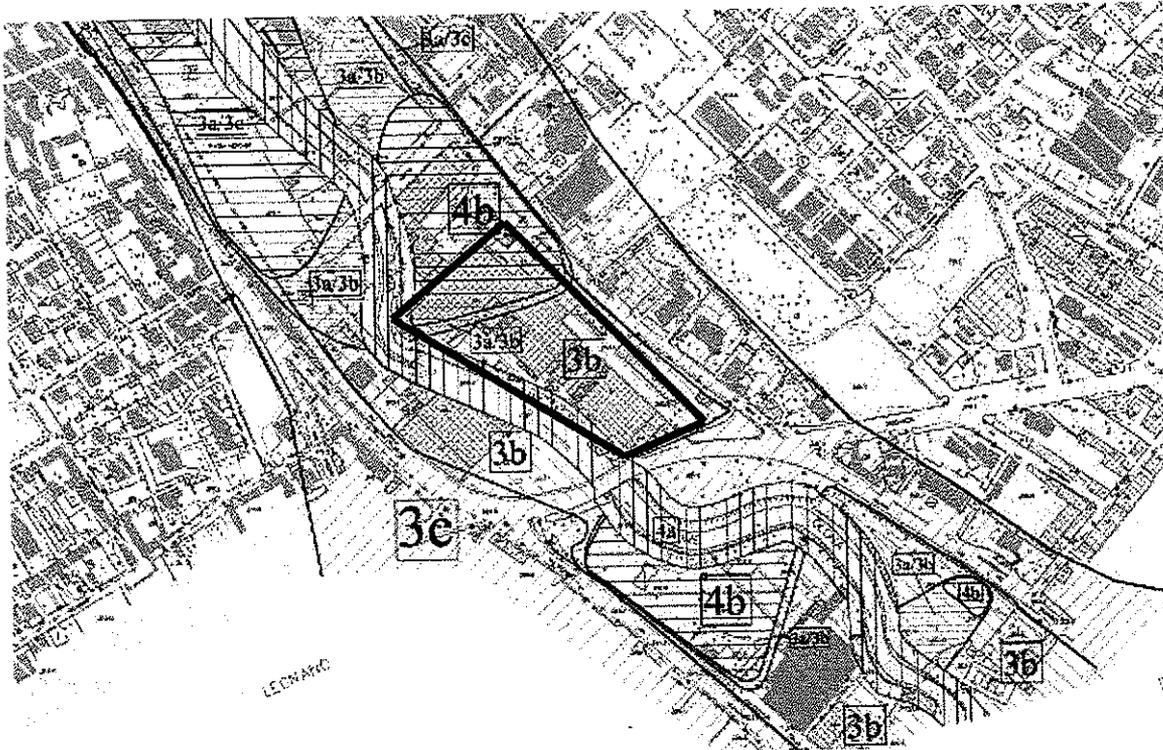
In queste aree, tenendo conto delle problematiche geotecniche presenti, prima della realizzazione degli interventi edificatori e opere infrastrutturali è obbligatoria l'esecuzione di apposita campagna di indagini geognostiche che si spinga al di sotto del piano di posa delle fondazioni e che interessi il volume significativo sul quale agisce il carico.

Copia delle indagini effettuate e della relazione geologico tecnica di supporto deve essere conservata, congiuntamente alla restante documentazione, in sede di presentazione dei piani attuativi (L.R. 12/01 art. 14) o in sede di richiesta del permesso di costruire (L.R. 12/05 art 38).

Detta relazione dovrà essere basata su uno studio preciso sufficientemente e puntuale in grado di permettere l'adozione di un sistema fondazionale adeguato nei confronti della situazione geotecnica del sottosuolo.

Lo studio geologico tecnico si baserà sui risultati di una serie di prove in sito e di laboratorio che prevedano l'esecuzione di prove penetrometriche dinamiche e statiche e l'esecuzione di sondaggi geognostici ed il prelievo di campioni atti a definire le caratteristiche fisico meccaniche dei terreni di fondazione. Dovrà essere posta attenzione alla struttura idrogeologica di sottosuolo e alla verifica della presenza di eventuali falde sospese tramite l'installazione di appositi piezometri. Il numero di prove relative al ciascun progetto nonché la profondità delle stesse dipenderà dalle caratteristiche progettuali dell'opera e dalla situazione geotecnica locale.

Si sottolinea che gli approfondimenti di cui sopra non sostituiscono anche se possono comprendere, le indagini previste dal D.M. 14/01/2008 "Norme tecniche delle costruzioni". Tenendo conto della elevata vulnerabilità della falda è da prevedere il collettamento degli scarichi idrici in fognatura. Per gli insediamenti esistenti è necessario adottare misure di salvaguardia della falda con il contenimento degli scarichi in suolo.



LEGENDA

INDIVIDUAZIONE DEI GRADI DI PERICOLOSITA' RILEVATI DAL PUNTO DI VISTA IDRAULICO

- CLASSE 4a: Fattibilità con gravi limitazioni
- CLASSE 4b: Fattibilità con gravi limitazioni

INDIVIDUAZIONE DEI GRADI DI PERICOLOSITA' RILEVATI DAL PUNTO DI VISTA GEOTECNICO E IDROGEOLOGICO

- CLASSE 3a: Fattibilità con consistenti limitazioni
- CLASSE 3b: Fattibilità con consistenti limitazioni
- CLASSE 3c: Fattibilità con consistenti limitazioni
- CLASSE 3d: Fattibilità con consistenti limitazioni
- CLASSE 2a: Fattibilità con modeste limitazioni
- CLASSE 2b: Fattibilità con modeste limitazioni

INDIVIDUAZIONE DELLE AREE A PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE

- PSL 24a: Aree caratterizzate da effetti di amplificazioni sismiche e geomorfiche
- PSL 23a: Zone di confine di terrazzo caratterizzate da effetti di amplificazioni topografiche

Fig. 1 Estratto fattibilità geologica



2. Identificazione della società

Sede legale

Denominazione (Ragione sociale)		Cantoni I.T.C S.p.A	
Comune	Milano	Provincia	Milano
Frazione o località	/		
Via e n. civico	C.so di Porta Romana, 3		
Telefono	02 802391	Fax	02 86464092
C.F. / P.IVA	04972330965		
Iscrizione CCIAA	Milano REA1786797		

Identificazione dell'insediamento

Indirizzo insediamento produttivo:			
Via/piazza/località	Via Don Bettinelli		
N. civico	8		
CAP	21053		
Comune	Castellanza		
Provincia	Varese		
Telefono	0331 504311	Fax	0331 503.968 e-mail
Codice ATECO	17.53		

3. Inquadramento territoriale

L'area oggetto della presente relazione tecnica è sita nel comune di Castellanza (VA), lungo il corso del fiume Olona, in area pianeggiante ad un'altitudine di circa 205 m s.l.m. (Estratto da Carta Tecnica Regionale - Sezione A5E4; Allegato n. 3).

Coordinate: X	492720.1
Coordinate: Y	5050531.3
Lat	45d 36'29.84''
Long.	08d 54'23.91''

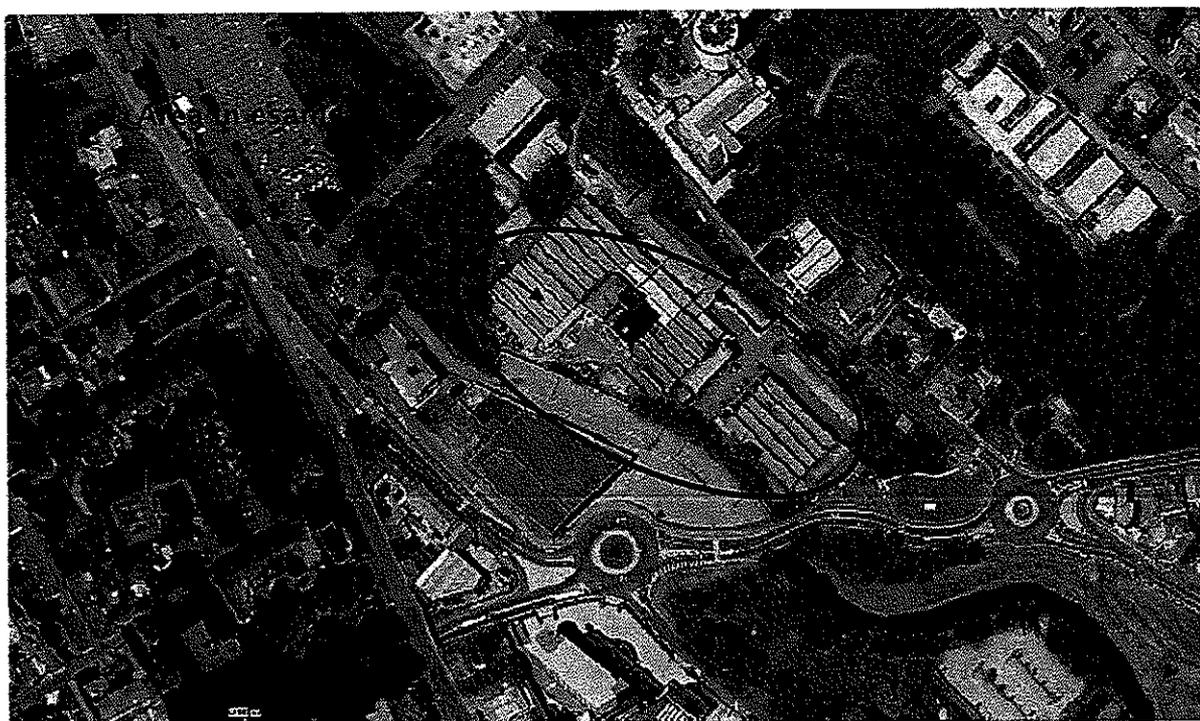


Fig. 2 Ortofoto

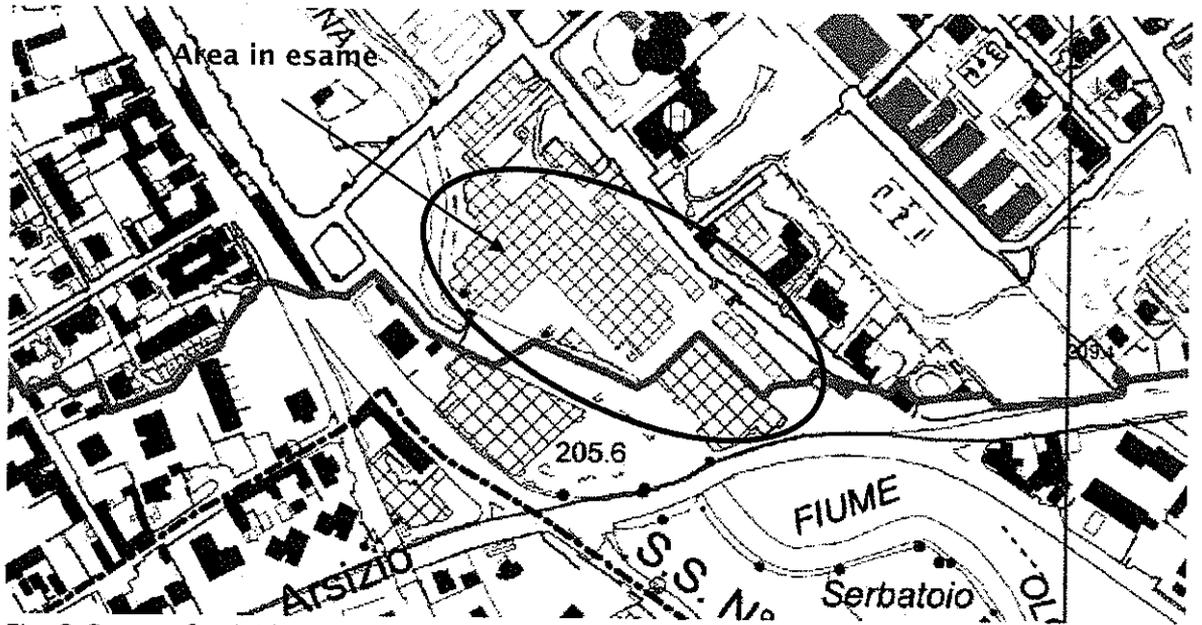


Fig. 3 Corografia dei luoghi

4. Inquadramento geologico, geomorfologico

4.1 Lineamenti Geomorfologici

L'area in esame è inserita nel centro dell'abitato di Castellanza nella fascia a contatto con il Fiume Olona.

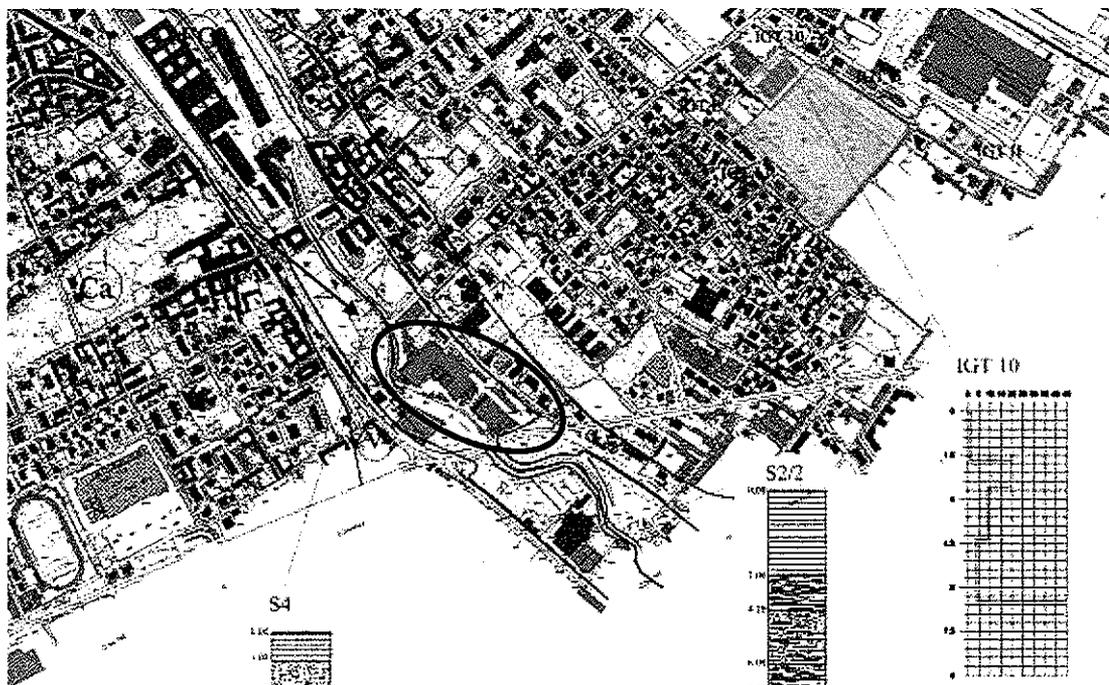
La proprietà si estende dalla zona di alveo al primo terrazzo esterno ed è caratterizzata da un gradiente altimetrico con un progressivo abbassamento della quota di piano campagna dalla zona esterna al margine con il Fiume con un dislivello complessivo di circa 1.5 m.

4.2 Lineamenti Geologici

Per la descrizione delle caratteristiche geologiche del sito si è fatto riferimento a quanto riportato nella Componente geologica del PGT.

L'area in esame è interessata dalla presenza di depositi di piana alluvionale litologicamente riconducibili a sabbie e sabbie limose, limi ed argille, con locali intercalazioni di corpi ghiaiosi fino alla profondità di 6 - 10 m dal p.c.

Più in profondità di rinvengono ghiaie e sabbie in matrice limosa.





ARFE	CARATTERI MORFOLOGICI	CARATTERI LITOLOGICI	CARATTERI PEDOLOGICI (usatori e sigle riferiti alla scala Cartografica: ERS,AL)	ASSETTO GEOLOGICO-TECNICO	DRENAGGIO DELLE ACQUE
FO	Piana alluvionale attuale e recente del F. Olona	Depositi di piana alluvionale costituiti da sabbie in matrice limosa, fango ed argille con locali intercalazioni ghiaiose fino a 5-10 m di profondità; intercorrenti sabbie e ghiaie debolmente limose	68) Suoli da arenili a moderatamente profondi limitati da substrato ciottoloso, con subletto frequente negli orizzonti superficiali, testina da media a moderatamente grossolana in superficie, grossolana in profondità, drenaggio moderatamente rapido, localmente mediore.	Terreni da granulari arenosi a rocciosi con stato di consistenza da tenero a medio. In profondità terreni mediamente sabbiosi. Caratteristiche geotecniche da scadenti a discrete. Puntabilità media.	Drenaggio delle acque da discreto a buono sia in superficie che in profondità; presenza di orizzonti saturi nel primo sottosuolo.

Fig. 4 Estratto carta geologico tecnica

4.3 Inquadramento idrogeologico

Nel territorio comunale il flusso idrico sotterraneo è diretto principalmente nord/ovest sud/est passando dai 195 m s.l.m. del confine settentrionale ai 165 m s.l.m. di quello meridionale, mentre il gradiente idraulico risulta circa il 9.0 per mille.

La soggiacenza della falda freatica è compresa tra 20 e 40 metri dal piano campagna con le zone a minore soggiacenza ubicate lungo l'asse del Fiume Olona.

Lo stesso, causa la presenza di livelli coesivi superficiali, genera falde sospese nelle immediate vicinanze dell'alveo con soggiacenze anche inferiori al metro dal p.c..

In corrispondenza dell'area in esame la quota media della falda è di 178 m slm corrispondente ad una soggiacenza di circa 27 m dal p.c..

La fascia prospiciente all'Olona tuttavia è interessata dalla presenza di una falda sospesa.

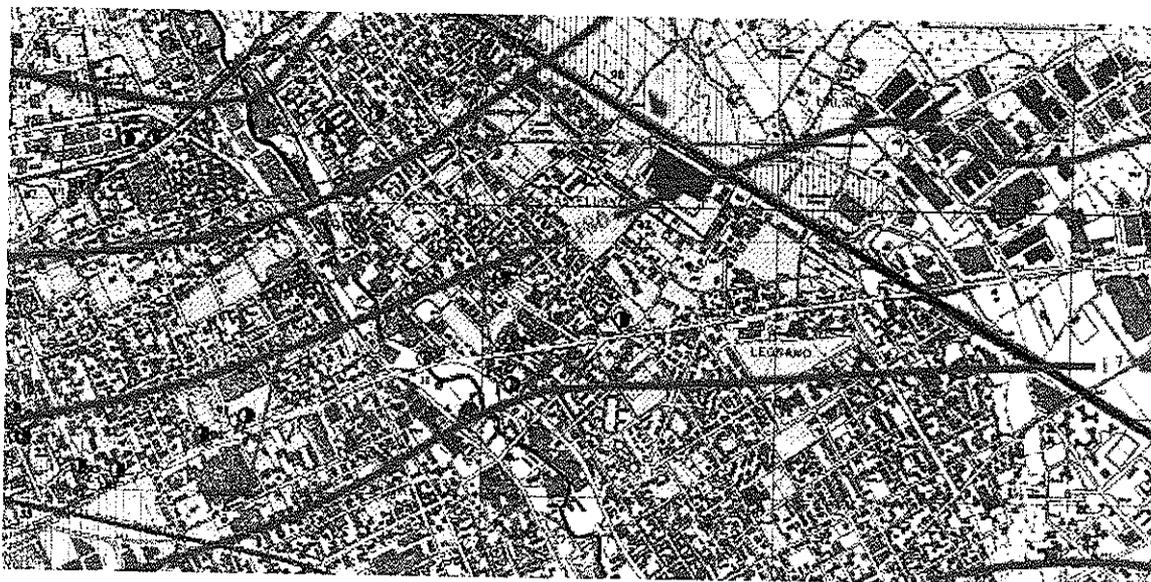


Fig. 5 Estratto Carta Idrogeologica



5. Descrizione dell'area e del progetto

L'intervento prevede la riqualificazione e lo sviluppo di aree in ambito urbano.

Di seguito la planimetria di progetto:

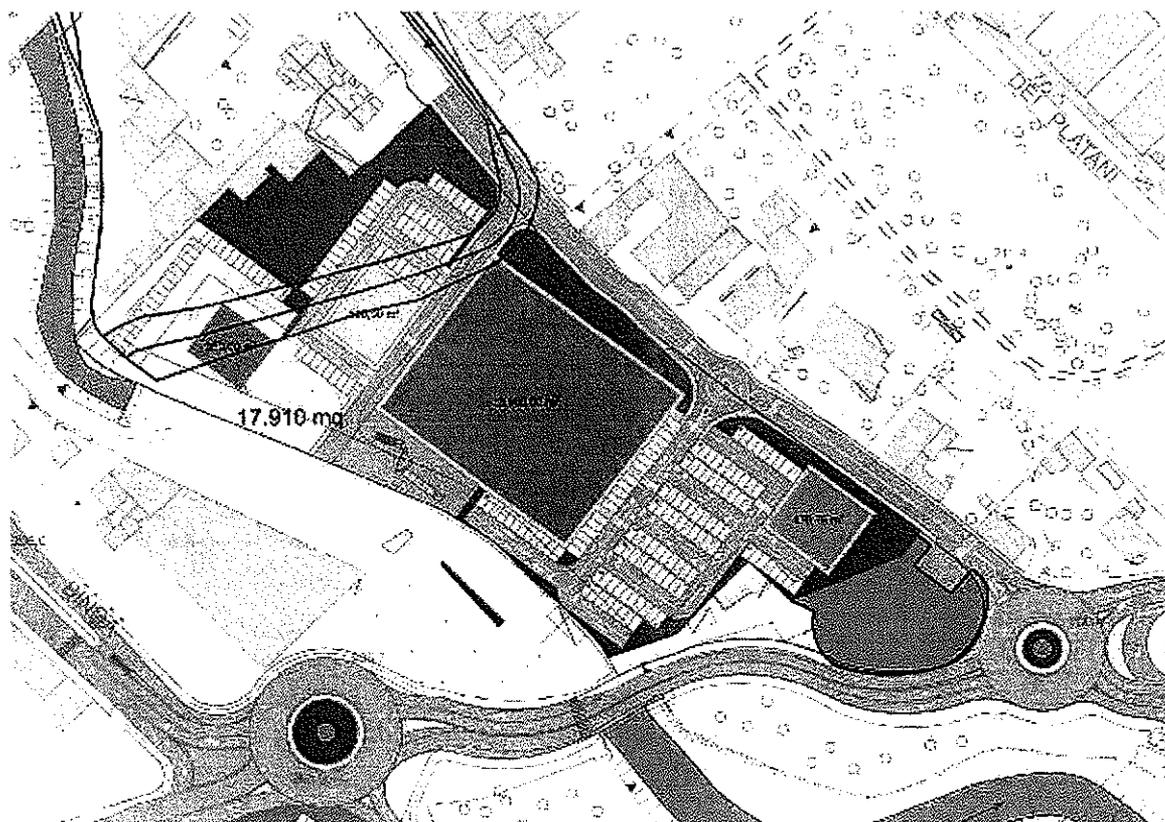


Fig. 6 Planimetria post intervento

L'intervento comporta quindi l'inserimento delle seguenti nuove attività:

- Residenze con parcheggi privati (rosso);
- Uffici e parcheggi (giallo);
- Area commerciale (viola);
- Parcheggi e punto vendita (azzurro e grigio).

I dettagli del progetto saranno riportati nell'intera documentazione che verrà depositata in Comune.



6. Indagini geotecniche

Al fine di valutare le caratteristiche stratigrafiche e geotecniche locali sono state realizzate delle indagini dirette.

L'indagine geotecnica, avendo una matrice geognostica comune, è stata eseguita contestualmente all'indagine ambientale.

L'ubicazione delle indagini è stata valutata tenendo conto sia degli aspetti geotecnici, con particolare riferimento all'ubicazione delle future costruzioni, sia degli aspetti ambientali, individuando i centri di pericolo presenti in sito imputabili all'attività svolta.

Complessivamente sono stati realizzati 10 sondaggi di cui due profondi. La distribuzione degli stessi sulla superficie complessiva di 17.000 m² offre una adeguata copertura per ciò che attiene alla valutazione delle caratteristiche stratigrafiche e litologiche locali.

Complessivamente sono state effettuate le seguenti indagini:

Tipologia d'indagine	Numero
Sondaggi geognostici superficiali	8 da 4 m PZ1, PZ3, PZ4, PZ5, PZ6, PZ7, PZ8, PZ10.
Sondaggi geognostici profondi	2 da 15 m PZ2, PZ9
SPT in foro	2 (PZ2, PZ9)
Prove penetrometriche SCPT	4
Masw	1

Dai sondaggi profondi sono stati inoltre acquisiti campioni da avviare ad analisi granulometrica e limiti di Atterberg.

In considerazione della presenza di una falda sospesa sub-superficiale, per una migliore definizione della estensione areale, si è ritenuto di attrezzare tutti i sondaggi a piezometro in modo tale da avere una copertura completa.

Nella tavola di seguito riportata sono indicate le ubicazione dei punti di indagine.

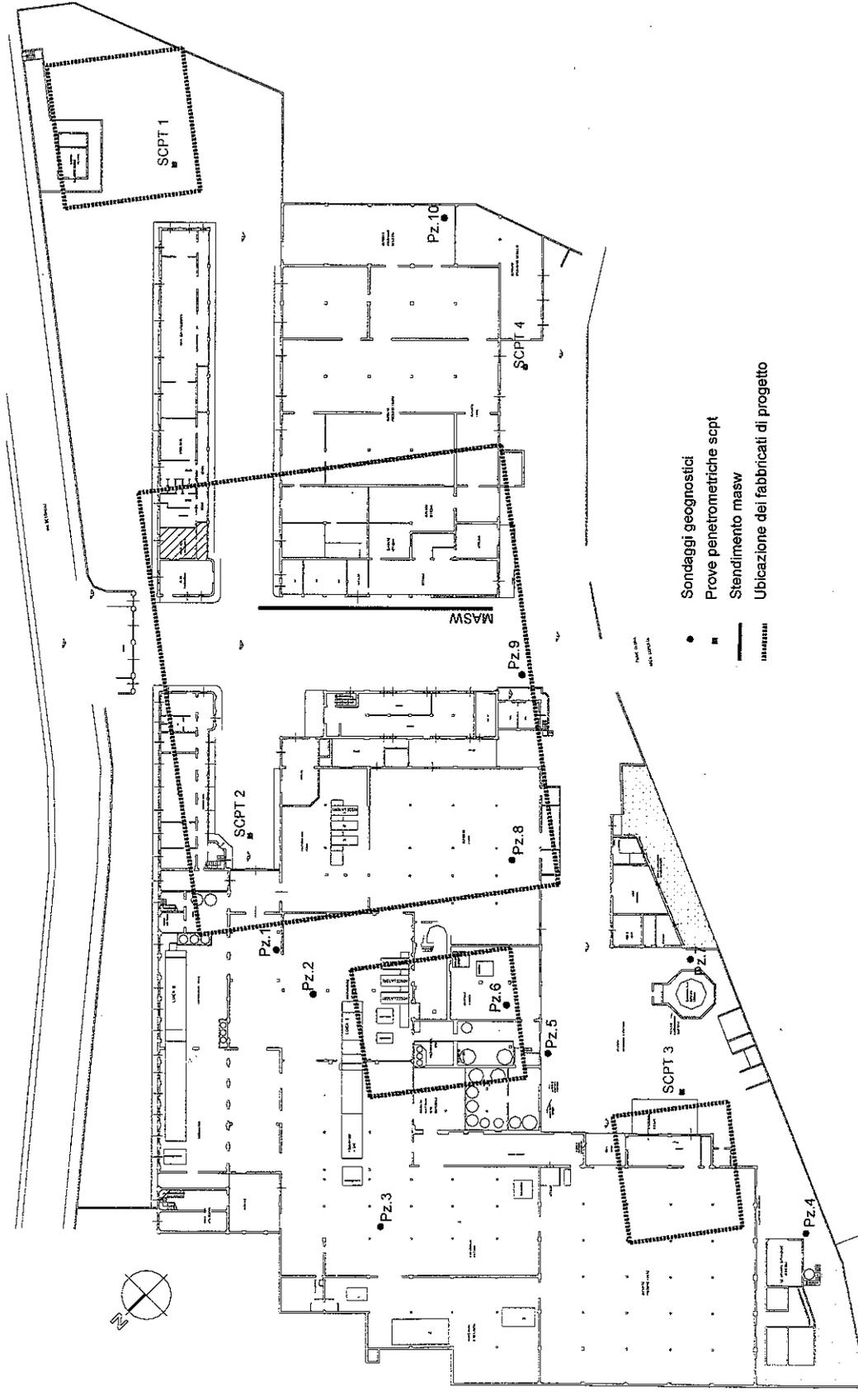


Fig.7 Ubicazione delle indagini



6.1 Sondaggi geognostici

In sito sono stati complessivamente realizzati 10 sondaggi di cui 8 superficiali e due profondi.

Le perforazioni sono state eseguite utilizzando la sonda Beretta T44 di cui si riportano di seguito le caratteristiche.

Tipo	Beretta T44
Larghezza	1.34 m
Lunghezza	5.02
Testa di rotazione a 12 velocità	13.50 kN/m
Pressione specifica al suolo	6.8 N/cm ²



Fig.8 Sondaggio Pz. 9 (S9)

Per ciò che attiene alla stratigrafia locale si rinviene una buona uniformità data dalla presenza di un livello superficiale, esteso mediamente fino a circa -2.0 m dal p.c., di materiale riportato, costituito da residui di demolizioni variamente frammiste a terreno, sovrastante un livello limoso argilloso esteso mediamente fino a circa 5.0 m dal p.c., e di terreni granulari in matrice limosa posti più in profondità.

Per il dettaglio delle stratigrafie dei singoli sondaggi si rimanda alle stratigrafie allegate, di seguito si riporta, a titolo esemplificativo, la stratigrafia del sondaggio S2.

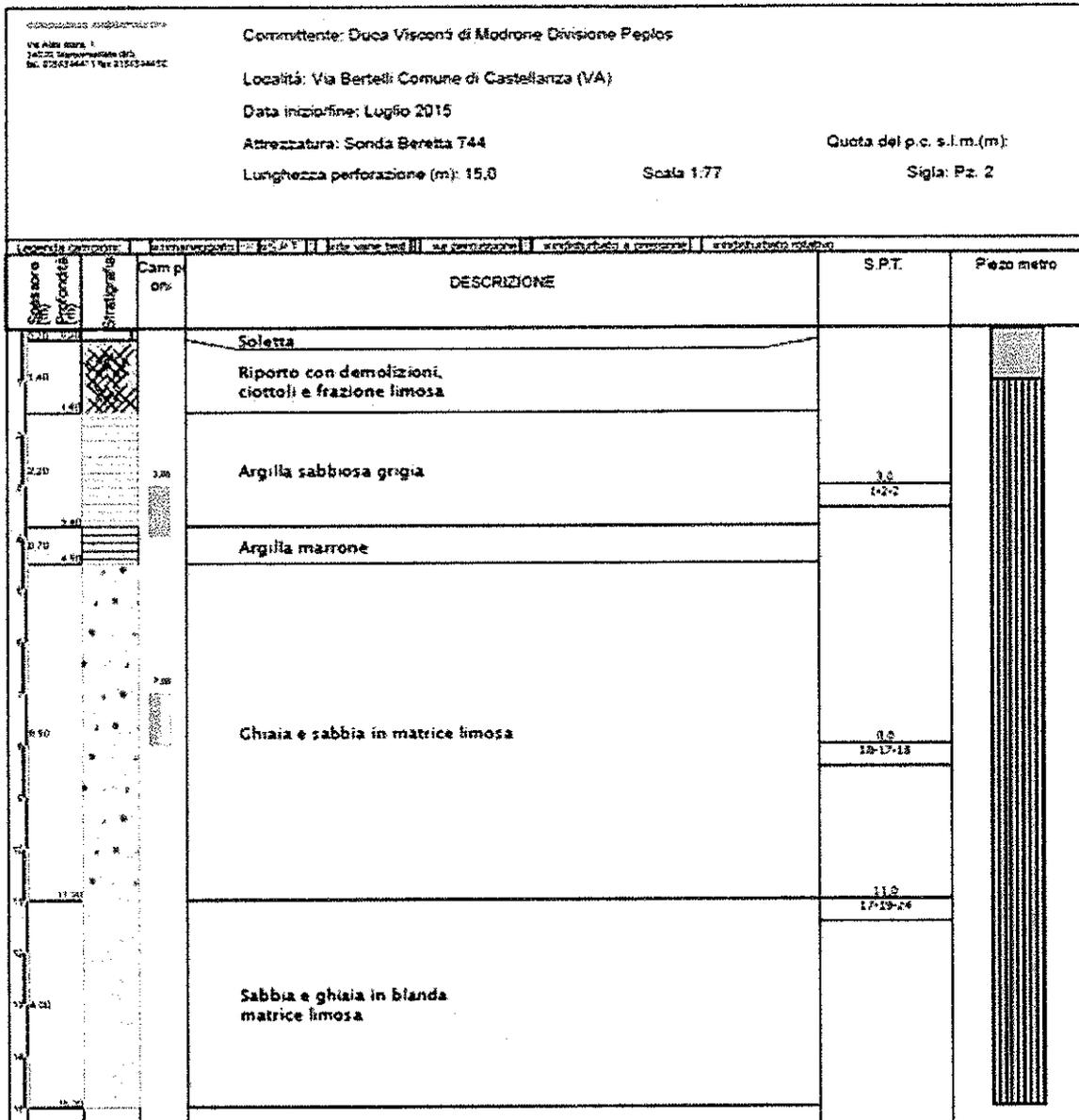


Fig. 9 Stratigrafia sondaggio S2



Fig.10 Sondaggio S2 0 - 5 m

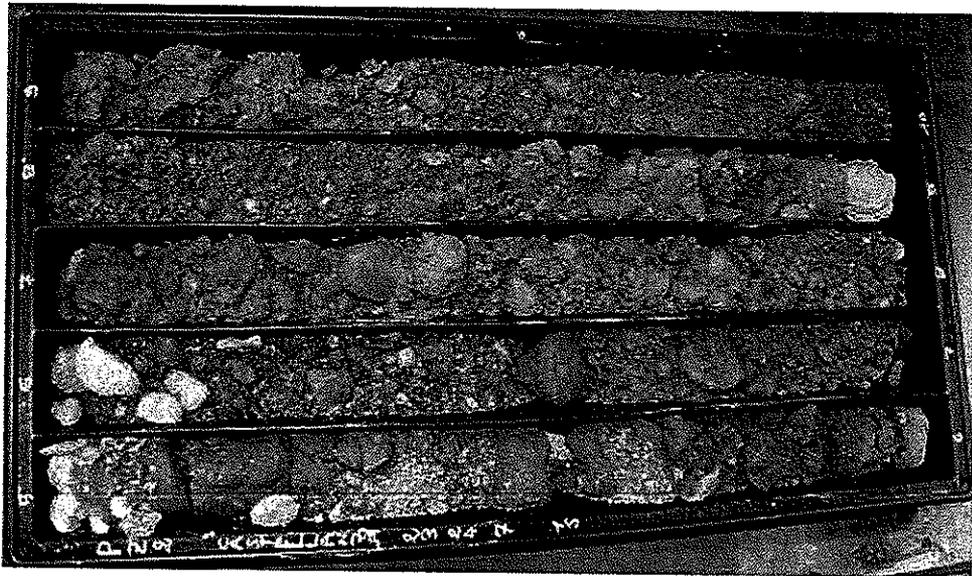


Fig.11 Sondaggio S2 5 - 10 m



Fig.12 Sondaggio S2 10 - 15 m

Come in precedenza specificato i sondaggi sono stati attrezzati a piezometro per rilevare l'eventuale presenza di acque sotterranee.

La presenza di un livello metrico di materiale coesivo e la vicinanza con il Fiume Olona ha determinato il formarsi di una falda superficiale con soggiacenza variabile da 0.3 a 1.5 m dal p.c..

La falda sospesa presenta uno spessore medio di circa 2.0 m ed interessa la sola porzione sud ovest dell'area delimitata come da figura riportata.

Dalla informazioni reperite risulta che la falda sospesa, seppure affetta da oscillazione stagionale, sia costantemente presente nella zona individuata.

In proposito si specifica che i rilievi di cui alla presente relazione sono stati condotti in un periodo siccitoso con elevate temperature.

Di seguito si riporta la delimitazione indicativa desumibile dai rilievi effettuati.

I livelli statici misurati non indicano una chiara direzione di deflusso coerente con il contesto idrogeologico locale.

E' evidente tuttavia che la falda sia in rapporto di mutuo scambio con il Fiume.

Viste le caratteristiche litologico tessiturali del saturo l'acquifero dovrebbe essere caratterizzato da media permeabilità.



6.1.1 Prove geotecniche in foro

In corrispondenza dei due sondaggi profondi sono state eseguite delle prove SPT in foro. Di seguito si riportano gli esiti.

Prove SPT in foro		
sondaggio	profondità	Spt
S2	3.0	1/2/2
	8.0	18/17/18
	11.0	17/19/24
S9	2.0	3/2/2
	7.5	8/8/7

6.2 Prove penetrometriche SCPT

Ubicazione delle prove

I dati di seguito elaborati sono stati ricavati da una campagna di N.4 prove SCPT eseguite dal piano campagna fino ad una profondità massima di 10 metri.

Le prove sono state realizzate in corrispondenza dell'ingombro dei fabbricati di progetto.

Modalità di esecuzione della prova

La prova consiste nell'infiggere un'asta, di dimensioni e geometria standard, nel terreno tramite battitura di un maglio (peso 73 kg) in caduta da un'altezza standard e contare il numero di colpi necessari per l'infissione di ogni trenta centimetri di asta. La prova viene considerata conclusa quando si superano i 50 colpi per arrivare al riferimento successivo (trenta cm). Questa situazione può essere ricondotta alla presenza di un livello di terreno ad elevata resistenza ma può anche essere imputabile alla presenza di un singolo ciottolo o blocco che impedisce l'avanzamento.

Interpretazione delle prove

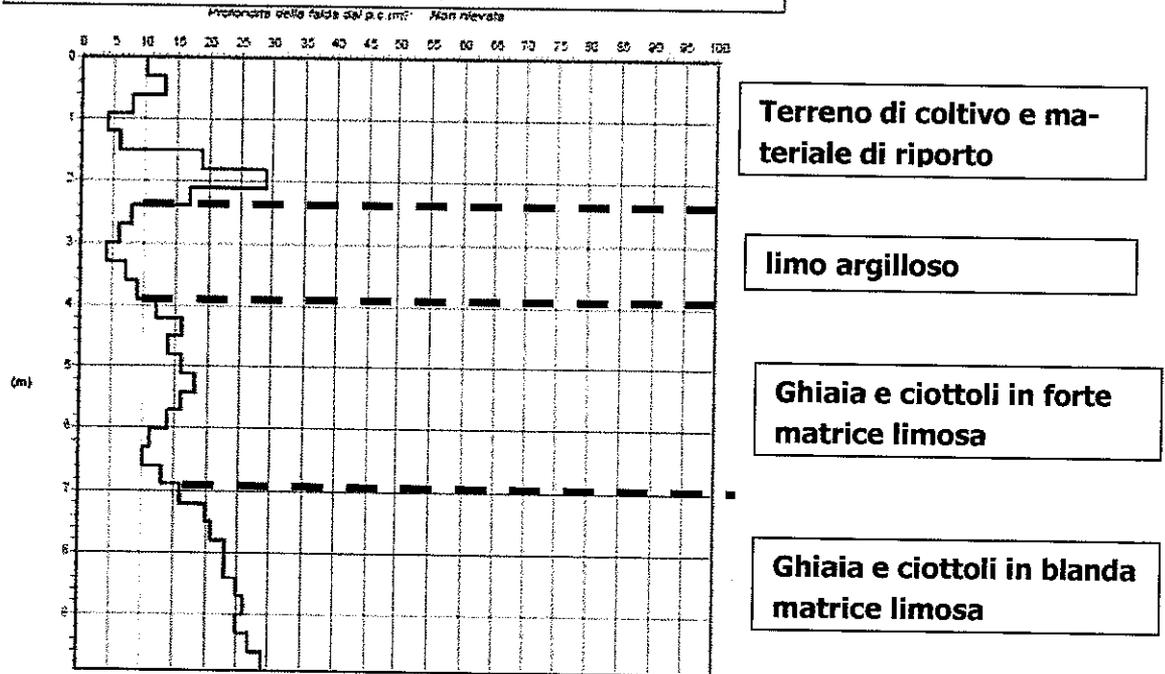
I diagrammi delle prove evidenziano una sostanziale uniformità data dalla presenza di un livello superficiale, a basso grado di addensamento, esteso fino alla profondità di circa 6.0 m dal p.c. sovrastante terreni granulari aventi un buon grado di addensamento.



All'interno del livello superficiale si distingue una porzione, tra il piano campagna ed i 2.0 m, a bassissimo grado di addensamento, ed un livello sottostante, tra 2.0 m e 4.0 m dal p.c., a comportamento parzialmente coesivo, avente basso grado di addensamento.

Committente: Duca Visconti di Modrone divisione Peplos
Località: Via Bertelli Comune di Castellanza (VA)
Data: Luglio 2015 Attrezzatura: Penetrometro Pagani
Note:
Quota(m): Prova: \1

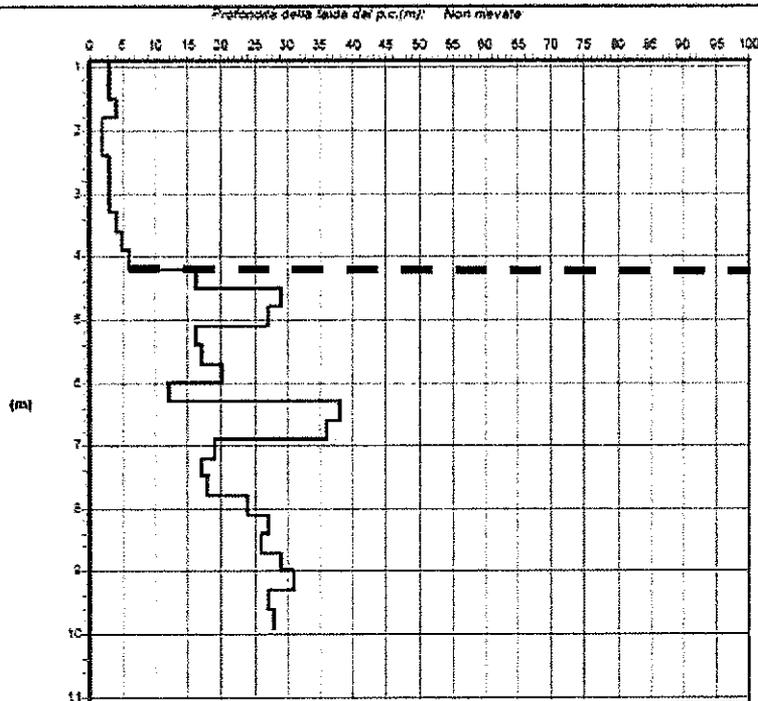
Grafico della prova





Committente: Duca Visconti di Modrone divisione Peplos
Località: Via Bertelli Comune di Castellanza (VA)
Data: Luglio 2015 Attrezzatura: Penetrometro Pagani
Note:
Quota(m): Prova: \2

Grafico della prova



Materiale di riporto e livello limoso argilloso

Ghiaia e ciottoli in matrice limosa



Committente: Duca Visconti di Modrone divisione Peplos

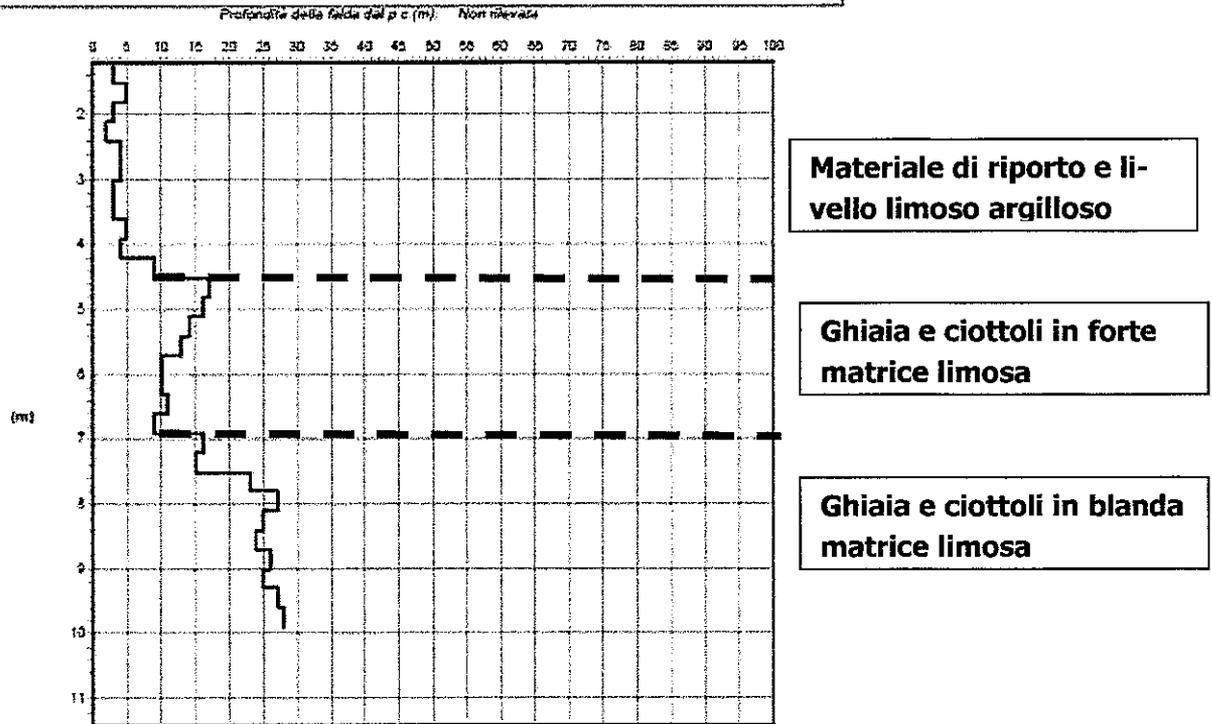
Località: Via Bertelli Comune di Castellanza (VA)

Data: Luglio 2015 Attrezzatura: Penetrometro Pagani

Note:

Quota(m): Prova: \3

Grafico della prova





Committente: Duca Visconti di Modrone divisione Peplos

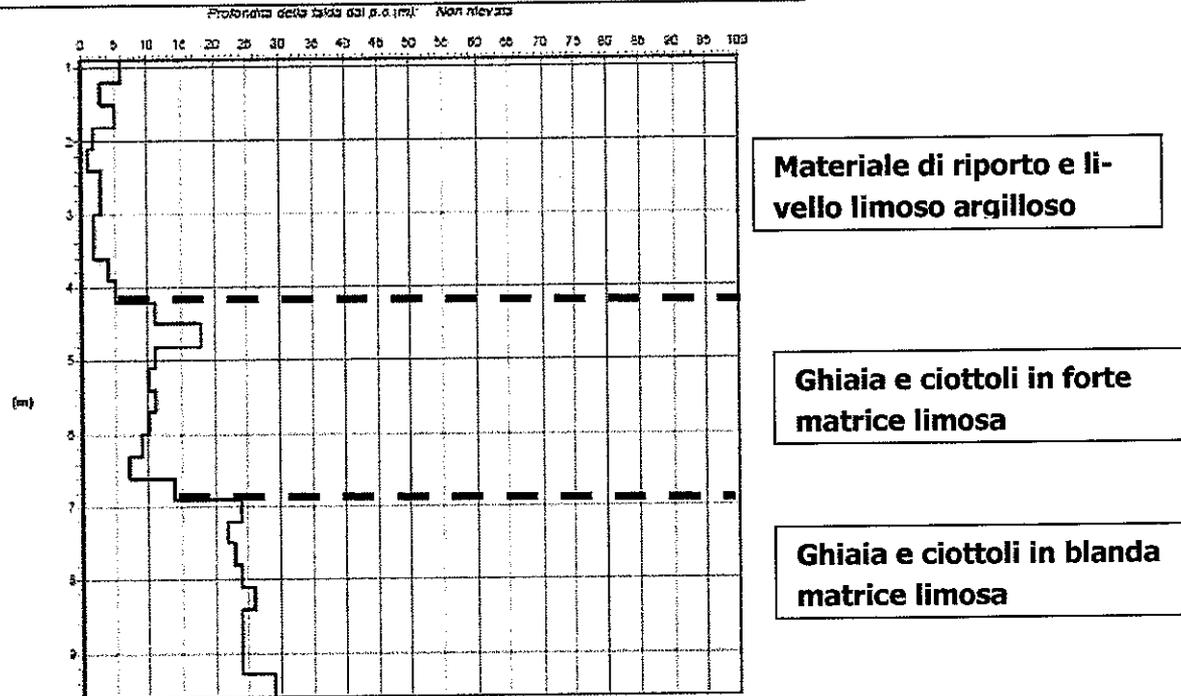
Località: Via Bertelli Comune di Castellanza (VA)

Data: Luglio 2015 Attrezzatura: Penetrometro Pagani

Note:

Quota(m): Prova: \4

Grafico della prova





6.3 Stendimento Masw

Come previsto dalle Norme Tecniche per le costruzioni (D.M. 14.01.32008) è stato realizzato uno stendimento MASW per la determinazione delle Vs30, parametro necessario per la definizione della categoria del suolo di fondazione.

Lo stendimento è stato realizzato nella fascia centrale del lotto nello sviluppo longitudinale con lunghezza di 54 m.

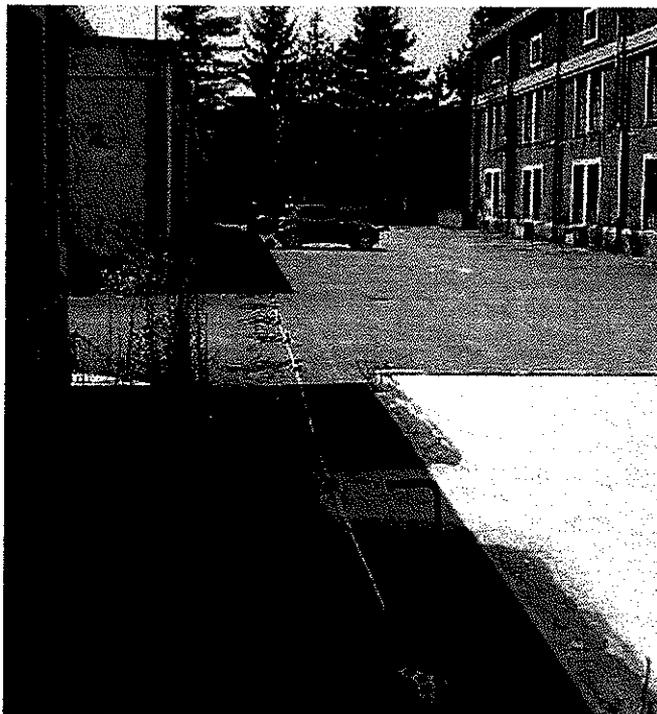


Fig. 12 Linea di stendimento

Metodologia M.A.S.W.

Nella maggior parte delle indagini sismiche per le quali si utilizzano le onde compressive più di due terzi dell'energia sismica totale generata viene trasmessa nella forma di onde di Rayleigh, la componente principale delle onde superficiali. Ipotizzando una variazione di velocità dei terreni in senso verticale ciascuna componente di frequenza dell'onda superficiale ha una diversa velocità di propagazione (chiamata velocità di fase) che, a sua volta, corrisponde ad una diversa lunghezza d'onda per ciascuna frequenza che si propaga. Questa proprietà si chiama dispersione.

Sebbene le onde superficiali siano considerate rumore per le indagini sismiche che utilizzano le onde di corpo (riflessione e rifrazione), la loro proprietà dispersiva può essere utilizzata per studiare le proprietà elastiche dei terreni superficiali.



La costruzione di un profilo verticale di velocità delle onde di taglio (V_s), ottenuto dall'analisi delle onde piane della modalità fondamentale delle onde di Rayleigh è una delle pratiche più comuni per utilizzare le proprietà dispersive delle onde superficiali. Questo tipo di analisi fornisce i parametri fondamentali comunemente utilizzati per valutare la rigidità superficiale, una proprietà critica per molti studi geotecnici.

L'intero processo comprende tre passi successivi: l'acquisizione delle onde superficiali (ground roll), la costruzione di una curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza) e l'inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle V_s .

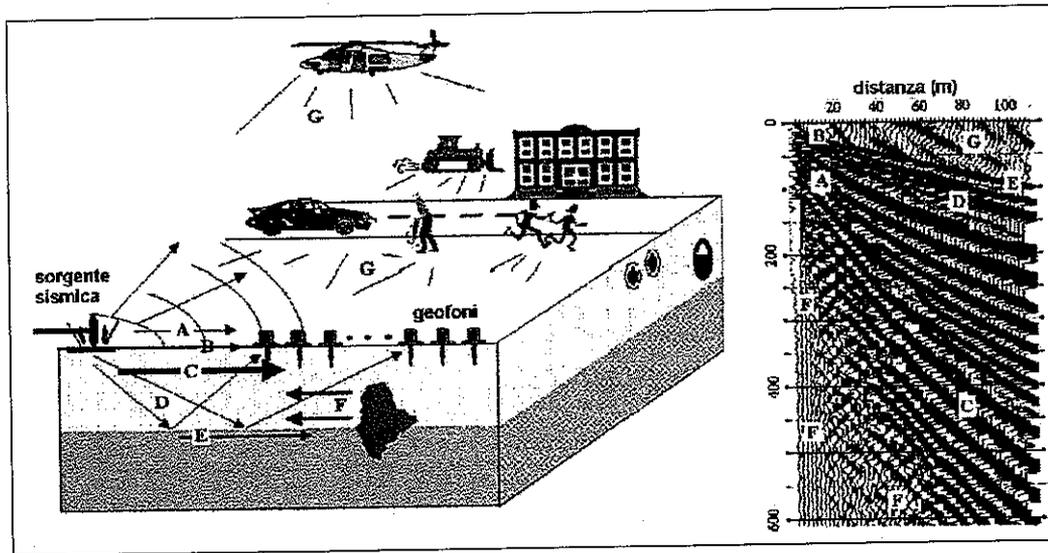
Per ottenere un profilo V_s bisogna produrre un treno d'onde superficiali a banda larga e registrarlo minimizzando il rumore. Una molteplicità di tecniche diverse sono state utilizzate nel tempo per ricavare la curva di dispersione, ciascuna con i suoi vantaggi e svantaggi.

L'inversione della curva di dispersione viene realizzata iterativamente, utilizzando la curva di dispersione misurata come riferimento sia per la modellizzazione diretta che per la procedura ai minimi quadrati.

Dei valori approssimati per il rapporto di Poisson e per la densità sono necessari per ottenere il profilo verticale V_s dalla curva di dispersione e vengono solitamente stimati utilizzando misure prese in loco o valutando le tipologie dei materiali.

Le onde di superficie sono facilmente generate da una sorgente sismica quale, ad esempio, una mazza battente. La configurazione base di campo e la routine di acquisizione per la procedura MASW sono generalmente le stesse utilizzate in una convenzionale indagine a riflessione (CMP). Però alcune regole operative per MASW sono incompatibili con l'ottimizzazione della riflessione. Questa similitudine permette di ottenere, con la procedura MASW, delle sezioni superficiali di velocità che possono essere utilizzate per accurate correzioni statiche dei profili a riflessione. MASW può essere efficace con anche solo dodici canali di registrazione, meglio a ventiquattro canali, collegati a geofoni singoli a bassa frequenza (<10Hz).

L'illustrazione di seguito riportata mostra le proprietà di dispersione delle onde di superficie. Le componenti a bassa frequenza (lunghezze d'onda maggiori), sono caratterizzate da forte energia e grande capacità di penetrazione, mentre le componenti ad alta frequenza (lunghezze d'onda corte), hanno meno energia e una penetrazione superficiale. Grazie a queste proprietà, una metodologia che utilizzi le onde superficiali può fornire informazioni sulle variazioni delle proprietà elastiche dei materiali prossimi alla



superficie al variare della profondità. La

velocità delle onde S (V_s) è il fattore dominante che governa le caratteristiche della dispersione.

- | | |
|-----------------------|----------------------|
| A: onde in aria | E: onde rifratte |
| B: onde dirette | F: onde riverberate |
| C: onde di superficie | G: rumore ambientale |
| D: onde riflesse | |

Strumentazione

La strumentazione utilizzata è costituita da :

- Un sismografo SARA Electronic Instruments S.r.l. modello DoReMi a 24 canali;
- 24 geofoni a 4.5 Hz;
- Una mazza da 8 Kg

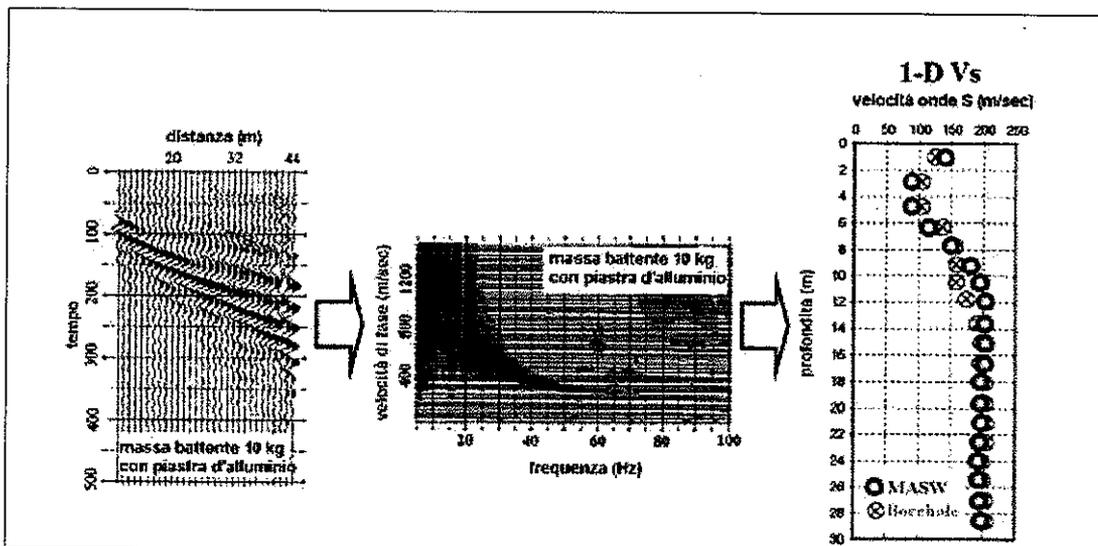
Il principale vantaggio di un metodo di registrazione multicanale è la capacità di riconoscimento dei diversi comportamenti, che consente di identificare ed estrarre il segnale utile dall'insieme di varie e differenti tipi di onde sismiche. Quando un impatto è applicato sulla superficie del terreno tutte queste onde vengono simultaneamente generate con differenti proprietà di attenuazione, velocità e contenuti spettrali. Queste proprietà sono individualmente identificabili in una registrazione multicanale e lo stadio successivo del processo fornisce grande versatilità nell'estrazione delle informazioni utili.

La procedura MASW può sintetizzarsi in tre stadi distinti:

- acquisizione dei dati di campo;
- estrazione della curva di dispersione;



inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs (profilo 1-D) che descrive la variazione di Vs con la profondità



Nel caso specifico i geofoni sono stati ubicati con spaziatura di 2 m mentre l'energizzazione (con mazza battente) è stata ubicata a 4 metri dal primo geofono.

Risultati dell'indagine

Di seguito si riporta il report riassuntivo dei risultati dell' indagine geosismica M.A.S.W. articolata nelle due prove eseguite.

Nella tavola vengono mostrate la curva di dispersione, lo spettro f-k, il sismogramma ed il profilo delle velocità delle onde Vs₃₀ il cui valore è stato calcolato utilizzando la formula

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

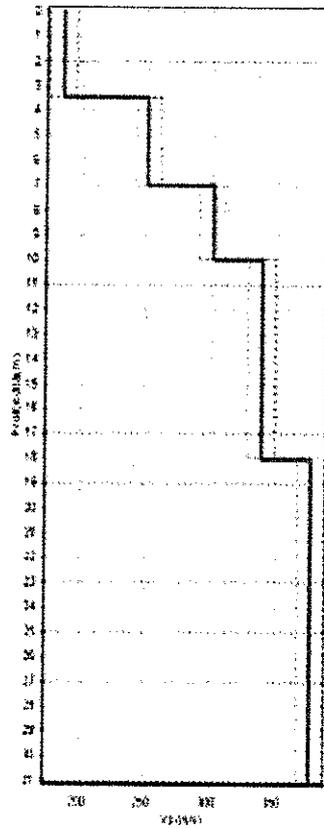
dove h_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (m/s) dello strato i - esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m sottostanti le fondazioni dell'opera in progetto.

La categoria di suolo che è risultata dalla prova è C (Vs₃₀= 314.4 m/s=.

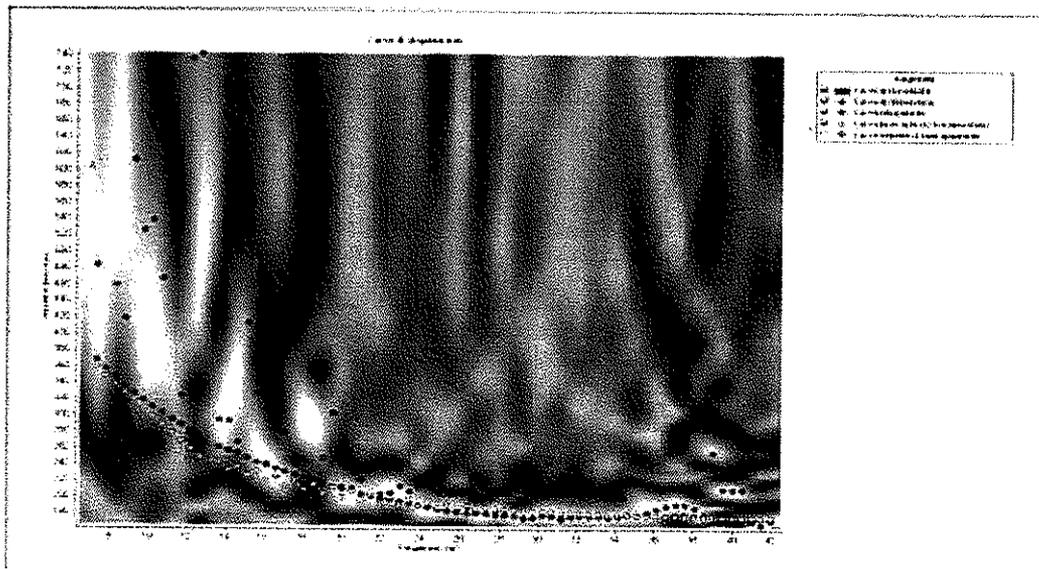
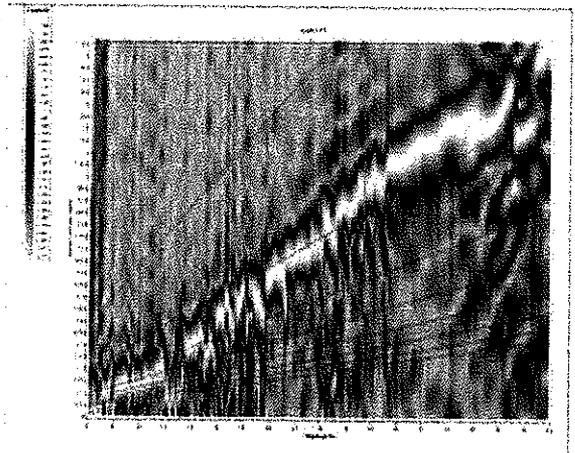
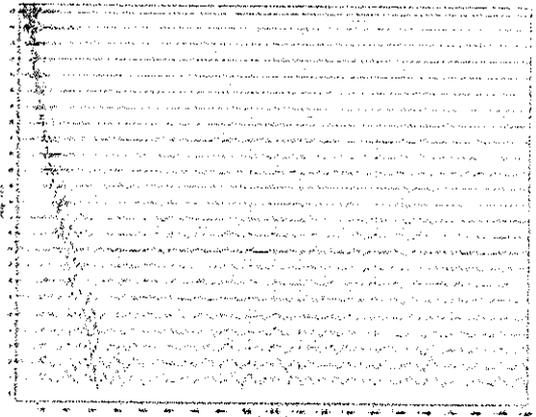


Riassunto interpretazione MASW Castellanza (VA) - Via Bettinelli

N.	H(m)	Vs(m/s)
1	3.5	185.0
2	7.0	251.0
3	10.0	301.0
4	18.0	339.0
5	31.0	377.0



Catena snc - 1320/0414-178.1



6.4 Prove di laboratorio

Dai due sondaggi profondi realizzati sono stati acquisiti n.2 campioni cad da avviare a prove di laboratorio.

Le prove sono consistite in analisi granulometri e limiti di Atterberg (per i campioni coesivi).

Di seguito si riportano gli esiti delle prove effettuate, i certificati sono riportati in allegato.

PROVE DI LABORATORIO ESEGUITE SUI CAMPIONI PRELEVATI				
Campioni	Profondità	Classificazione granulometrica	Permeabilità (cm/s)	Limiti di Atterberg
S2 C1	-2.6 -3.0 m	Limo con sabbia debolmente argilloso	5.26×10^{-6}	L.L.=24.62% L.P.=18.13% I.P.= 6.49% W.n.=23.3%
S2 C2	-6.0 m	Ghiaia con Sabbia limosa	1.02×10^{-3}	-
S9 C1	-2.7 - -3.0 m	Sabbia con Limo	6.08×10^{-5}	L.L.=25.90% L.P.=21.33% I.P.= 4.57% W.n.=10.21%
S9 C2	-7.0 - -8.0 m	Ghiaia con sabbia limosa	8.41×10^{-4}	-

7. Modello geotecnico del sottosuolo

Dalle prove effettuate emerge la presenza di n.4 unità geotecniche:

1. un livello superficiale di materiale riportato;
2. unità coesiva limosa;
3. Ghiaie e sabbie in forte matrice limosa;
4. Ghiaia e sabbia in blanda matrice limosa.

Di seguito si riporta la schematizzazione delle unità geotecniche presenti:

Tabella riassuntiva dei parametri caratteristici fisici e meccanici delle unità individuate				
	Unità 1	Unità 2	Unità 3	Unità 4
Unità litologiche	Materiale di riporto	Limo con sabbia	Ghiaia e sabbia in matrice limosa	Ghiaia e sabbia in matrice limosa
Profondità	Da 0 a -2.0 m dal p.c.	Da 2.0 m a 4.0 m	Da 4.0 m a 7.0 m	Oltre 7.0 m
Peso di volume naturale (γ_n)	1.7 / 1.8 g/cm ³	1.8 / 1.9 g/cm ³	1.8 / 1.9 g/cm ³	1.8 / 1.9 g/cm ³
Angolo di resistenza al taglio (ϕ)	22 (°)	20 (°)	29 (°)	32 (°)
Coesione (cu) kg/cm ²	0	0.05	0	0
Densità relativa Dr(%)	30		40	60

Peso di Volume naturale: è stata utilizzata la correlazione di Mayerhof confrontata con i valori proposti in letteratura per i terreni di analoga natura stratigrafica e origine.

Densità relativa (Dr): per la stima della Densità Relativa è stata utilizzata la correlazione fornita da Gibbs e Holtz, ottenuto mediante la relazione tra la resistenza alla penetrazione e la pressione verticale efficace.

Angolo di attrito (ϕ): i dati sono stati elaborati utilizzando il metodo Road Bridge Specification $\phi = \sqrt{(15 \text{ NSPT})} + 15$



8. Categoria del suolo di fondazione

Ai fini della definizione della azione sismica di progetto, deve essere valutata l'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie, mediante studi specifici di risposta sismica locale.

In assenza di specifiche analisi si può fare riferimento ad un approccio semplificato che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento, identificate sulla scorta dei dati della velocità media delle onde sismiche di taglio VS ovvero sul numero medio di colpi NSPT ottenuti dalle prove penetrometriche dinamiche

categorie del suolo di fondazione	
A	A - <i>Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi</i> caratterizzati da valori di Vs30 superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m.
B	B - <i>Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti</i> , con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica media NSPT > 50, o coesione non drenata media $c_u > 250$ kPa).
C	C - <i>Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza</i> , con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di Vs30 compresi tra 180 e 360 m/s ($15 < NSPT < 50$, $70 < c_u < 250$ kPa).
D	D - <i>Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti</i> , caratterizzati da valori di Vs30 < 180 m/s (NSPT < 15, $c_u < 70$ kPa).
E	E - <i>Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali</i> , con valori di Vs30 simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con Vs30 > 800 m/s.

categorie aggiuntive di sottosuolo	
A	S1 - Terreni che includono uno strato di almeno 10 m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità ($PI > 40$) e contenuto di acqua, con $10 < c_u < 20$ kPa e caratterizzati da valori di Vs30 < 100 m/s.
B	S2 - Terreni soggetti a liquefazione, argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti.



Sulla base delle indagini effettuate e tenendo conto delle indicazioni fornite dallo studio geologico di supporto al PGT l'area in esame rientra nella categoria di suolo C.

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 Vs30 compresi tra 180 e 360 m/s ($15 < \text{NSPT} < 50$, $70 < \text{cu} < 250$ kPa).



9. Analisi del rischio sismico

Le particolari condizioni geologiche e geomorfologiche di un'area possono influenzare, in occasione di eventi sismici, la pericolosità sismica di base producendo effetti diversi da considerare nella valutazione generale.

Le caratteristiche della zona possono in sostanza generare due tipologie di effetti

Amplificazione sismica locale: riguardano le modifiche di ampiezza, durata, e frequenza di un evento sismico durante l'attraversamento delle onde sismiche degli strati di terreno sovrastanti il substrato. Tali amplificazioni possono essere legate alla topografia della zona, morfologie articolate ed irregolari, ed alle caratteristiche litologiche del sito, morfologie sepolte, corpi lenticolari etc.

Effetti di instabilità: interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento instabile o potenzialmente instabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese per esempio versanti instabili, pareti con caduta massi etc.

Con l'OPCM n. 3274 del 20 marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" è stata formulata una nuova classificazione sismica del territorio nazionale articolata in n.4 zone di pericolosità decrescente recentemente aggiornata per la Regione Lombardia.

Il territorio di Castellanza è inserito in **ZONA 4** (confermato anche nel recente aggiornamento delle zone sismiche che entrerà in vigore a partire dal 15 ottobre 2015) di cui si forniscono le caratteristiche:

zona	accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10 % in 50 anni [a_g/g]	accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) [a_g/g]
1	> 0,25	0,35
2	0,15-0,25	0,25
3	0,05-0,15	0,15
4	< 0,05	0,05

Di seguito si riportano i valori dello spettro di risposta elastico delle componenti orizzontali e verticale in funzione della categoria del suolo di fondazione.



componente orizzontale				
Categoria di suolo	S	T _B	T _C	T _D
A	1.00	0.15	0.40	2.00
B-C-E-	1.25	0.15	0.50	2.00
D	1.35	0.20	0.80	2.00

componente verticale				
Categoria di suolo	S	T _B	T _C	T _D
A-B-C-E	1.00	0.05	0.15	1.00

L'area in esame ed il suo intorno non sono caratterizzate da morfologie particolari o irregolarità topografiche tali da indurre amplificazioni sismiche, tuttavia particolare attenzione deve essere rivolta alla verifica del possibile innesco della liquefazione del terreno.

Tale fenomeno consiste nella diminuzione della resistenza del terreno a seguito del raggiungimento delle condizioni di fluidità, la perdita totale di resistenza viene raggiunta quando la pressione dell'acqua interstiziale eguaglia la pressione di confinamento.

Di seguito si riporta la verifica del possibile innesco del fenomeno. I calcoli vengono sviluppati considerando una soggiacenza di -1 m dal p.c., utilizzando il metodo di Seed & al. (1985) secondo cui la resistenza alla liquefazione può essere stimata con la seguente formula:

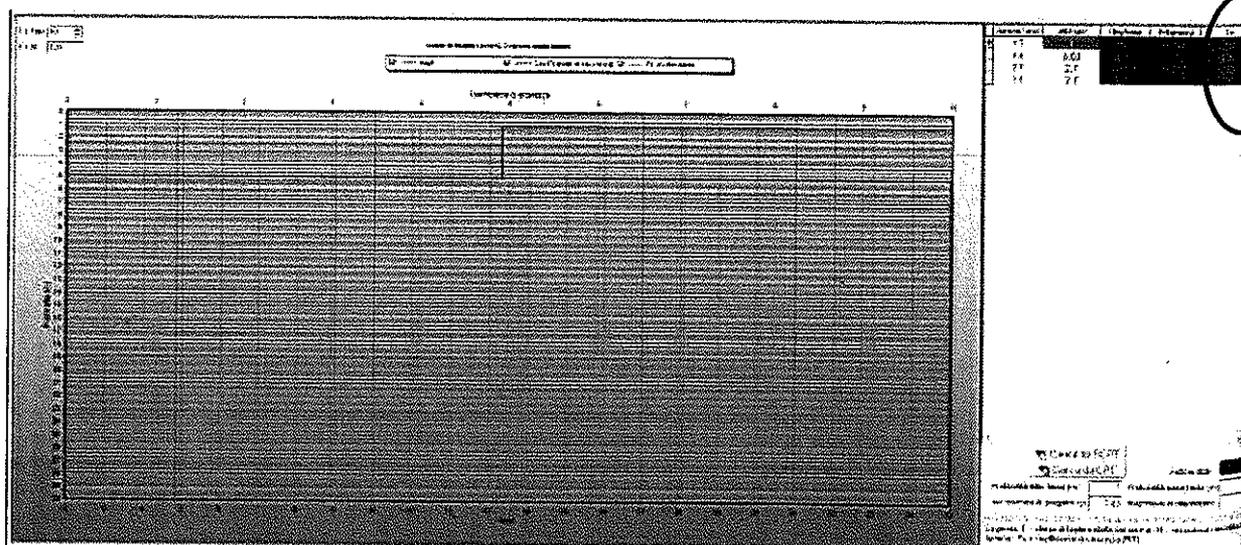


Figura 13 Verifica liquefazione



$$R = Na/90 \text{ con: } Na = N_{spr} \left(\frac{1.7}{\sigma_v + 0.7} \right) + N_1$$

σ_v (kg/cmq) = pressione verticale efficace;

N_1 = 0 se d_{50} (mm) > 0.25, 7.5 se d_{50} (mm) ≤ 0.25.

Viene considerato non liquefacibile un deposito in cui sia $F_s > 1.3$.

Le unità presenti evidenziano valori superiori alle soglie di rischio.



10. Componente geologico applicativa del progetto

L'area in esame non risulta interessata da processi di dinamica geomorfologica e non presenta evidenze di dissesto.

La maggiore criticità è rappresentata dalla zona ad elevato rischio idraulico ubicata nella zona nord ovest dell'area e identificata in classe di fattibilità geologica 4.

Questa area non sarà oggetto di realizzazione di alcuna opera.

Per ciò che attiene alle zone ad elevato rischio idraulico ricadenti in classe di fattibilità 3a il progetto prevede la sopraelevazione del piano di calpestio al di sopra della quota di massima inondazione.

Nell'area in esame il sottosuolo è composto da depositi di piana alluvionale litologicamente riconducibili a sabbie e sabbie limose, limi ed argille, con locali intercalazioni di corpi ghiaiosi fino alla profondità di 6 - 10 m dal p.c.

Più in profondità si rinvengono ghiaie e sabbie in matrice limosa.

La falda freatica presenta una soggiacenza media di circa 27 m dal p.c., ma è stata rilevata, nella fascia nord ovest prospiciente l'Olonza, una falda superficiale avente modesta estensione laterale con soggiacenza media di circa 1.0 m.

Della presenza di questa matrice si dovrà tenere conto sia per la realizzazione di eventuali opere interrato o semi-interrato, che dovranno essere adeguatamente impermeabilizzate, sia per la gestione delle acque meteoriche delle coperture che non potranno essere disperse nel sottosuolo.

A questo proposito si specifica che, anche nelle altre porzioni del sito non interessate dalla presenza di falde superficiali, i terreni non presentano ottimali caratteristiche rispetto al potere disperdente, in particolare la fascia superficiale, fino a -4/5.0 m dal p.c., risulta inadatta mentre a maggiori profondità è stata riscontrata una modesta permeabilità.

Qualora la realizzazione degli edifici dovesse comportare attività di sbancamento il materiale da scavo dovrà essere gestito in conformità a quanto previsto dall'art. 41 bis L. 98/2013 o alternativamente dovrà essere gestito come rifiuto.

Le verifiche della portanza dei terreni sono state condotte in condizioni statiche e dinamiche considerando gli Stati limite.



10.1 Valutazione della portanza del terreno

Il calcolo viene eseguito in condizioni a lungo termine, considerando i parametri geotecnici riportati nel paragrafo "Modello geotecnico del sottosuolo", inoltre è stato considerato (nelle condizioni statiche) il carico assiale e il momento agente sulla base d'appoggio nullo. Il Peso di volume del terreno è stato valutato pari a $\gamma = 1800 \text{ g/cm}^3$.

Le verifiche vengono condotte agli stati limite, considerando le specifiche di cui al D.M. 14/01/2008 l'approccio II.

Come modello di calcolo è stata utilizzata la formula di Brich Hansen modificato:

$$Q_{amm} = (c N_c + D G N_q + 0,5 \gamma B N_g) / 3 + s_{vn}$$

Q_{lim} = carico limite, espresso in Kg/cm²;

c = coesione del terreno di fondazione, espressa in Kg/cm²;

D = distanza minima tra il piano di fondazione e la superficie delle pavimentazioni oppure del giardino, espressa in cm;

γ = peso di volume del terreno, espresso in g/cm³;

B = larghezza della fondazione, espressa in cm;

N_c, *N_q*, *N_g* = fattori di capacità portante calcolati in funzione dell'angolo di resistenza al taglio del terreno.

s_{vn} = stato tensionale alla profondità di posa delle fondazioni.

Come tipologia di fondazione è stata considerata la fondazione superficiale a plinto, verificando dimensioni diverse.

Qualora si dovessero prevedere dimensioni o geometrie differenti di fondazione si provvederà all'aggiornamento dei calcoli.

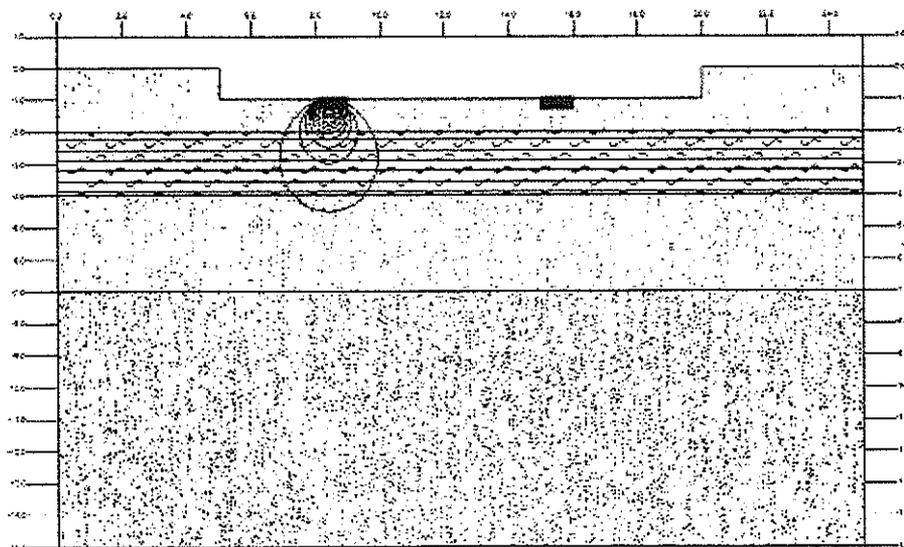


Fig. 14 Modello geotecnico

Di seguito si riportano le quote considerate per l'imposta delle fondazioni.



Portanza delle fondazioni Plinto	
B	Portanza kg/cm ²
1.0 m	0.36
1.2 m	0.43
1.4 m	0.49
1.6 m	0.52
1.8 m	0.57
2.0 m	0.6

I valori di portanza risultano estremamente bassi e difficilmente compatibili con la realizzazione delle opere.

Stante quanto rilevato si ritiene necessario prevedere un intervento di consolidamento o l'utilizzo di fondazioni profonde.

Per ciò che attiene al consolidamento si propone la sostituzione del terreni di fondazione con materiale granulare costipato eventualmente additivato con leganti.

A titolo esemplificativo si riporta di seguito il calcolo della portanza eseguito successivamente alla sostituzione del materiale con posa di ghiaia costipata a cui è stato attribuito un angolo di attrito di 35°.

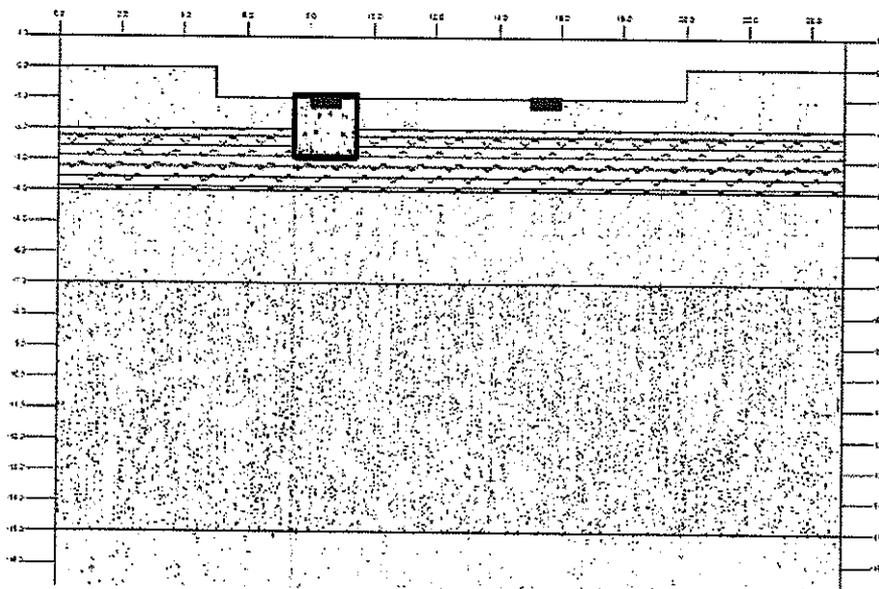


Fig. 15 Modello geotecnico con consolofamento

Di seguito si riportano i calcoli della portanza con il materiale sostituito.

Portanza delle fondazioni Plinto (materiale sostituito)	
B	Portanza kg/cm ²
1.0 m	1.63
1.2 m	1.76
1.4 m	1.72
1.6 m	1.70
1.8 m	1.68
2.0 m	1.63

La portanza diminuisce con l'aumentare della dimensione della fondazione perché aumenta il bulbo di pressione che progressivamente va ad interessare i terreni profondi maggiormente scadenti.

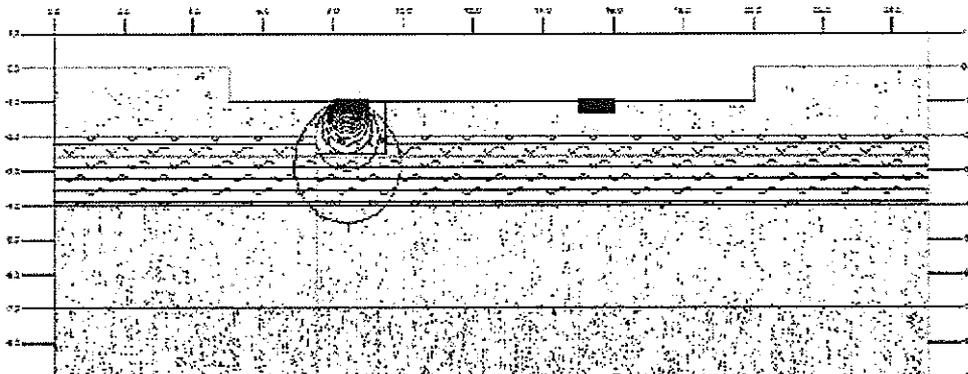


Fig. 16 Bulbo di pressione

Le valutazioni sopra riportate sono state sviluppate considerando condizioni insature del terreno. Si sottolinea tuttavia che l'edificio residenziale verrà realizzato in zona interessata dalla falda superficiale sostanzialmente coincidente con il piano di posa della fondazione. In queste condizioni la portanza del terreno (anche con il consolidamento prospettato) si riduce a 1.0 kg/cm².

Per la verifica in condizioni dinamiche sono stati utilizzati i dati di pericolosità sismica locale desunti con il software ACCA.

EdiLus-MS è il software ACCA per individuare la pericolosità sismica di tutti le località italiane direttamente dalla mappa. Basta introdurre una società e segnalare sul sito chi è interessata e saranno automaticamente tutti i parametri di pericolosità sismica.

Autore: Ugo Di Lorenzo, I.T.C. Merlino Sella

Via Giacomo Barilanti, 6, 21053 Castelfranco VA, Italia

Cerca

Immissione (WGS84): 45.60308613
 Immissione (WGS84): 8.50655648
 Latitudine (ED50): 45.610073
 Longitudine (ED50): 8.507629

Azione (m):
 Classe del edificio:
 (a) Costruzioni il cui uso prevede normali affollamenti:
 Velocità massima Struttura: 50
 Periodo di riferimento per l'azione sismica:

Parametri di pericolosità sismica

Stato Libero	T _c (anni)	a _g (g)	P ₀ (%)	P _c (%)
Operativa	30	0.015	2.500	0.5
Danno	50	0.012	2.500	0.5
Categoria IV	475	0.009	2.500	0.2
Prevenzione Collasso	975	0.007	2.500	0.3

Fonte: Circolazione di lavoro di EdiLus-MS

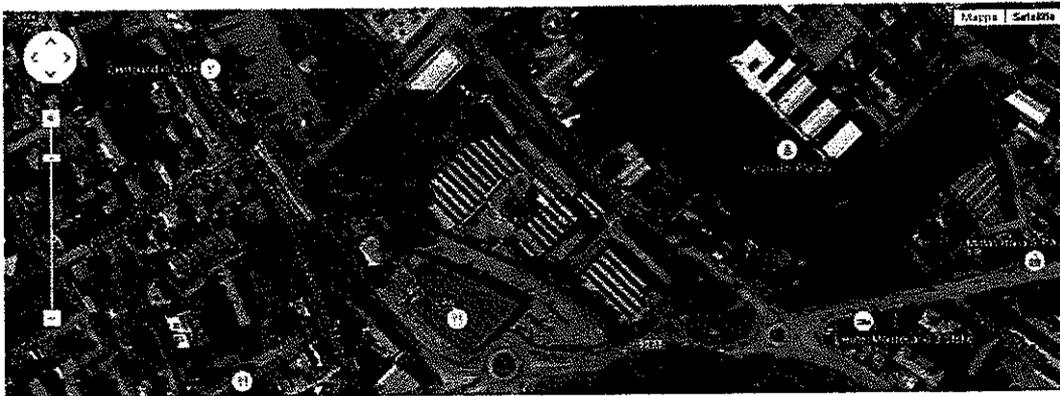


Fig. 17 Pericolosità sismica di base

Accelerazione sismica orizzontale	0.047 g
Categoria topografica	T1
Categoria di suolo	B
Fattore di amplificazione spettrale	2.676
Periodo di inizio Velocità costante T _c (s)*	0.307

La valutazione degli effetti cinematici sulla fondazione è stata condotta utilizzando la formula di Paolucci e Pecker con l'introduzione del k_{hk} , coefficiente sismico orizzontale riferito al piano di posa delle fondazioni.

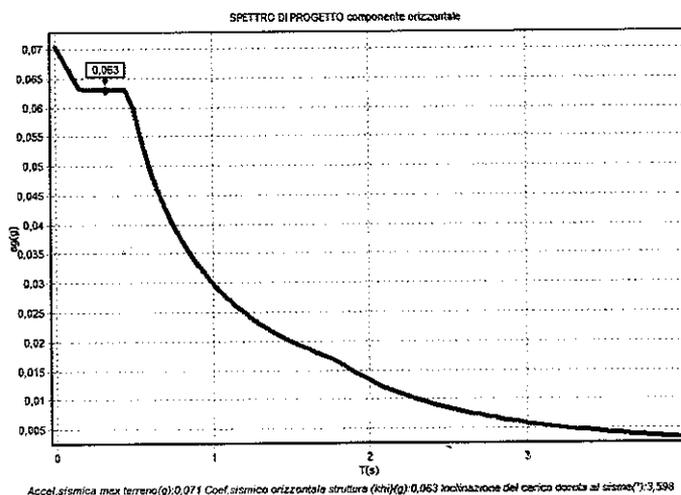


Fig. 18 Spettro sismico dell'opera



k_{hk}	0.14
Inclinazione del carico dovuto al sisma	3.5°

Stato limite ultimo (approccio II) condizioni dinamiche

Portanza delle fondazioni Plinto (materiale sostituito)	
B	Portanza kg/cm ²
1.0 m	1.47
1.2 m	1.59
1.4 m	1.55
1.6 m	1.54
1.8 m	1.53
2.0 m	1.52

10.2 Valutazione dei cedimenti

La valutazione dei cedimenti indotti dai carichi applicati è stata eseguita con il Metodo di Burland e Burbridge che permette di calcolare il cedimento immediato e secondario di una fondazione direttamente dai dati di una prova penetrometrica dinamica.

Il calcolo viene eseguito secondo la seguente espressione:

$$Stot = F_s \times F_h \times [P_f \times (B^{0.7}) \times (l_c / 3) + (Q - P_f) \times (B^{0.7}) \times l_c] \times F_t;$$

in cui: $F_t = 1 + R_3 + R_0 \times \text{Log}(T / 3)$;

dove $R_3=0.3$ e $R_0=0.2$ per carichi statici,

dove $R_3=0.7$ e $R_0=0.8$ per carichi dinamici,

T =anni di calcolo del cedimento secondario(maggiore di 3);

$$F_s = [1.25 \times (L / B) / (L / B + .25)]^2;$$

l_c =fattore che tiene conto della probabilità che il cedimento reale superi quello calcolato; viene calcolato come segue:

$l_{c50} = 1.706 / (N_{spt})^{1.4}$ (probabilità del 50% che il cedimento reale non superi quello calcolato) con N_{spt} =numero di colpi medio dello strato;

$l_{c2} = 5.47 / (N_{spt})^{1.4}$ (probabilità del 2% che il cedimento reale non superi quello calcolato);

P_f =pressione efficace al piano di posa della fondazione;

Q =carico applicato alla fondazione;

B =lato corto della fondazione.

F_h = fattore che tiene conto dello spessore dello strato maggiormente compressibile (S_p); è dato da:

$F_h=1$ se $S_p \geq Z_i$;

$F_h = (S_p / Z_i) \times (2 - (S_p / Z_i))$ se $S_p < Z_i$ con

$$Z_i = 1.025 + .4286 \times B - 9.91 \times 10^{-4} \times B^2$$



Il cedimento è stato calcolato considerando un carico sul plinto pari a 1.25 kg/cm^2 .

Cedimento Plinto di fondazione (mm)		
B	Cedimento mm	Carico previsto
1.0	7.2	1.25 kg/cm^2
1.2	8.4	1.25 kg/cm^2
1.4	9.5	1.25 kg/cm^2
1.6	10.6	1.25 kg/cm^2
1.8	11.5	1.25 kg/cm^2
2.0	12.5	1.25 kg/cm^2

I cedimenti massimi indotti dal carico sono stati riscontrati per il plinto avente 2.0 m di lato e risultano di poco superiori al centimetro.

Considerate tuttavia le scadenti caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione saranno da valutare con attenzione le possibili problematiche di cedimento differenziale con particolare riferimento alle zone con disomogenea o concentrata distribuzione dei carichi.

11. Conclusioni

La presente relazione è stata redatta su incarico della Società Cantoni I.T.C. S.p.A relativamente al proprio stabilimento (Divisione Peplos) di Via Giacomo Bettinelli, 8 Castellanza (VA) interessato da un Piano attuativo con riconversione urbanistica da industriale a commerciale e, in parte, residenziale

Il sito risulta interessato nella zona nord ovest da elevato rischio idraulico identificato nella fattibilità geologica in classe 4 che comporta l'inedificabilità.

Per ciò che attiene alle zone ad alto rischio idraulico ricadenti in classe di fattibilità 3a il progetto prevede la sopraelevazione del piano di calpestio al di sopra della quota di massima inondazione.

Nell'area in esame il sottosuolo è composto da depositi di piana alluvionale litologicamente riconducibili a sabbie e sabbie limose, limi ed argille, e, al di sotto dei 4/5 m dal p.c. ghiaie e sabbie in matrice limosa.

La falda freatica presenta una soggiacenza media di circa 27 m dal p.c., ma è stata rilevata, nella fascia nord ovest prospiciente l'Olonza, una falda superficiale avente modesta estensione laterale con soggiacenza media di circa 1.0 m.

Della presenza di questa matrice si dovrà tenere conto sia per la realizzazione di eventuali opere interrato o semi-interrato, che dovranno essere adeguatamente impermeabilizzate, sia per la gestione delle acque meteoriche delle coperture che non potranno essere disperse nel sottosuolo.

A questo proposito si specifica che, anche nelle altre porzioni del sito non interessate dalla presenza di falde superficiali, i terreni non presentano ottimali caratteristiche rispetto al potere disperdente, in particolare la fascia superficiale, fino a -5.0 m dal p.c., risulta inadatta mentre a maggiori profondità è stata riscontrata una modesta permeabilità.

Le verifiche della portanza dei terreni sono state condotte in condizioni statiche e dinamiche considerando gli Stati limite.

Come tipologia di fondazione è stata considerata una fondazione superficiale a plinto, verificando dimensioni diverse.

I valori di portanza risultano estremamente bassi (0.6 kg/cm² per plinti con lato di 2.0 m) e difficilmente compatibili con la realizzazione delle opere.

Stante quanto rilevato si ritiene necessario prevedere un intervento di consolidamento o l'utilizzo di fondazioni profonde.

Per ciò che attiene al consolidamento si propone la sostituzione dei terreni di fondazione con materiale granulare costipato eventualmente additivato con leganti.



Attuando interventi di consolidamento i cedimenti indotti dai carichi risultano compatibili con la realizzazione delle opere.

Considerate tuttavia le scadenti caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione saranno da valutare con attenzione le possibili problematiche di cedimento differenziale con particolare riferimento alle zone con disomogenea o concentrata distribuzione dei carichi.

Pz.1

Ubicazione: Vai Bettinelli Comune di Morbegno (SO)

Profondità: 4.0 m dal p.c.

Quota: 206 m slm

STRATIGRAFIA	DESCRIZIONE	CAMPIONI	COSTRUTTIVO	PROVE
p.c.	Soletta			Acqua non presente nel piezometro
0.3	Riporto con sabbia, ciottoli e residui di demolizione		diam. 3'	
1.0				
1.7				
2.0				
3.0	Argilla sabbiosa grigio scura			
4.0				



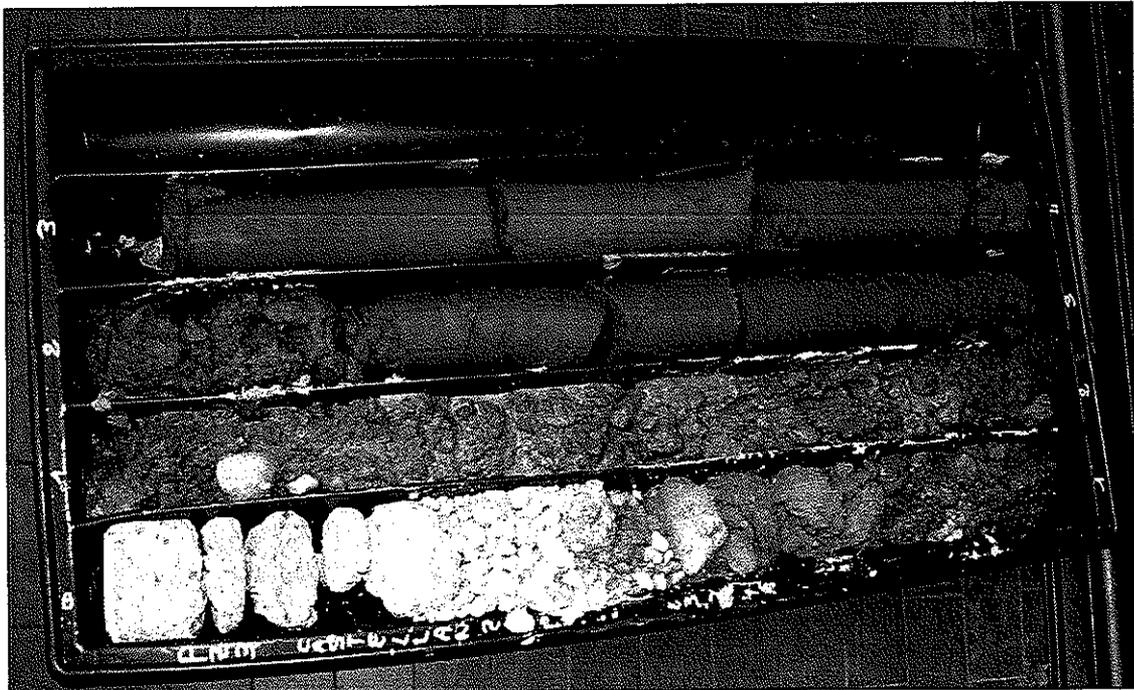
Pz.3

Ubicazione: Vai Bettinelli Comune di Morbegno (SO)

Profondità: 4.0 m dal p.c.

Quota: 206 m slm

STRATIGRAFIA	DESCRIZIONE	CAMPIONI	COSTRUTTIVO	PROVE
<p>p.c.</p> <p>0.3</p> <p>1.0</p> <p>2.0</p> <p>3.0</p> <p>4.0</p>	Soletta		diam. 3'	Acqua non presente nel piezometro
	Riporto con sabbia, ciottoli e residui di demolizione			
	Argilla sabbiosa grigio scura			



Pz.4

Ubicazione: Vai Bettinelli Comune di Morbegno (SO)

Profondità: 4.0 m dal p.c.

Quota: 205 m slm

STRATIGRAFIA	DESCRIZIONE	CAMPIONI	COSTRUTTIVO	PROVE
	<p>Riperto con sabbia, ciottoli e residui di demolizione</p>		<p>diam. 3'</p> <p>L.S. -1.5 m</p>	
	<p>Limo con sabbia e ciottoli</p>			
	<p>Argilla sabbiosa con ciottoli</p>			
	<p>Ghiaia in abbondante matrice limosa fortemente pigmentata</p>			
<p>Argilla sabbiosa</p>				



Pz.5

Ubicazione: Vai Bettinelli Comune di Morbegno (SO)

Profondità: 4.0 m dal p.c.

Quota: 205 m slm

STRATIGRAFIA	DESCRIZIONE	CAMPIONI	COSTRUTTIVO	PROVE
p.c.				
0.3	Soletta		diam. 3' L.S. -0.4 m	
1.0	Ghiaia in matrice limosa fortemente pigmentata			
2.0				
2.7				
3.0	Argilla sabbiosa con ciottoli			
4.0				



Pz.6

Ubicazione: Vai Bettinelli Comune di Morbegno (SO)

Profondità: 4.0 m dal p.c.

Quota: 205 m slm

STRATIGRAFIA	DESCRIZIONE	CAMPIONI	Costruttivo	PROVE
p.c.				
0.2	Soletta		diam. 3'	
1.0	Riporto con frammenti di demolizione e ciottoli fortemente pigmentati			
1.2			L.S. -1.3 m	
2.0	Ghiaia limosa pigmentata viola con frammenti di cls			
3.0	Sabbia argillosa			
3.3				
4.0	Argilla sabbiosa			



Pz.7

Ubicazione: Vai Bettinelli Comune di Morbegno (SO)

Profondità: 4.0 m dal p.c.

Quota: 205 m slm

STRATIGRAFIA	DESCRIZIONE	CAMPIONI	COSTRUTTIVO	PROVE
p.c. 1.0 2.0 3.0 4.0	<p>Riparto con frammenti di demolizione e ciottoli for</p> <p>Ghiaia e sabbia in abbondante matrice limosa</p> <p>Ghiaia e sabbia grossolana</p>		diam. 3' L.S. -1.1 m	



Pz.8

Ubicazione: Vai Bettinelli Comune di Morbegno (SO)

Profondità: 4.0 m dal p.c.

Quota: 206 m slm

STRATIGRAFIA	DESCRIZIONE	CAMPIONI	COSTRUTTIVO	PROVE
<p>p.c.</p> <p>0.2</p> <p>1.0</p> <p>2.0</p> <p>3.0</p> <p>4.0</p>	Soletta		<p>diam. 3'</p>	<p>Acqua non presente nel piezometro</p>
	Riparto con frammenti di demolizione pigmentato rossastro			
	Sabbia e ghiaia in abbondante matrice limosa			
	Argilla sabbiosa			



Pz.10

Ubicazione: Vai Bettinelli Comune di Morbegno (SO)

Profondità: 4.0 m dal p.c.

Quota: 206 m slm

STRATIGRAFIA	DESCRIZIONE	CAMPIONI	COSTRUTTIVO	PROVE
p.c.				
0.2	Soletta		diam. 3'	Acqua non presente nel piezometro
1.0	Riporto con frammenti di demolizione			
1.8				
2.0	Argilla sabbiosa grigia			
3.0				
4.0				



ANALISI GRANULOMETRICA

Raccomandazioni A.G.I.

Committente: **Dr. Fassini**

Località: **Castellanza (Va)**

Data emissione: **12/08/15**

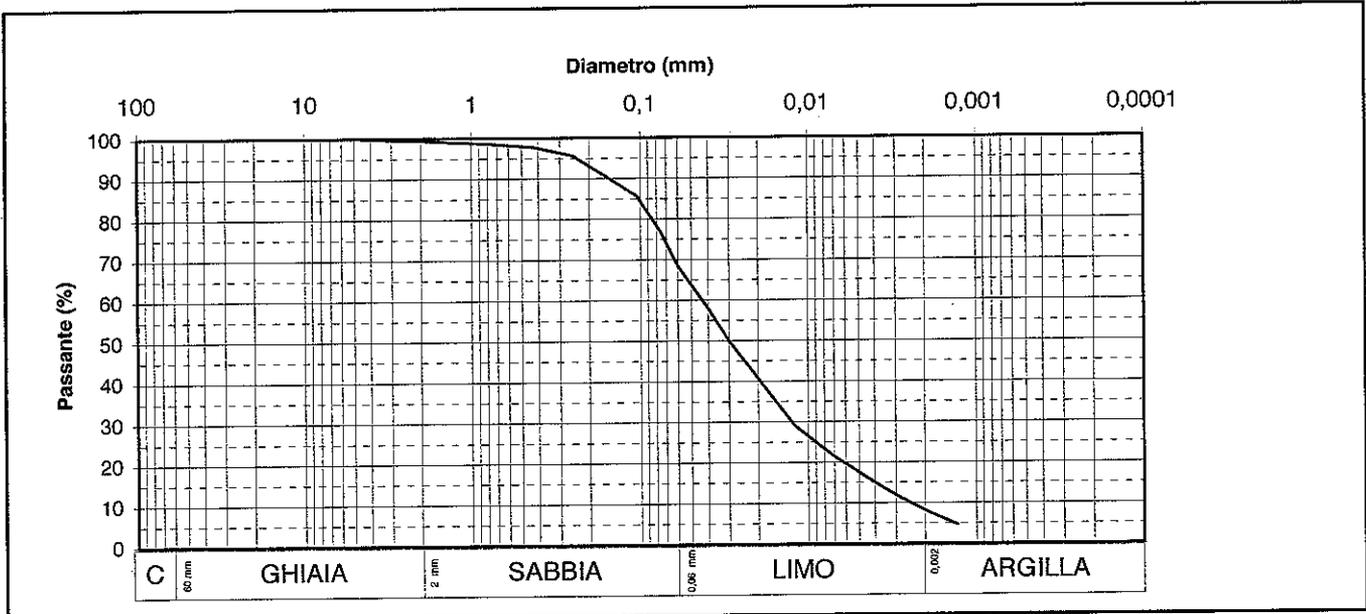
Provenienza: **sondaggio Pz S2**

Campione n°: **C1**

Profondità: **2,6 - 3,0 m**

Rapporto di Prova n°: **260/15GD**

Sperimentatore: **dr. M.Bertasa**



SETACCIATURA				AEROMETRIA		LIMITI DI ATTERBERG		
diametro mm	% cumulativa trattenuto	% cumulativa passante	% trattenuto	diametro equivalente	% cumulativa passante	ASTM D 4318		
75	0,00	100,00	0,00	0,060	68,41	L.L. %	24,62	Limite Liquido
37,5	0,00	100,00	0,00	0,040	57,98	L.P. %	18,13	Limite Plastico
19,0	0,00	100,00	0,00	0,030	49,86	I.P. %	6,49	Indice di plasticità
4,75	0,00	100,00	0,00	0,020	40,58	Wn %	23,99	umidità camp.
2,00	0,63	99,37	0,63	0,012	28,99			
0,85	1,26	98,74	0,64	0,007	21,45			
0,43	2,27	97,73	1,00	0,0045	16,23			
0,25	4,40	95,60	2,13	0,0029	11,60			
0,105	14,33	85,67	9,93	0,0020	8,12			
0,075	23,47	76,53	9,14	0,0013	4,64			
< 0,075	100,00	0,00	76,53					

PARAMETRI			
COEFF. UNIFORMITA' U =	1,78E+01	PESO DI VOL. γ nat (gr/cm ³) =	SATURAZIONE % S ₀ =
COEFF. CURVATURA C =	1,53E+00	PESO DI VOL. γ sec (gr/cm ³) =	INDICE DEI VUOTI e _v =
COEFF. PERMEAB. (cm/sec) K =	5,29E-06	PESO DI VOL. γ sat (gr/cm ³) =	POROSITA' n =

CLASSE GRANULOMETRICA %	DIAMETRO mm
CIOTTOLI:	ϕ max 4
GHIAIA: 0,63	D ₆₀ 0,041
SABBIA: 30,96	D ₅₀ 0,03
LIMO: 60,30	D ₃₀ 0,012
ARGILLA: 8,12	D ₁₀ 0,0023

DENOMINAZIONE: **limo con sabbia debolmente argilloso**

CLASSIFICAZIONI:

NOTE: Campione rimaneggiato, in sacchetto - GRADO DI QUALITA' : Q2
L'umidità del campione calcolata in Laboratorio potrebbe non corrispondere a quella naturale in sito
presenza di rari frammenti millimetrici di laterizi

LABORATORIO ANALISI

L'ANALISTA

M. Bertasa

Laboratorio con sistema di gestione per la qualità
certificato da ente accreditato



ASACERT
SISTEMI INTEGRATI

Committente: **Dr. Fassini**

Località: **Casteliana (Va)**

Data: **12/08/15**

Provenienza: **sondaggio Pz S2**

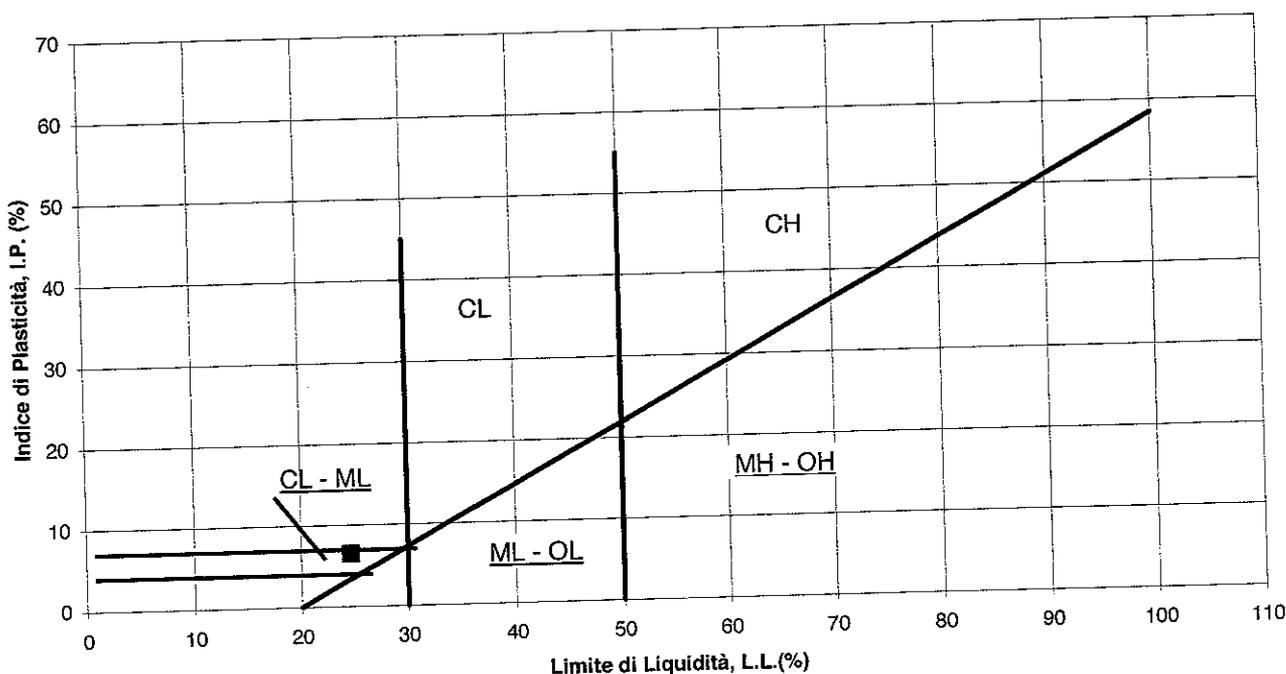
Campione n°: **C1**

Profondità: **2,6 - 3,0 m**

Rapporto di Prova n°: **260/15GD**

Sperimentatore: **dr. M. Bertasa**

CARTA DI PLASTICITA'



LIMITI DI ATTERBERG

L.L. %	LIMITE LIQUIDO	%	24,62
L.P. %	LIMITE PLASTICO	%	18,13
I.P. %	INDICE DI PLASTICITA'	%	6,49
Wn %	UMIDITA' CAMPIONE	%	23,99

LEGENDA:

■	CAMPIONE ANALIZZATO	=	CL - ML
ML	Limi inorganici, limi argillosi, sabbie molto fini limose		
OL	Limi organici e argille-limi organici di bassa plasticità		
CL	Argille inorganiche di media bassa plasticità; argille limosa sabbiose o ghiaiose		
MH	Limi inorganici, limi argillosi,		
CH	Argille inorganiche di alta plasticità		
OH	Argille organiche e argille limose di media-alta plasticità		

LABORATORIO ANALISI

L'ANALISTA

M. Bertasa

Laboratorio con sistema di gestione per la qualità
certificato da ente accreditato



ASACERT
ISTITUTO ITALIANO



ANALISI GRANULOMETRICA

Raccomandazioni A.G.I.

Committente: Dr. Fassini

Località: Castellanza (Va)

Data emissione: 12/08/15

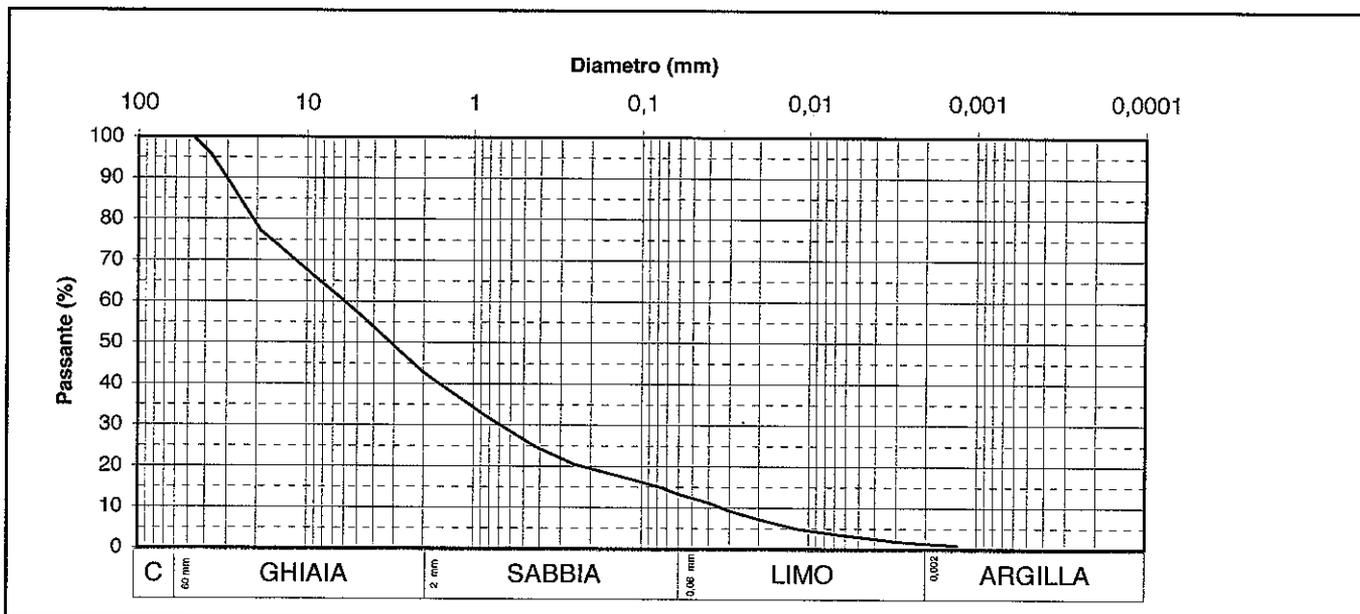
Provenienza: sondaggio Pz S2

Campione n°: C2

Profondità: 6,0 m

Rapporto di Prova n°: 261/15GD

Sperimentatore: dr. M.Bertasa



SETACCIATURA			AEROMETRIA		LIMITI DI ATTERBERG		
diametro mm	% cumulativa trattenuto	% cumulativa passante	% trattenuto	diametro equivalente	% cumulativa passante	ASTM D 4318	
75	0,00	100,00	0,00	0,060	13,24	L.L. %	Limite Liquido
37,5	4,22	95,78	4,22	0,040	11,22	L.P. %	Limite Plastico
19,0	22,83	77,17	18,62	0,030	9,20	I.P. %	Indice di plasticità
4,75	43,45	56,55	20,62	0,020	7,18	Wn %	8,48 umidità camp.
2,00	57,26	42,74	13,82	0,012	4,94		
0,85	67,73	32,27	10,46	0,007	3,59		
0,43	75,23	24,77	7,51	0,0045	2,69		
0,25	79,54	20,46	4,30	0,0029	1,80		
0,105	83,52	16,48	3,98	0,0020	1,35		
0,075	85,19	14,81	1,67	0,0013	0,90		
< 0,075	100,00	0,00	14,81				

PARAMETRI			
COEFF. UNIFORMITA' U =	1,88E+02	PESO DI VOL. γ nat (gr/cm ³) =	SATURAZIONE % S _o =
COEFF. CURVATURA C =	2,55E+00	PESO DI VOL. γ sec (gr/cm ³) =	INDICE DEI VUOTI e ₀ =
COEFF. PERMEAB. (cm/sec) K =	1,02E-03	PESO DI VOL. γ sat (gr/cm ³) =	POROSITA' n =

CLASSE GRANULOMETRICA %	DIAMETRO	mm
CIOTTOLI:	ϕ max	47,3
GHIAIA :	D ₆₀	6
SABBIA :	D ₅₀	3,1
LIMO :	D ₃₀	0,7
ARGILLA :	D ₁₀	0,032

DENOMINAZIONE : **ghiaia con sabbia limosa**

CLASSIFICAZIONI:

NOTE: Campione rimaneggiato, in sacchetto - GRADO DI QUALITA' : Q2
L'umidità del campione calcolata in Laboratorio potrebbe non corrispondere a quella naturale in sito

LABORATORIO ANALISI
L'ANALISTA

M. Bertasa

Laboratorio con sistema di gestione per la qualità
certificato da ente accreditato



ASACERT
1572/2008



ANALISI GRANULOMETRICA

Raccomandazioni A.G.I.

Committente: Dr. Fassini

Località: Castellanza (Va)

Data emissione: 12/08/15

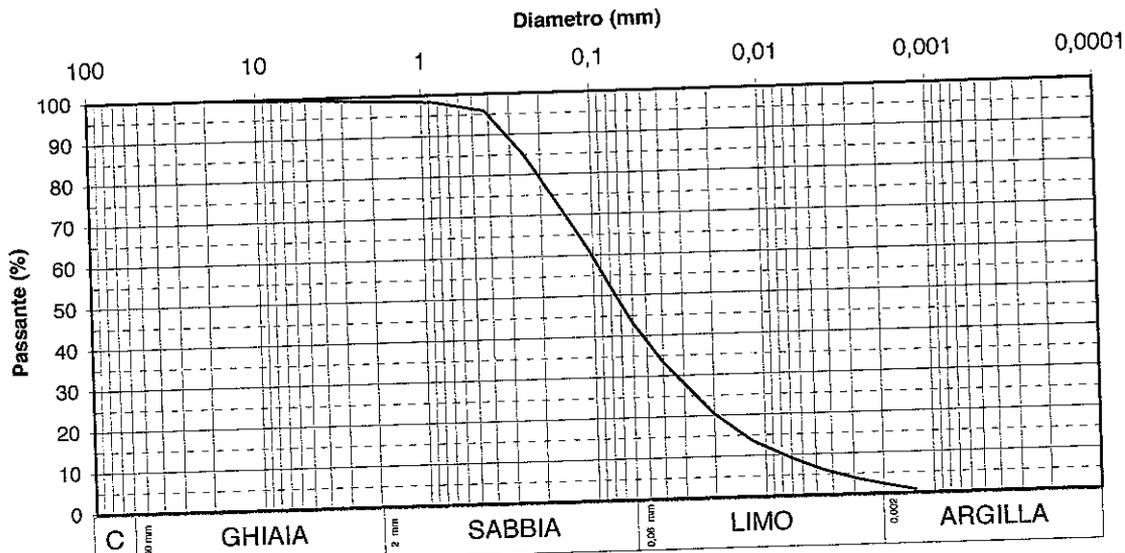
Provenienza: sondaggio Pz S9

Campione n°: C1

Profondità: 2,7 - 3,0 m

Rapporto di Prova n°: 262/15GD

Sperimentatore: dr. M. Bertasa



SETACCIATURA				AEROMETRIA		LIMITI DI ATTERBERG		
diametro mm	% cumulativa trattenuto	% cumulativa passante	% trattenuto	diametro equivalente	% cumulativa passante	ASTM D 4318		
75	0,00	100,00	0,00	0,060	43,09	L.L. %	25,90	Limite Liquido
37,5	0,00	100,00	0,00	0,040	33,26	L.P. %	21,33	Limite Plastico
19,0	0,00	100,00	0,00	0,030	27,97	I.P. %	4,57	Indice di plasticità
4,75	0,55	99,45	0,55	0,020	20,41	Wn %	10,21	umidità camp.
2,00	1,12	98,88	0,58	0,012	13,61			
0,85	1,74	98,26	0,62	0,007	9,07			
0,43	4,14	95,86	2,39	0,0045	6,05			
0,25	15,01	84,99	10,87	0,0029	3,78			
0,105	38,96	61,04	23,96	0,0020	2,27			
0,075	50,11	49,89	11,15	0,0013	0,76			
< 0,075	100,00	0,00	49,89					

PARAMETRI			
COEFF. UNIFORMITA' U = 1,28E+01	PESO DI VOL. γ nat (gr/cm ³) =	SATURAZIONE % S ₀ =	
COEFF. CURVATURA C = 1,31E+00	PESO DI VOL. γ sec (gr/cm ³) =	INDICE DEI VUOTI ϵ_0 =	
COEFF. PERMEAB. (cm/sec) K = 6,08E-05	PESO DI VOL. γ sat (gr/cm ³) =	POROSITA' n =	

CLASSE GRANULOMETRICA %	DIAMETRO	mm
CIOTTOLI:	ϕ max	47,3
GHIAIA :	D ₆₀	0,1
SABBIA :	D ₅₀	0,078
LIMO :	D ₃₀	0,032
ARGILLA :	D ₁₀	0,0078

DENOMINAZIONE : **sabbia con limo**

CLASSIFICAZIONI:

NOTE: Campione rimaneggiato, in sacchetto - GRADO DI QUALITA' : Q2
L'umidità del campione calcolata in Laboratorio potrebbe non corrispondere a quella naturale in sito
presenza di rari frammenti millimetrici di laterizi

LABORATORIO ANALISI
L'ANALISTA

M. Bertasa

Laboratorio con sistema di gestione per la qualità
certificato da ente accreditato



ASACERT
ISO 9001:2008

LIMITI DI ATTERBERG

ASTM D4318/95

Committente: Dr. Fassini

Località: Castellanza (Va)

Data: 12/08/15

Provenienza: sondaggio Pz S9

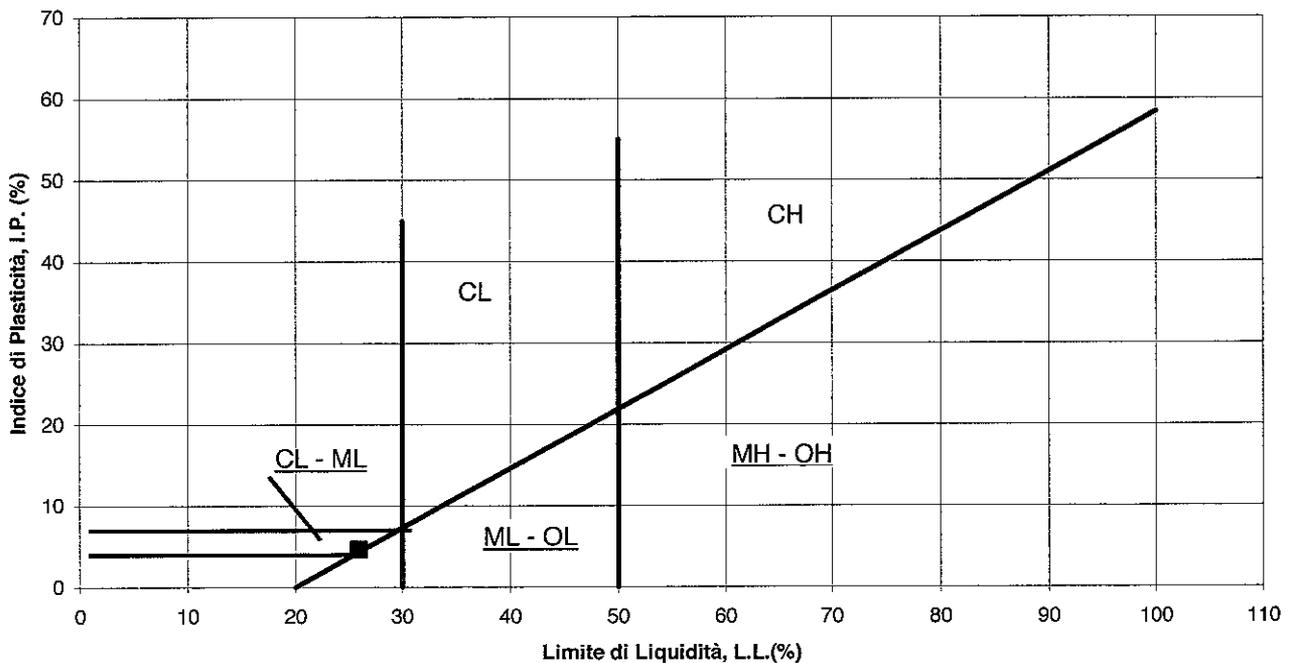
Campione n°: C1

Profondità: 2,7 - 3,0 m

Rapporto di Prova n°: 262/15GD

Sperimentatore: dr. M.Bertasa

CARTA DI PLASTICITA'



LIMITI DI ATTERBERG

L.L. %	LIMITE LIQUIDO	%	25,90
L.P. %	LIMITE PLASTICO	%	21,33
I.P. %	INDICE DI PLASTICITA'	%	4,57
Wn %	UMIDITA' CAMPIONE	%	10,21

LEGENDA:

- CAMPIONE ANALIZZATO = CL - ML
- ML Limi inorganici, limi argillosi, sabbie molto fini limose
- OL Limi organici e argille-limi organici di bassa plasticità
- CL Argille inorganiche di media bassa plasticità; argille limose sabbiose o ghiaiose
- MH Limi inorganici, limi argillosi,
- CH Argille inorganiche di alta plasticità
- OH Argille organiche e argille limose di media-alta plasticità

LABORATORIO ANALISI

L'ANALISTA

M. Bertasa

Laboratorio con sistema di gestione per la qualità
certificato da ente accreditato



ASACERT
ISO 9001:2008



ANALISI GRANULOMETRICA

Raccomandazioni A.G.I.

Committente: Dr. Fassini

Località: Castellanza (Va)

Data emissione: 12/08/15

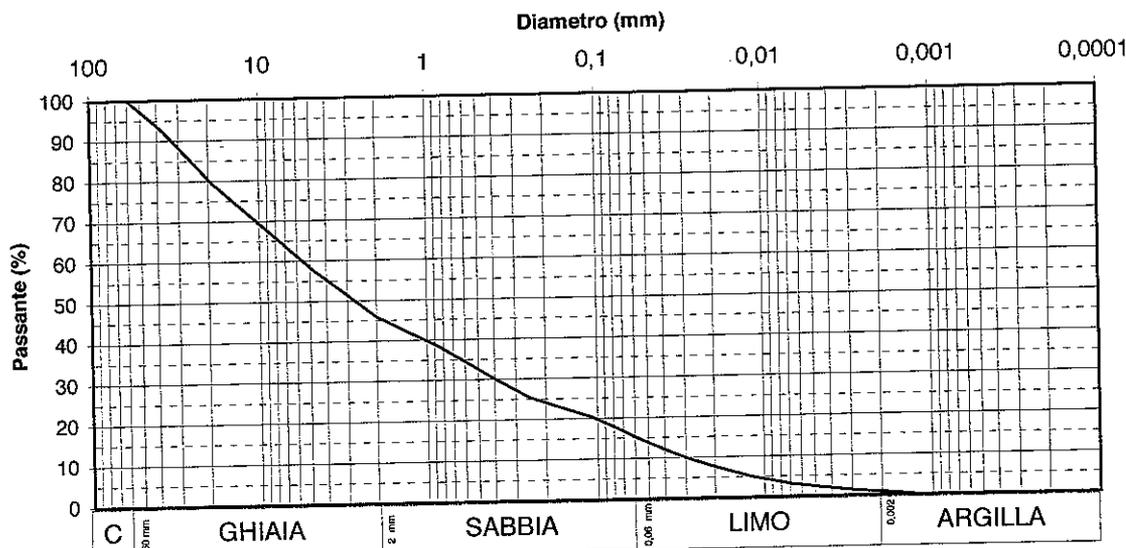
Provenienza: sondaggio Pz S9

Campione n°: C2

Profondità: 7,0 - 8,0 m

Rapporto di Prova n°: 263/15GD

Sperimentatore: dr. M. Bertasa



SETACCIATURA				AEROMETRIA		LIMITI DI ATTERBERG		
diametro mm	% cumulativa trattenuto	% cumulativa passante	% trattenuto	diametro equivalente	% cumulativa passante	ASTM D 4318		
75	0,00	100,00	0,00	0,060	15,21	L.L. %		Limite Liquido
37,5	7,32	92,68	7,32	0,040	12,06	L.P. %		Limite Plastico
19,0	20,60	79,40	13,28	0,030	9,96	I.P. %		Indice di plasticità
4,75	42,48	57,52	21,88	0,020	7,60	Wn %	6,19	umidità camp.
2,00	54,02	45,98	11,54	0,012	4,98			
0,85	61,73	38,27	7,70	0,007	3,15			
0,43	69,22	30,78	7,50	0,0045	2,10			
0,25	74,59	25,41	5,36	0,0029	1,31			
0,105	79,82	20,18	5,23	0,0020	0,79			
0,075	82,70	17,30	2,88	0,0013	0,26			
< 0,075	100,00	0,00	17,30					

PARAMETRI			
COEFF. UNIFORMITA' U =	1,90E+02	PESO DI VOL. γ nat (gr/cm ³) =	SATURAZIONE % S ₀ =
COEFF. CURVATURA C =	9,05E-01	PESO DI VOL. γ sec (gr/cm ³) =	INDICE DEI VUOTI e ₀ =
COEFF. PERMEAB. (cm/sec) K =	8,41E-04	PESO DI VOL. γ sat (gr/cm ³) =	POROSITA' n =

CLASSE GRANULOMETRICA %	DIAMETRO	mm
CIOTTOLI:	Φ max	59,6
GHIAIA :	D ₆₀	5,5
SABBIA :	D ₅₀	2,7
LIMO :	D ₃₀	0,38
ARGILLA :	D ₁₀	0,029

DENOMINAZIONE : ghiaia con sabbia limosa
 CLASSIFICAZIONI:

NOTE: Campione rimaneggiato, in sacchetto - GRADO DI QUALITA' : Q2
 L'umidità del campione calcolata in Laboratorio potrebbe non corrispondere a quella naturale in sito

LABORATORIO ANALISI
 L'ANALISTA

M. Bertasa

Laboratorio con sistema di gestione per la qualità
 certificato da ente accreditato



ASACERT
 ISO 9001:2008