

UFFICIO OPERATIVO DI MILANO

Via Taramelli 12, 20124 Milano

**MB-E-3 PROGETTAZIONE DEFINITIVA
 E REDAZIONE DEL PIANO OPERATIVO DI BONIFICA
 PER LA REALIZZAZIONE DI UN'AREA DI LAMINAZIONE
 PER LE PIENE DEL TORRENTE SEVESO
 NEI COMUNI DI PADERNO DUGNANO (MI) E VAREDO (MB)
 C.I.G.: 6574175CD2 C.U.P.: B57B15000390003**

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

RESPONSABILE PROGETTAZIONE GENERALE:
 DOTT. ING. FULVIO BERNABEI

PROGETTAZIONE IDRAULICA E STRUTTURALE:
 DOTT. ING. FULVIO BERNABEI
 DOTT. ING. STEFANO ADAMI
COORD. DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:
 DOTT. ING. LAURA GRILLI

GEOLOGIA E PROGETTAZIONE GEOTECNICA:
 PROF. GEOL. LAMBERTO LUCIANO GRIFFINI
 DOTT. ING. STEFANO GRIFFINI

PROGETTAZIONE PAESAGGISTICA E AMBIENTALE:
 DOTT. ING. MASSIMO SARTORELLI
 DOTT. MARIO PUZZI
 DOTT. STEFANIA TRASFORINI
 DOTT. CHIARA LUVIÈ
 DOTT. ANDREA SIBILIA

CONSULENZE SPECIALISTICHE
 ASPETTI PAESAGGISTICI E AMBIENTALI:
 PROF. ANGELO DAL SASSO
 PROF. GIUSEPPE CROSA

PIANO DI BONIFICA:
 PROF. GEOL. GIOVANNI PIETRO BERETTA
 DOTT. GEOL. MAURIZIO NESPOLI
 DOTT. ING. ADELIO PAGOTTO
 DOTT. GEOL. MONICA AVANZINI

DOTT. ING. PAOLO SANAVIA

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:
 DOTT. ING. LUIGI MILLE



MANDANTE: Ing. Paolo Sanavia

ELAB. N°

2

DATA GIUGNO 2017

COMMESSA N° 017/2016	REDATTO SM
CODICE COMMESSA DEFAIPOVAREDO	CONTROLLATO GS
NOME FILE	APPROVATO GL

Mod.7.3 F - Rev.01

REV.	DATA	DESCRIZIONE MODIFICA	REDATTO	CONTR.	APPR.
01	FEBB. 2019	REVISIONE A SEGUITO RAPPORTO DI VERIFICA			

INDICE

1	Premesse	2
2	Riferimenti	3
2.1	Normativa	3
2.2	Elaborati di progetto	3
2.3	Bibliografia	3
3	Modello geologico di riferimento	5
3.1	Caratteristiche geologico–geomorfologiche generali	5
3.2	Caratteristiche geologico-geomorfologiche di dettaglio	7
4	Modello idrogeologico di riferimento	9
5	Indagini geognostiche	11
5.1	Sequenza stratigrafica	13
5.2	Prove SPT	13
5.2.1	Densità relativa	16
5.2.2	Angolo di resistenza al taglio di picco	17
5.2.3	Modulo elastico secante E ₀₁	18
5.2.4	Modulo elastico secante E ₂₅	19
5.3	Prove di permeabilità	20
5.4	Indagini geofisiche	21
6	Modello geotecnico	24
6.1	Definizione unità geotecniche	24
6.2	Definizione parametri fisici e meccanici di progetto	25
6.2.1	Angolo di resistenza al taglio	25
6.2.2	Modulo elastico secante E ₀₁	26
6.2.3	Modulo elastico secante E ₂₅	26
6.2.4	Peso di volume	26
6.3	Livello piezometrico di progetto	27
7	Caratterizzazione sismica	28
7.1	Vita nominale, classi d'uso e periodo di riferimento delle opere	28
7.2	Pericolosità sismica	28
7.3	Categoria di sottosuolo e condizioni topografiche	29
7.4	Azione sismica di progetto	29

1 Premesse

La presente relazione illustra le caratteristiche geologiche, idrogeologiche, geotecniche e sismiche dell'area compresa fra i Comuni di Varedo e Paderno Dugnano interessata dal progetto definitivo *"Lavori di realizzazione di un'area di laminazione del torrente i comuni di Varedo (MB) e Paderno Dugnano (MI)"*.

La caratterizzazione geologica della zona di interesse è stata effettuata sulla base della documentazione scientifica esistente e sulla base dei risultati delle indagini integrative eseguite nel 2017 e riportate in maniera completa negli allegati della presente relazione.

In questo documento è riportata la caratterizzazione sito-specifica dell'area interessata dal progetto, effettuata in accordo con quanto riportato nelle norme tecniche per le costruzioni (rif.(1)) relativa a tutti gli aspetti rilevanti per il dimensionamento geotecnico delle opere.

2 Riferimenti

2.1 Normativa

- (1) Decreto Ministeriale 14.01.2008 – Norme Tecniche per le Costruzioni
- (2) Circolare 02.02.2009 n. 617 del Consiglio Sup. LL.PP. – Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2009

2.2 Elaborati di progetto

- (3) Elab.N.6 - Relazione geotecnica opere in terra
- (4) Tav.N.11A - Planimetria di ubicazione indagini geognostiche Lotto 1
- (5) Tav.N.11B - Planimetria di ubicazione indagini geognostiche Lotto 2
- (6) Tav.N.12 - Sezioni geologiche
- (7) Tav.N.13A - Sezioni geotecniche
- (8) Tav.N.13A - Sezioni geotecniche

2.3 Bibliografia

- (9) Aa.Vv. – "Carta geologica d'Italia alla scala 1:50000 – Foglio 118, Milano"
- (10) Aa.Vv. – "Carta geologica d'Italia alla scala 1:50000 – Foglio 118, Milano - Cartografia di sottosuolo"
- (11) Aa.Vv. – "Note illustrative della Carta geologica d'Italia alla scala 1:50000 – Foglio 118, Milano"
- (12) Regione Lombardia & ENI – "Geologia degli acquiferi padani della Regione Lombardia" – 2002
- (13) Città metropolitana di Milano – Sistema informativo falda (SIF) e sistema informativo ambiente (SIA): elaborazioni livelli di falda – banca dati acque sotterranee (catasto pozzi – livelli di falda)
- (14) Geo Sfera–Studio associato di geologia – "Città di Varedo (MB) – Variante generale al PGT – Componente geologica, idrogeologica e sismica (art.57 L.R. 12/2015 s.m.i.)" – Marzo 2016
- (15) Studio Idrogeotecnico associato – "Città di Paderno Dugnano (MI) – Componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio ai sensi della L.R. 12/2015 e s.m.i. e secondo i criteri della D.G.R. n.IX/2616/2011" – Marzo 2013
- (16) A.T.P. Etatec s.r.l., Studio Paoletti-Ingegneri associati, Beta studio s.r.l., Studio associato di geologia Spada, Dott. Ing. A. Barbon – "Area di laminazione del torrente Seveso - Comune di Varedo (MB), Paderno Dugnano (MI), Limbiate (MI) – Progetto preliminare" – Novembre 2015
- (17) Regione Lombardia – Geoportale della Regione Lombardia - <http://www.geoportale.regione.lombardia.it/>

- (18) Dott. Geol. M. Nespoli – “Comune di Paderno Dugnano, Comune di Varedo – Immobiliare SNIA s.r.l. – Aree esterne all’insediamento NYLSTAR già SNIA fibre – Progetto preliminare/definitivo ai sensi del D.M. 471/99 – Caratteristiche idrogeologiche del sito” – Agosto 2000
- (19) Ing. G. Gavagnin – “Comune di Varedo – NYLSTAR s.p.a. – Immobiliare SNIA sr.l., STABILIMENTO DI Varedo – Piano della caratterizzazione ai sensi del D.M. 471/99 – Relazione descrittiva delle attività di investigazione iniziale” – Ottobre 2003
- (20) Limgeo – “Comuni di Paderno Dugnano e Varedo, Provincia di Milano e Provincia di Monza Brianza – Lavori di caratterizzazione del settore H e delle vasche del settore D dell’area ex SNIA – Attività propedeutiche alla progettazione dell’area di laminazione per le piene del T.Seveso nei comuni di Paderno Dugnano (MI) e Varedo (MB)” – Ottobre 2016
- (21) Berardi R., Lancellotta R., "Stiffness of Granular Soils from Field Performance" ; 1991, Geotechnique
- (22) Berardi R., "Non linear elastic approaches in foundation design" ; 1999, Pre-Failure Deformation Characteristics of Geomaterials, Torino, Balkema
- (23) Skempton, A. W. (1986), "Standard penetration test procedures and the effects in sands of overburden pressure, relative density, particle size, ageing and overconsolidation". Geotechnique 36, n°2
- (24) Schmertmann, J.H. (1975), "Measurement of in situ shear strength, keynote lecture, Proceedings of the conference on in-situ measurement of soil properties", June 1-4, 1975, vol. II, American Society of Civil Engineers
- (25) Jamiolkowski M., Ghionna V.N., Lancellotta R., Pasqualini E. (1988) – “New correlations of penetration tests for design practice”, Proceedings of I International Symposium on Penetration Testing, ISOPT I, Orlando
- (26) EPRI EL-6800, “Manual on estimate Soil properties for foundation design” 1990

3 Modello geologico di riferimento

Nei paragrafi seguenti vengono sinteticamente riportate le caratteristiche geologiche-geomorfologiche generali della porzione di territorio compresa fra i comuni di Limbiate, Varedo e Paderno Dugnano, nonché le caratteristiche geologiche-geomorfologiche dell'area interessata dal progetto definitivo.

3.1 Caratteristiche geologico-geomorfologiche generali

Le aree comunali di Limbiate, Varedo e Paderno Dugnano sono caratterizzata dalla presenza di una successione sedimentaria depositi continentali di origine principalmente fluvioglaciale e subordinatamente fluviale, di età Pleistocenica-Olocenica (riff. (9), (10) e (11)).

Sulla base dei nuovi studi effettuati nell'ambito del progetto CARG, i depositi che caratterizzano la pianura padana sono stati suddivisi in unità allostratigrafiche, ossia unità limitate alla base e al tetto da superfici di discontinuità con estensione regionale; facendo riferimento alla **Figura 3.1** nell'area di studio si distinguono le seguenti unità di superficie, dalla più antica alla più recente:

- Supersintema del Bozzente (BO, Pleistocene Medio): ghiaie massive pedogenizzate (depositi fluvioglaciali). Superficie limite superiore caratterizzata da suoli evoluti; colore della matrice da 10YR a 7.5YR. Copertura loessico-colluviale a stratigrafia complessa, con glosse e orizzonti a fragipan.
- Supersintema di Besnate: costituito da diverse unità allostratigrafiche di origine fluvioglaciale, nell'area di studio sono presente:
 - Unità di Guanzate (BEZ, Pleistocene Medio-Sup.): ghiaie a supporto clastico, con matrice sabbiosa o sabbioso limosa; localmente sabbie limose con clasti residuali. Superficie limite superiore caratterizzata da suoli da evoluti a moderatamente evoluti, con spessore inferiore a 2 m e colore 7.5YR; discontinua copertura loessico-colluviale.
 - Unità di Cadorago (BEE, Pleistocene Medio-Sup.): ghiaie a supporto clastico o di matrice, con matrice sabbiosa; intercalazioni sabbiose; sabbie limoso argillose; limi con clasti sparsi. Superficie limite superiore caratterizzata da suoli con spessore compreso tra 1.5 m e oltre 2 m; copertura loessico-colluviale semplice localmente conservata.
- Supersintema di Venegono (VE, Pleistocene Medio-Sup.): limi sabbioso argillosi, limi argillosi con clasti alterati sparsi (depositi di versante); limi sabbiosi, sabbie limose, ghiaie poligeniche poco alterate (depositi fluviali). Superficie limite superiore con suoli acidi e desaturati derivati da sedimenti di suoli erosi dal pianalto delle Groane. Privi di forme proprie o con forme ben conservate (terrazzi fluviali). Unità polifasica con età massima posteriore a quella dell'evento glaciale Bozzente.
- Sintema di Cantù (LCN, Pleistocene Sup.): ghiaie a prevalente supporto clastico, con matrice sabbiosa; sabbie ghiaiose; sabbie; sabbie limose; limi sabbioso argillosi massivi (depositi fluvioglaciali). Superficie limite superiore caratterizzata da suoli moderatamente evoluti

(inceptisuoli e Alfisuoli), con spessori prossimi al metro; colore 10YR e 2.5YR. Copertura loessica assente.

- Sistema del Po (POI, Pleistocene Sup.-Olocene): ghiaie a supporto clastico e dimatrice, sabbie, limi e limi debolmente argillosi (depositi fluviali). Superficie limite superiore caratterizzata da suoli poco evoluti (Entisuoli e Inceptisuoli; colori prevalenti 10YR e 2.5YR



Figura 3.1 – Stralcio carta geologica d'Italia alla scala 1:50000 – Foglio 118, Milano (Progetto CARG) - Evidenziata l'area di intervento

Gli studi del progetto CARG, integrati con i dati dei lavori di Regione Lombardia e AGIP (rif.(12)), hanno permesso di definire le unità allostratigrafiche profonde, correlabili a scala di bacino, che caratterizzano la zona di studio (rif.(9)); facendo riferimento alla **Figura 3.2** sono state definite le seguenti unità:

- Supersistema Padano (PD, Calabriano): costituita prevalentemente da sabbie da fini-molto fini a medie, sabbie limose, limi e argille spesso contenenti livelli ricchi di materiale organico, con locali intercalazioni di corpi più grossolani (ghiaie e sabbie), localmente cementati. Questa unità, di spessore complessivo pari a circa 430 m nell'area di studio, è riferibile a un ambiente deposizionale di piana alluvionale a meandri.
- Supersistema Lombardo Inferiore (LI, Calabriano-Pleistocene Medio): costituita da spessi corpi di sabbie medie e grossolane e ghiaie medie-grossolane con ciottoli, talora cementate, con locali intercalazioni di livelli argillosi; questo supersistema corrisponde nella zona di studio al Supersistema del Bozzente (BO). Questa unità, di spessore complessivo pari a circa 80 m nell'area di studio, è riferibile a un ambiente deposizionale di piana alluvionale di tipo braided relativamente distale.

- Supersintema Lombardo Superiore (LS, Pleistocene Medio-Olocene): costituita prevalentemente da ghiaie grossolane e medie con frequenti ciottoli, spesso mal selezionate, localmente cementate, con subordinati livelli di sabbie medie e grossolane e sabbie ghiaiose; sono talora presenti livelli di limi e limi argillosi caratterizzati da scarsa continuità laterale; questo supersintema nell'area di studio comprende il Supersintema di Besnate, il Supersintema di Venegono (VE), il Sintema di Cantù (LCN) e il Sintema del Po (POI). Questa unità, di spessore complessivo pari a circa 60 m nell'area di studio, è riferibile a un ambiente deposizionale di piana fluvioglaciale di tipo braided prossimale.

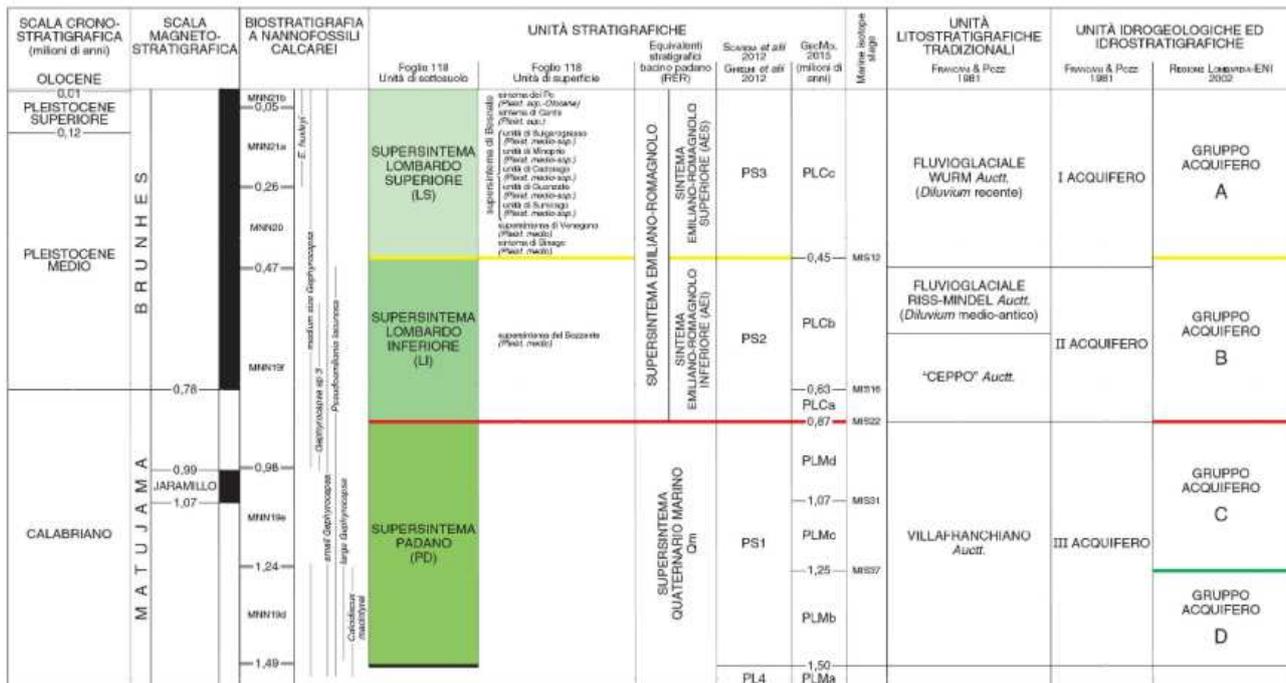


Figura 3.2 – Stralcio carta geologica d'Italia alla scala 1:50000 – Foglio 118, Milano (Progetto CARG) – Schema dei rapporti stratigrafici

A livello geomorfologico l'area di studio è caratterizzata da una topografia sub pianeggiante degradante debolmente in direzione SSE e da elementi geomorfologici connessi alle fasi erosive fluvioglaciali e fluviali avvenute nel Pleistocene e nell'Olocene.

Le morfologie erosive descritte sopra sono riconoscibili localmente lungo le aste dei fiumi attualmente attivi e nell'intorno dei pianalti presenti sul territorio (Groane), in quanto le attività antropiche sviluppatesi nell'area nel corso degli ultimi 700 anni hanno creato profonde modificazioni della geomorfologia locale.

3.2 Caratteristiche geologico-geomorfologiche di dettaglio

Nell'area dove è prevista la realizzazione della vasca di laminazione è presente l'unità geologica del sintema di Cantù (**LCN**), caratterizzata dalla presenza di ghiaie a prevalente supporto clastico, con matrice sabbiosa; sabbie ghiaiose; sabbie; sabbie limose; limi sabbioso argillosi massivi (depositi fluvioglaciali). L'area ad est della linea ferroviaria, dove verranno realizzate le opere di presa e

restituzione, ricadono nella fascia dei depositi fluviali del Fiume Seveso, appartenenti al Sintema del Po, con litologie prevalentemente ghiaioso sabbioso, analoghe a quelle del sintema di Cantù.

In **Figura 3.3** è riportato uno stralcio di dettaglio della carta geologica ((9)) per l'area di intervento: i depositi quaternari sono distinti in depositi alluvionali prevalentemente limosi in corrispondenza dell'asta del Fiume Seveso, e depositi alluvionali prevalentemente ghiaiosi in corrispondenza dell'area ex-SNIA.

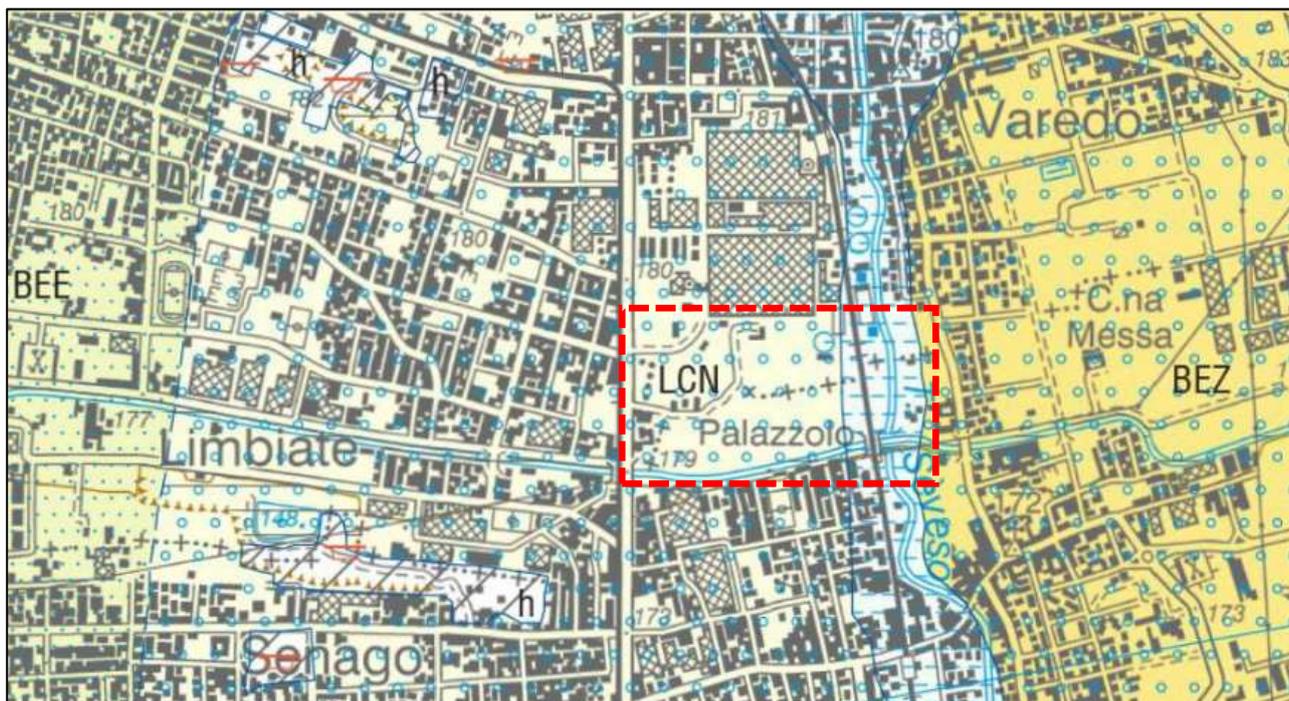


Figura 3.3 – Stralcio carta geologica d'Italia alla scala 1:50000 – Foglio 118, Milano (Progetto CARG) – Dettaglio area di intervento

Sulla base delle indagini eseguite in sito, comprendenti sia le campagne d'indagine eseguite a supporto del progetto preliminare sia quelle appositamente eseguite nell'ambito del presente progetto ed in particolare dei sondaggi geognostici SG3 ed SG4 ubicati tra la linea ferroviaria e l'asta del Fiume Seveso, si è rilevata la presenza di depositi prevalentemente ghiaiosi/sabbiosi, con percentuale limitata di fine (si veda anche successivo §5), appartenenti come detto al sintema di Cantù (**LCN**) o alle alluvioni del Seveso. Ad ovest della linea ferroviaria nell'area "ex Snia, sono stati rinvenuti livelli di conglomerati e ghiaie più o meno cementate appartenenti alla medesima unità geologica (Sintema di Cantù); questi materiali sono stati rinvenuti a profondità sempre maggiori, seppur di pochi metri, rispetto alle profondità massime previste dagli scavi in progetto.

Le indagini non hanno invece confermato la presenza dei depositi limosi previsti a livello di cartografia geologica generale dell'area.

4 Modello idrogeologico di riferimento

Il sottosuolo dell'area oggetto di studio è un sistema multifalda costituito da differenti acquiferi sovrapposti; lo schema tradizionale che descrive i corpi acquiferi presenti nella pianura milanese è il seguente:

- Acquifero tradizionale: è costituito da sedimenti grossolani ghiaioso sabbiosi e ospita falde da libere a semiconfinata procedendo da nord verso sud. Questo acquifero è alimentato da piogge, irrigazioni, dalla ricarica da monte o da infiltrazioni dall'alto; al suo interno vengono distinte due unità idrogeologiche: I e II acquifero.
- Acquifero Profondo: è costituito da sedimenti sabbioso argillosi e separato da quello tradizionale, è caratterizzato dalla presenza di falde in pressione ed è alimentato dalle zone di ricarica verso monte o in zone di interruzione degli strati impermeabili; è anche denominato anche III acquifero.

Dagli studi a supporto del progetto CARG (riff. (9)(10)(11)) integrati con i risultati dei lavori di Regione Lombardia e AGIP (rif. (12)), sono state ridefinite le unità idrogeologiche descritte sopra suddividendole in gruppi acquiferi correlabili fra loro a scala di bacino (**Figura 3.2**):

- Gruppo Acquifero A: corrisponde alla porzione più superficiale dell'Acquifero Tradizionale (I acquifero) ed è sede di falda acquifera libera; il suo limite inferiore, coincidente con quello del Supersistema Lombardo Superiore (§3.1), si trova nell'area di studio a una quota variabile compresa fra q.140 m s.m. circa nel settore NO e q.130 m s.m. nel settore SE;
- Gruppo Acquifero B: corrisponde alla porzione più profonda dell'Acquifero Tradizionale (II acquifero) ed è sede di falda generalmente semi-confinata o confinata; il suo limite inferiore, coincidente con quello del Supersistema Lombardo Inferiore (§3.1), si trova nell'area di studio a una quota variabile fra q.100 m s.m. circa nel settore NNO a q. 80 m s.m. circa nel settore SSE
- Gruppo Acquifero C: corrisponde alla porzione più superficiale dell'Acquifero Profondo ed è sede di falde confinate;
- Gruppo Acquifero D: corrisponde alla porzione più profonda dell'Acquifero Profondo ed è sede di falde confinate di acque salmastre e salate; il suo limite inferiore coincide con quello del Supersistema Padano (§3.1).

Dalle carte idrogeologiche redatte dalla Città Metropolitana di Milano (rif. 10), di cui viene riportato uno stralcio in **Figura 4.1**, si osserva che la piezometria della falda freatica è caratterizzata da un andamento generale di flusso in direzione NNO-SSE con struttura radiale convergente all'interno dell'area di studio, a seguito dell'importante sfruttamento idrico.

Le oscillazioni piezometriche stagionali in questa porzione di territorio sono di ordine metrico e risultano connesse, oltre che alle precipitazioni meteoriche, alle infiltrazioni durante il periodo irriguo (si osservano i massimi livelli di falda nei mesi di agosto e settembre, mentre i minimi livelli di falda si registrano nei mesi di marzo e aprile).

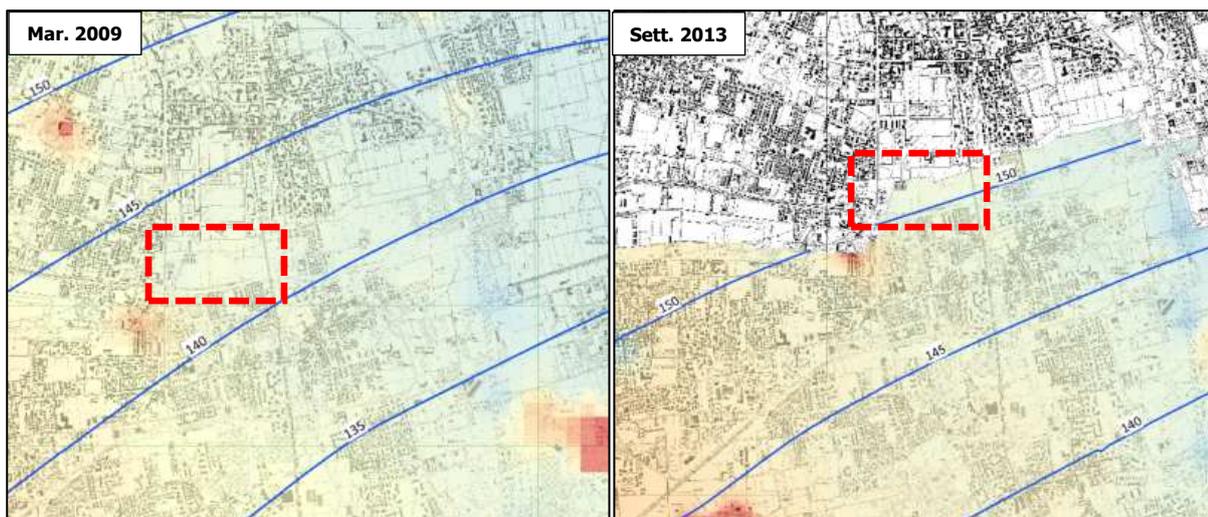


Figura 4.1 – Stralcio mappe isopieze Marzo 2009 (A) e Settembre 2013 (B)

La falda si trovava a una quota di circa 142.5 m s.m. nel Marzo 2009 e di circa 151 m s.m. nel Settembre 2013.

Anche considerando le oscillazioni metriche riscontrate nei pozzi della zona tra il minimo di Marzo ed il massimo di Settembre (indicativamente oscillazioni massime dell'ordine di 5 m), è evidente un il progressivo innalzamento della quota di falda nell'area in oggetto.

Sono inoltre disponibili nei documenti del progetto preliminare le letture dei piezometri installati nell'area ex-SNIA che hanno fornito chiare indicazioni di un graduale aumento del livello di falda, con valori prossimi anche a 154 m s.m. nel Luglio 2015.

Nel corso delle indagini eseguite nel Maggio del 2017 in corrispondenza dei sondaggi SG3 ed SG4 sono stati individuati i primi strati umidi a una quota di circa 22 m da p.c. (quota di circa 153 m s.m.), dato in buon accordo con quelli riportati a livello di piezometria su larga scala dell'area.

Nei nuovi fori di sondaggio sono stati installati piezometri a tubo aperto che verranno utilizzati per monitorare l'andamento del livello di falda.

5 Indagini geognostiche

Sulla base del modello geologico, descritto nel paragrafo precedente §3, è stato approntato uno specifico piano di indagini suddiviso in due differenti lotti:

- Lotto 1: area compresa tra la sponda destra del fiume Seveso e la linea ferroviaria – Indagini eseguite nella primavera del 2017;
- Lotto 2: area ex SNIA – Indagini eseguite nell'autunno del 2017.

La lista delle indagini eseguite è riportata nella tabella seguente:

Indagine	Tipo	Ubicazione	Quota testa [m s.l.m.]	Profondità [m]
LOTTO 1				
SG4	Carotaggio	Lato ferrovia	175.0	40.00
SG3	Carotaggio	Lato Seveso	174.5	40.00
B1-2	Stesa geofisica	N-S Lato ferrovia	-	-
B3	Stesa geofisica	E-O	-	-
B4-5	Stesa geofisica	N-S Lato Seveso	-	-
LOTTO 2				
SG1	Carotaggio	Vasca n°2	174.2	40.00
SG2	Carotaggio	Vasca n°1	175.0	40.00
SA1	Carotaggio	Vasca n°1	175.8	45.00
SA2	Carotaggio	Vasca n°2	174.0	45.00
SA3	Carotaggio	Vasca n°2	175.3	40.00
SA4	Carotaggio	Vasca n°2	176.2	40.00
TrE1	Trincea	Vasca n°2	173.9	7.00
TrE2	Trincea	Vasca n°2	173.9	7.00
TrE3	Trincea	Vasca n°2	174.0	7.00
TrE4	Trincea	Vasca n°2	174.0	7.00
TrE5	Trincea	Vasca n°2	175.0	7.00
TrE6	Trincea	Vasca n°1	174.0	7.00
TrE7	Trincea	Vasca n°2	176.5	7.00
TrE8	Trincea	Vasca n°2	174.5	7.00
TrE9	Trincea	Vasca n°2	175.9	7.00
TrE10	Trincea	Vasca n°2	175.0	7.00
TrE11	Trincea	Vasca n°2	174.5	7.00

TrE12	Trincea	Vasca n°1	177.5	7.00
TrE13	Trincea	Vasca n°1	178.5	7.00
TrE14	Trincea	Vasca n°2	175.0	7.00
TrE15	Trincea	Vasca n°2	175.5	7.00
P1-2-3-4-5-10	Stesa geofisica	E-O Vasca n°1 e n°2	-	-
P6-7-8-9	Stesa geofisica	N-S Vasca n°2	-	-
[Varie]	Misure gradiometriche	Vasca n°1 e n°2	-	-

L'ubicazione delle perforazioni, delle trincee, delle stese sismiche e delle aree interessate dalle misure gradiometriche sono riportate nelle specifiche tavole grafiche (riff.(4)(5)).

Nell'**ALLEGATO A – Analisi granulometriche sondaggi** vengono riportati i risultati delle prove granulometriche effettuate sui campioni prelevati dai sondaggi geognostici SG1-SG2-SG3-SG4.

Nell'**ALLEGATO B – Risultati sondaggi** vengono riportati i risultati delle indagini geognostiche e delle prove in foro effettuate (sondaggi ambientali SA1-SA2-SA3-SA4). In particolare:

- Risultati prove SPT in foro;
- Stratigrafie sondaggi;
- Relazione fotografica;
- Certificati prove di permeabilità tipo Lefranc;
- Prelievo campioni per analisi ambientali.

Nell'**ALLEGATO C – Risultati indagini geofisiche** vengono riportati risultati delle prove geofisiche e delle indagini gradiometriche effettuate, correlate della rispettiva relazione illustrativa.

Nell'**ALLEGATO D – Risultati** vengono riportati i risultati ottenuti dallo scavo delle trincee di ispezione:

- Quadro generale risultati prove;
- Relazione illustrativa;
- Certificati di prova analisi granulometriche e prove Los Angeles.

5.1 Sequenza stratigrafica

I sondaggi realizzati hanno incontrato depositi alluvionali appartenenti all'unità geologica del sistema di Cantù (LCN).

Dopo un primo strato di terreno vegetale (tra la ferrovia ed il torrente Seveso) e di materiale riportato (area Lotto 2), con spessore massimo di 2 m, si incontrano ghiaie e sabbie con contenuto variabile di fine, più abbondante a partire da circa 25 m dal piano campagna. Al crescere della profondità aumenta anche il grado di addensamento.

5.2 Prove SPT

Durante l'esecuzione dei sondaggi nei Lotti 1 e 2 sono state eseguite prove penetrometriche standard SPT ogni 3 metri di profondità. All'interno del Lotto 1 sono state eseguite 10 prove per ciascun sondaggio (SG3-SG4), mentre nel Lotto 2 sono state eseguite 5 prove per ciascun foro (SA1-SA2-SA3-SA4). I risultati delle prove sono riportati nelle tabelle seguenti.

SONDAGGIO SG3 – PROVE SPT	
QUOTA SPT (m da p.c.)	COLPI OGNI 15 cm (Num)
SPT 3.00	4-3-3
SPT 6.00	24-50 per 13 cm
SPT 9.00	20-26-35
SPT 12.00	50 per 6 cm
SPT 15.00	35-44-50 per 13 cm
SPT 18.00	32-40-46
SPT 21.00	20-44-50 per 6cm
SPT 24.00	22-40-50 per 6 cm
SPT 27.00	27-44-50 per 10 cm
SPT 30.00	27-43-50 per 9 cm

Tabella 5.1 – Risultati prove SPT sondaggio SG3

SONDAGGIO SG4 – PROVE SPT	
QUOTA SPT (m da p.c.)	COLPI OGNI 15 cm (Num)
SPT 3.00	24-38-50 per 5 cm
SPT 6.00	13-29-22
SPT 9.00	12-17-20
SPT 12.00	10-14-19
SPT 15.00	29-35-25
SPT 18.00	23-29-36
SPT 21.00	28-31-44
SPT 24.00	34-50 per 7 cm
SPT 27.00	33-50 per 13 cm
SPT 30.00	25-22-34

Tabella 5.2 – Risultati prove SPT sondaggio SG4

-SONDAGGIO SA1 – PROVE SPT	
QUOTA SPT (m da p.c.)	COLPI OGNI 15 cm (Num)
SPT 3.00	10-15-17
SPT 6.00	25-31-34
SPT 9.00	19-50 per 8 cm
SPT 12.00	9-15-16
SPT 15.00	12-15-15

Tabella 5.3 – Risultati prove SPT sondaggio SA1

SONDAGGIO SA2 – PROVE SPT	
QUOTA SPT (m da p.c.)	COLPI OGNI 15 cm (Num)
SPT 3.00	17-21-26
SPT 6.00	19-24-33
SPT 9.00	50 per 12 cm
SPT 12.00	25-50 per 8 cm
SPT 15.00	19-20-18

Tabella 5.4 – Risultati prove SPT sondaggio SA1

SONDAGGIO SA3 – PROVE SPT	
QUOTA SPT (m da p.c.)	COLPI OGNI 15 cm (Num)
SPT 3.00	50 per 7 cm
SPT 6.00	27-501 per 10 cm
SPT 9.00	8-12-17
SPT 12.00	9-15-18
SPT 15.00	10-13-16

Tabella 5.5 – Risultati prove SPT sondaggio SA3

SONDAGGIO SA4 – PROVE SPT	
QUOTA SPT (m da p.c.)	COLPI OGNI 15 cm (Num)
SPT 3.00	11-16-19
SPT 6.00	17-50 per 13 cm
SPT 9.00	22-50 per 10 cm
SPT 12.00	10-18-23
SPT 15.00	8-15-20

Tabella 5.6 – Risultati prove SPT sondaggio SA4

In **Figura 5.1** sono riportati i risultati, in termini di colpi NSPT, in funzione della quota da piano campagna.

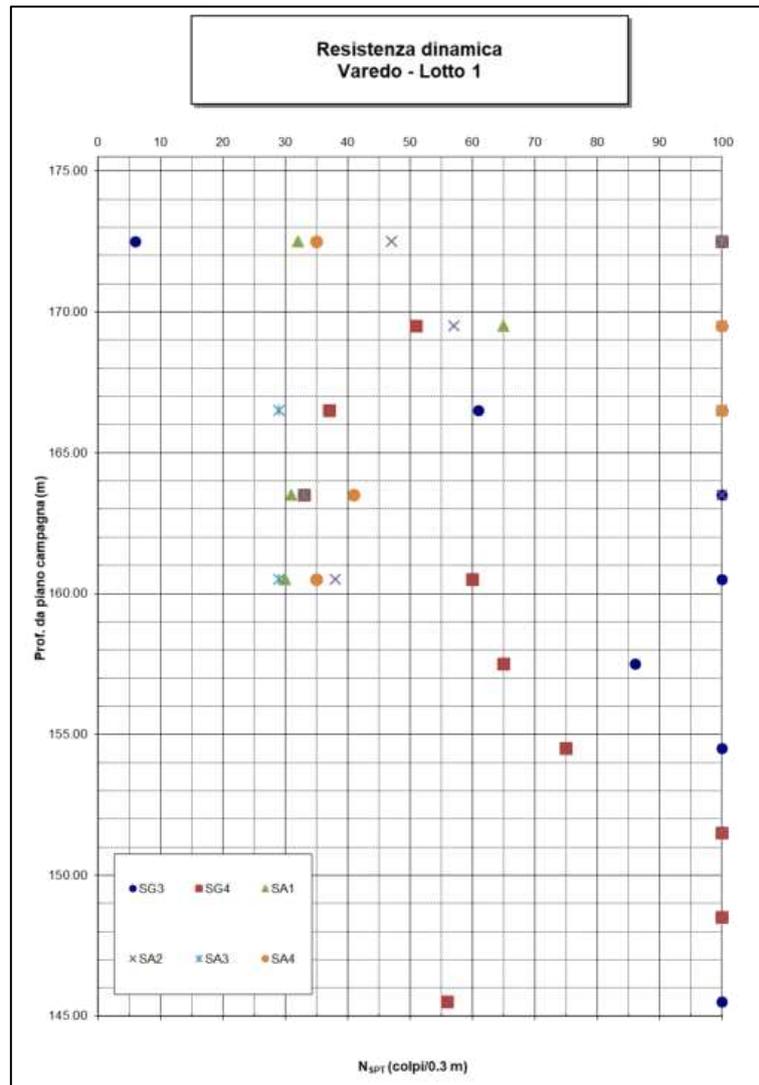


Figura 5.1 – Numero di colpi registrati dalle prove SPT in funzione della profondità.

I valori di resistenza alla penetrazione dinamica ricavati dalle prove in sito sono stati normalizzati in funzione della profondità, del tipo di attrezzatura utilizzata e della caratteristiche granulometriche generali dei terreni, secondo la seguente equazione:

$$(N1)_{60} = N_{SPT} * 1.08 * Cr * Cn$$

dove:

- (N1)₆₀ valore di resistenza normalizzato
- Cr fattore di correzione funzione della profondità
- Cn fattore di correzione funzione della granulometria del terreno (*Liao & Whitmann – 1986*)
- 1.08 valore di correzione funzione delle caratteristiche di restituzione dell'energia sviluppata dall'attrezzatura (efficienza stimata pari al 60 %)

I valori di N_{SPT} a rifiuto devono essere considerati con cautela dato che, con ogni probabilità, sono legati alla presenza di ciottoli che possono bloccare l'avanzamento del penetrometro nel materiale, fornendo valori elevati di N_{SPT} non rappresentativi delle proprietà meccaniche dell'unità litologica.

Sulla base dei risultati delle prove penetrometriche dinamiche sono stati valutati i seguenti parametri geotecnici:

- Densità relativa D_r ;
- Angolo di resistenza al taglio di picco ϕ'_p ;
- Modulo elastico secante per valori di deformazione dello 0,1%, $E_{0.1}$;
- Modulo elastico secante per un grado di mobilitazione della resistenza ultima del 25%, E_{25} .

Nei paragrafi seguenti vengono richiamate le correlazioni empiriche utilizzate per determinare i parametri di cui sopra.

5.2.1 Densità relativa

La stima del valore della densità relativa (D_r) è stata eseguita secondo la classica equazione proposta da *Skempton* (1986, rif.(23)):

$$D_r \cong \sqrt{\frac{(N1)_{60}}{60}}$$

In **Figura 5.2** viene riportato il grafico con i valori ottenuti dal calcolo della densità relativa. Nel grafico è riportato anche l'andamento caratteristico ipotizzato sulla base dei risultati numerici: la densità relativa si può assumere sostanzialmente costante all'interno dello strato di ghiaia e sabbia da quota -2 m a -7.5 m dal piano campagna. Al di sotto dei -7.5 m dal piano campagna il valore di densità relativa aumenta linearmente fino ad un massimo del 90% alla quota di -30 m da p.c.

L'andamento è coerente anche con i risultati delle prove geofisiche effettuate in sito in affiancamento ai sondaggi e descritte al successivo §5.4.

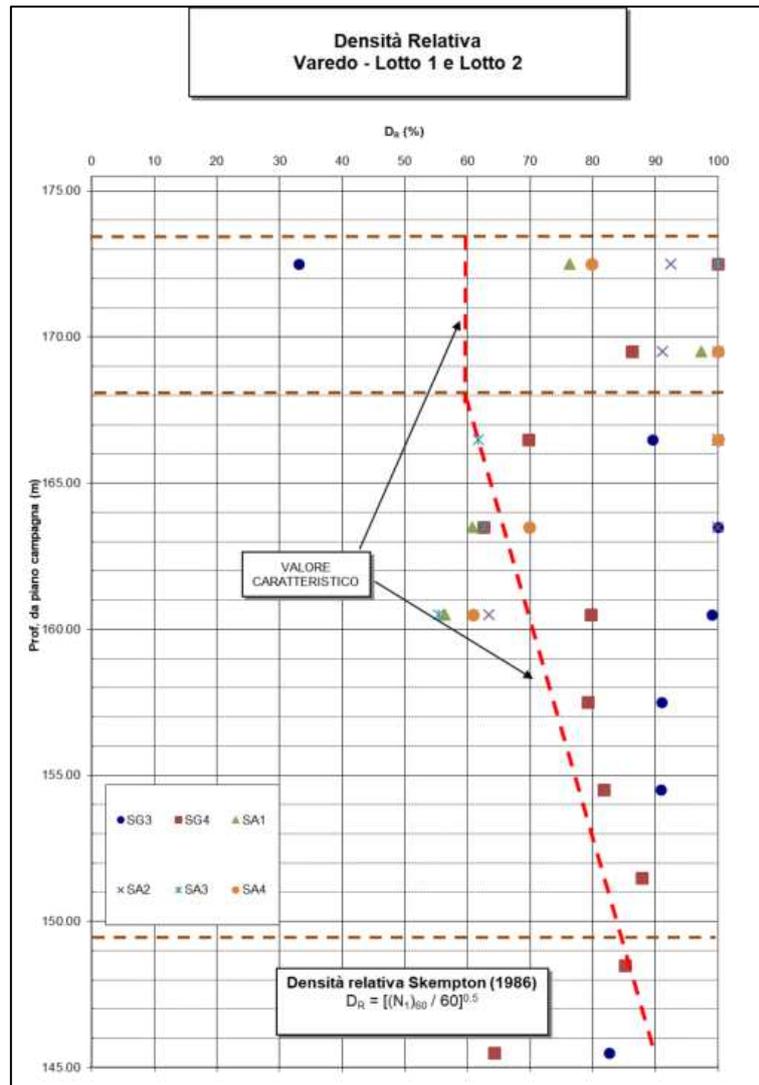


Figura 5.2 – Valori di densità relativa ottenuti e valore caratteristico considerato.

5.2.2 Angolo di resistenza al taglio di picco

La valutazione del valore dell'angolo di resistenza al taglio di picco, in termini di sforzi efficaci, è stata effettuata sulla base delle correlazioni proposte da *Schmertmann 1977* (rif.(24)), con le seguenti equazioni in funzione del fuso granulometrico dominante:

- 1 $\phi'_p = 28 + 0.14 DR$ (sabbia fine uniforme)
- 2 $\phi'_p = 31.5 + 0.115 DR$ (sabbia media uniforme / sabbie fini ben gradate)
- 3 $\phi'_p = 34.5 + 0.10 DR$ (sabbia grossa uniforme / sabbia media ben gradata)
- 4 $\phi'_p = 38 + 0.08 DR$ (ghiaietto uniforme / sabbie e ghiaie poco limose)

Alla luce delle caratteristiche dei depositi osservati in sito, nelle elaborazioni eseguite è stata utilizzata la formulazione 2 per gli strati sabbiosi e ghiaiosi. I risultati ottenuti sono mostrati in **Figura 5.3**; nel grafico è riportato anche l'andamento caratteristico ipotizzato.

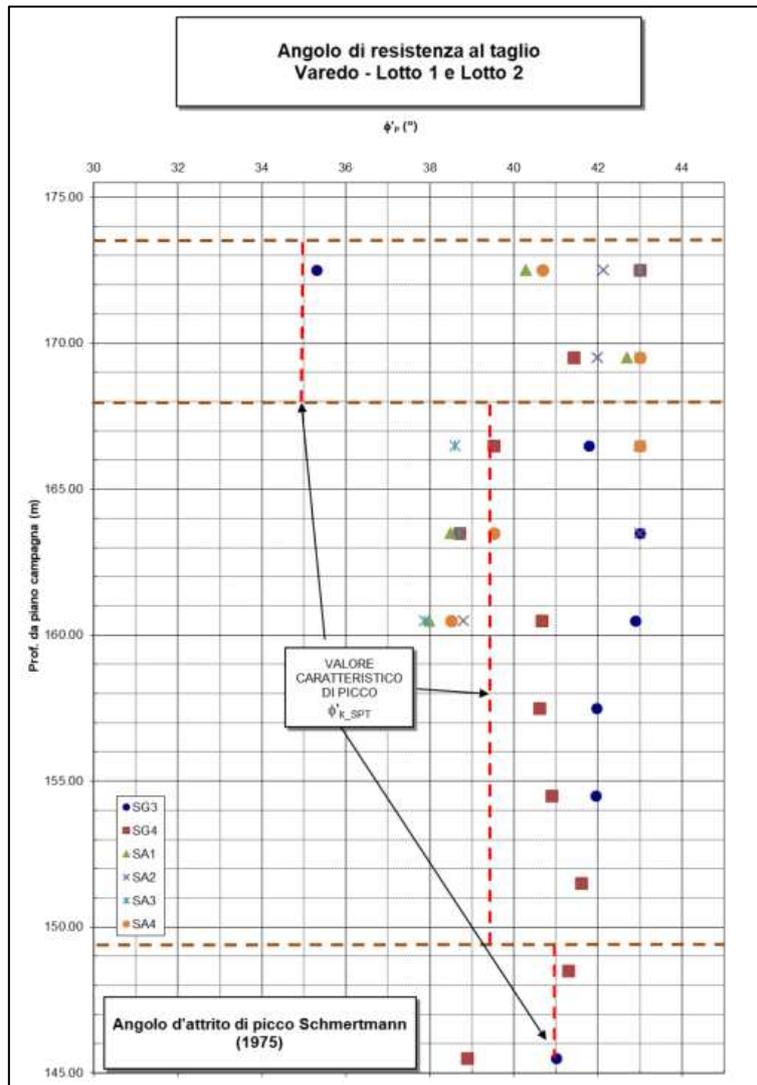


Figura 5.3 – Definizione dei valori di angolo di resistenza al taglio caratteristici sulla base dei risultati delle prove SPT.

5.2.3 Modulo elastico secante E01

Il modulo elastico secante per valori di deformazione dello 0.1% viene stimato utilizzando la correlazione proposta da Berardi e Lancellotta (1991, rif.(20):

$$E_{01} = K_E \times p_a \times (\sigma'_v / 100)^{0.5}$$

con:

$$K_E = 100 + 9D_R$$

$$p_a = 100\text{kPa}$$

In **Figura 5.4** vengono riportati i risultati ottenuti; nel grafico è riportato anche l'andamento caratteristico ipotizzato.

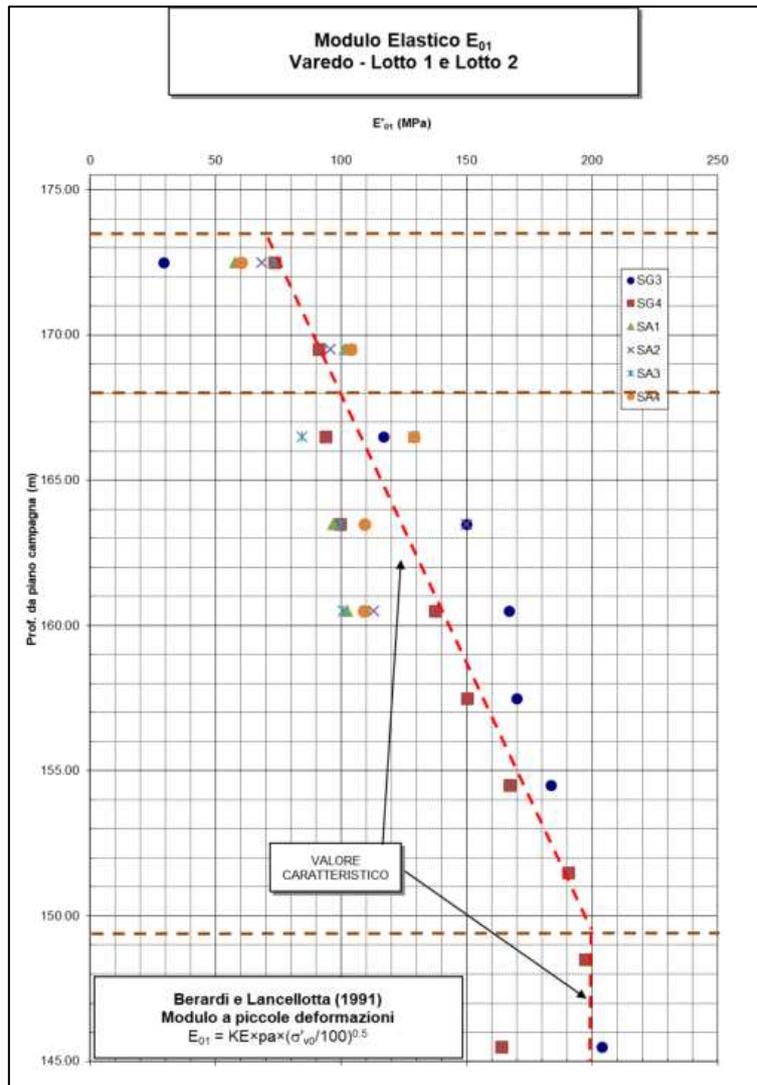


Figura 5.4 – Definizione dei valori di modulo E_{01} sulla base dei risultati delle prove SPT.

5.2.4 Modulo elastico secante E_{25}

Il modulo elastico secante "operativo", per un grado di mobilitazione della resistenza ultima del 25%, viene stimato utilizzando la correlazione proposta da Jamiolkowsky (1988, rif.(25)) relativo al caso di terreni normal-consolidati:

$$E_{25} = 0.0981 \times (10.5 - 3.5D_R) \times N_{SPT}$$

In **Figura 5.5** vengono riportati i risultati ottenuti; nel grafico è riportato anche l'andamento caratteristico ipotizzato.

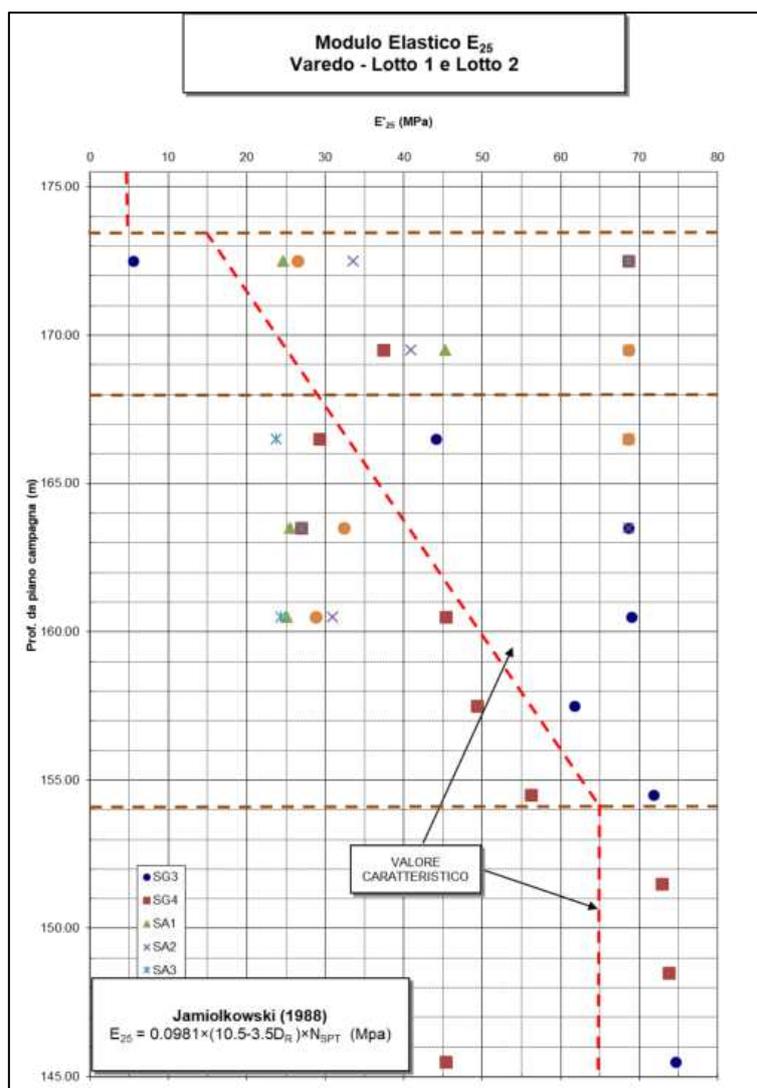


Figura 5.5 - Definizione dei valori di modulo E_{25} sulla base dei risultati delle prove SPT

5.3 Prove di permeabilità

Durante i sondaggi ambientali effettuati all'interno del Lotto 2 di indagini geognostiche, sono state effettuate delle prove di permeabilità di tipo Lefranc sia a carico costante che a carico variabile. Esse sono state svolte all'interno dei fori ad una profondità variabile dai 6 metri dal piano campagna fino ai quindici metri.

La prova di permeabilità consente di ricavare la conducibilità idraulica del terreno interessato dalla tasca di prova (lunghezza pari a 50 cm) dalla misura del quantitativo di acqua nel tempo introdotto nel foro necessario al mantenimento di un livello idraulico costante all'interno della tubazione di rivestimento (prova a carico costante), o dalla misura dell'abbassamento nel tempo del livello idrico all'interno della colonna di rivestimento rispetto a un piano di riferimento (prova a carico variabile).

La tipologia di prova adottata dipende essenzialmente dalla capacità di drenaggio del deposito investigato; in linea generale si esegue una prova a carico costante quando il terreno investigato drena velocemente l'acqua introdotta, in caso contrario si esegue una prova a carico variabile.

I risultati ottenuti sono riassunti nella **Tabella 5.7** seguente.

SONDAGGIO	PROVA	TIPOLOGIA	PROFONDITA' TASCA (m da p.c.)	K (m/s)
SA1	LFK-01	Carico Costante	5.50-6.00	3.40E-05
	LFK-02	Carico Costante	10.50-11.00	8.38E-06
	LFK-03	Carico Costante	15.00-15.50	4.85E-06
SA2	LFK-01	Carico Costante	5.50-6.00	1.66E-04
	LFK-02	Carico Costante	10.50-11.00	8.45E-05
	LFK-03	Carico Variabile	15.00-15.50	5.18E-07
SA3	LFK-01	Carico Costante	5.50-6.00	8.03E-05
	LFK-02	Carico Costante	10.50-11.00	7.73E-05
	LFK-03	Carico Variabile	15.00-15.50	1.61E-06
SA4	LFK-01	Carico Costante		5.16E-05
			5.50-6.00	7.05E-05
				5.95E-05
	LFK-02	Carico Costante		9.80E-06
			12.00-12.50	1.26E-06
				1.22E-06
LFK-03	Carico Variabile	15.00-15.50	1.71E-06	

Tabella 5.7 – Risultati prove di permeabilità effettuate nei sondaggi ambientali.

Nell'**ALLEGATO B** sono riportati tutti i certificati di prova con i relativi valori registrati in fase di esecuzione.

5.4 Indagini geofisiche

Nell'area compresa tra il tracciato ferroviario e il fiume Seveso (Lotto 1) sono state eseguite indagini geosismiche secondo le tracciamenti riportati nella Tavola di ubicazione indagini (riff.(4) e (5)), nella primavera del 2017. Le operazioni di rilievo sono state completate nell'autunno del 2017 con le operazioni effettuate nel Lotto 2. In particolare sono stati registrati due allineamenti di circa 500 metri cadauno di tomografie sismiche a rifrazione in onde compressive e di taglio ed è stata effettuata l'analisi con gradiometro di tutte le superfici accessibili.

Sono stati eseguiti quindici stendimenti di sismica a rifrazione con misura delle onde di compressione V_p e onde di taglio V_s :

- Sezione B 1-2: stendimento N-S parallelo all'asse del tracciato ferroviario. Lo stendimento passa, nella sua parte centrale, sulla verticale del foro di sondaggio SG4;
- Sezione B 3: stendimento E-O trasversale rispetto alle sezioni B1-2 e B 4-5. Alle estremità della sezione sono stati eseguiti i fori di sondaggio SG3 ed SG4.
- Sezione B 4-5: stendimento N-S parallelo all'asse fiume Seveso. Lo stendimento passa, nella sua parte centrale, sulla verticale del foro di sondaggio SG3;

- Sezione P 1-2-3-4-5-10: stendimento trasversale in direzione E-O che attraversa entrambe le vasche di laminazione nella parte centrale, giungendo sino a ridosso della ferrovia. Nella parte centrale lo stendimento passa per il sondaggio SA3;
- Sezione P 6-7-8-9: stendimento in direzione N-S che attraversa tutta la parte centrale della vasca n°2. Essa incontra i sondaggi SA2, SA3 ed SA4.

Sono state individuate tre unità geosismiche differenti che costituiscono il modello geofisico di riferimento. Partendo dal piano campagna e scendendo fino alla massima profondità stimata, le unità individuate sono:

- **prima unità geosismica superficiale:** si trova tra la linea nera (topografia) e la linea tratteggiata di colore blu che rispecchia l'andamento di velocità delle onde V_p pari a 800 m/sec. Questa unità è attribuibile alla presenza di materiali di copertura caratterizzati inizialmente da scarso addensamento.
- **seconda unità geosismica:** è compresa tra la linea blu e quella rossa ed è caratterizzata da velocità delle onde V_p che raggiungono 800 - 1200 m/s. Questa unità è attribuibile a depositi mediamente consolidati e addensati.
- **terza unità geosismica:** posta al di sotto della linea tratteggiata rossa è caratterizzata da velocità delle onde V_p superiori ai 1200 m/s con ulteriori incrementi all'aumentare della profondità dovuti ad un generale miglioramento delle caratteristiche geomeccaniche e litologiche. Questa unità è attribuibile a depositi consolidati.

La stima delle profondità delle varie unità, così come la definizione del loro andamento geometrico, scaturisce dall'analisi di dati indiretti acquisiti, interpretati ed elaborati. Nell'**Allegato A** alla presente relazione sono riportati tutti i risultati e tutte le sezioni ottenuti dalle indagini geofisiche sia per il Lotto 1 che per il Lotto 2.

L'analisi delle onde compressive e di taglio rifratte ha consentito di determinare il profilo verticale della V_p e V_s e, di conseguenza, del parametro V_{s30} e una stima dei parametri geotecnici di rigidità che caratterizzano i depositi (considerando come riferimento il piano campagna).

Il parametro $V_{s,30}$ è risultato, per tutti gli stendimenti realizzati, compreso tra un minimo di 390 m/s ed un massimo di 455 m/s.

Il sito in esame rientra quindi nella **categoria sismica di sottosuolo B** "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina)."

All'interno del Lotto 2 delle indagini sono state effettuate delle misurazioni gradiometriche al fine di identificare gli oggetti metallici presenti in superficie oppure interrati. È stata indagata la quasi totalità dell'area interessata dagli scavi delle due vasche di laminazione in progetto, ad eccezione di quelle zone in cui sono presenti dei riporti recenti per i quali l'indagine verrà svolta al momento della

loro rimozione. I risultati ottenuti e riportati nello stralcio di **Figura 5.6** e in maniera completa nell'**Allegato A**, mostrano delle anomalie puntuali concentrate nella zona Est dell'area.

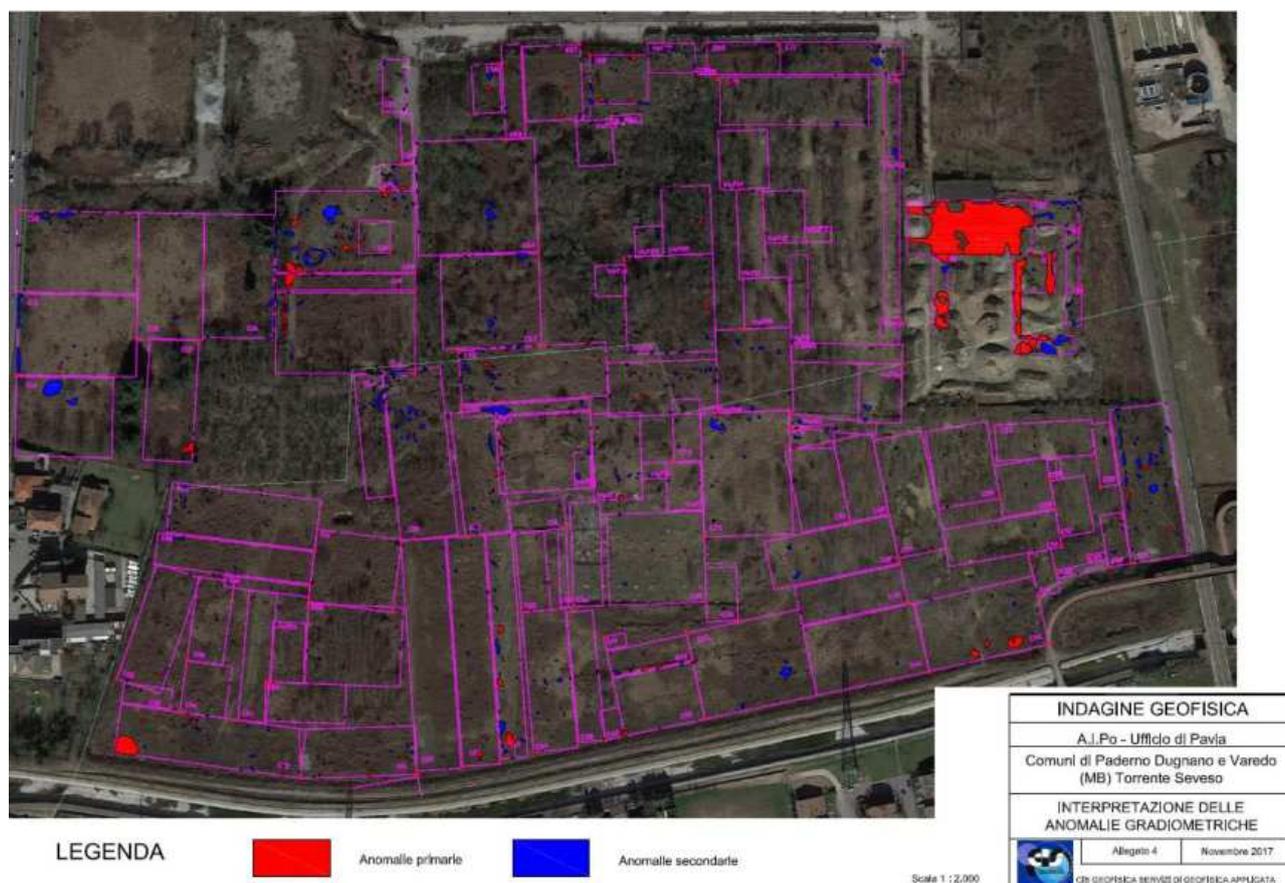


Figura 5.6 – Interpretazione delle anomalie gradiometriche nell'area interessata dagli scavi.

Alla luce dei risultati ottenuti, al fine di ridurre ulteriormente i rischi specifici oggetto d'indagine, si suggerisce al Coordinatore della Sicurezza di procedere nelle aree in cui sono state rilevate anomalie superficiali attraverso:

- Ispezione visiva diretta per escludere a priori che le anomalie individuate siano attribuibili ad elementi metallici di varia natura distribuiti in maniera eterogenea sulla superficie del terreno (esempio rottami o profili metallici dispersi) non oggetto specifico d'interesse. Alcune delle aree indagate presentavano, sparsi in superficie, blocchi in calcestruzzo, pezzi di armatura metallica, detriti, tombini che possono comunque generare false anomalie.
- Verifica diretta tramite scavi in sicurezza eventualmente assistiti. Sempre con il fine di meglio attribuire l'esatta natura dell'oggetto che causa l'anomalia gradiometrica, se l'ispezione visiva non porta a nessun esito certo di attribuzione.
- Bonifica bellica preventiva localizzata nelle aree d'interessate specifico.

6 Modello geotecnico

6.1 Definizione unità geotecniche

La caratterizzazione geotecnica dei materiali è stata eseguita sulla base delle indagini effettuate, dei materiali incontrati nel corso dei sondaggi a carotaggio continuo e delle prove SPT eseguite in foro.

Le indagini descritte al §5, hanno evidenziato come le caratteristiche stratigrafiche siano omogenee in tutta l'area appartenente al Lotto 1 e al Lotto 2.

I depositi più superficiali sono caratterizzati da uno stato di addensamento ridotto e dalla scarsa presenza di componente a granulometria fine; ne consegue che tali strati superficiali "mal gradati" risultano molto permeabili e possono facilmente essere interessati da correnti subalvee.

All'aumentare della profondità aumenta lo stato di addensamento e migliora la distribuzione granulometrica dei terreni, con netta prevalenza della componente sabbiosa limosa.

In particolare sono state individuate le seguenti unità geotecniche di riferimento:

Coltre Vegetale (V): Incontrata nei sondaggi SG3 ed SG4 nell'area tra la ferrovia e il Torrente Seveso. Presenta spessori da 1.5 m a 2.2 m. Nell'area del Lotto 2, a causa degli interventi che nel tempo si sono susseguiti, la presenza è parziale e limitata.

Riporto (R): Unità incontrata nell'area del Lotto 2, con spessori variabili a seconda delle operazioni di movimentazione eseguite in passato.

Ghiaia sabbiosa (GS): Costituita da ghiaia con sabbia a tratti limosa accompagnati da ciottoli di varia natura. Ghiaia sabbiosa da poco a mediamente addensata. Lo strato raggiunge una profondità variabile da 10 a 15 metri.

Sabbia ghiaiosa e limosa (SGL): Unità incontrata in corrispondenza di tutti i sondaggi eseguiti, da p.c. fino a profondità di 24.7÷27.8 m da p.c.. Sabbia ghiaiosa e limosa mediamente addensata. Si riscontra la presenza continua di ciottoli seppur sparsi.

Sabbia limosa (SL): Unità incontrata fino al fondo dei carotaggi a 40/45 m dal p.c. Sabbie limose da mediamente a molto consolidate. Presenza di rari ciottoli e livelli conglomeratici.

Nei paragrafi seguenti vengono definiti i parametri geotecnici di progetto da adottarsi per le unità geotecniche sopra descritte.

6.2 Definizione parametri fisici e meccanici di progetto

I parametri geotecnici di progetto sono stati determinati per le quattro unità geotecniche significative per il dimensionamento e verifica geotecnica delle opere in progetto, vale a dire:

- Unità V/R – Coltre vegetale o riporto;
- Unità GS – Ghiaia con sabbia;
- Unità GSL – Ghiaia e Sabbia limosa con ciottoli;
- Unità SL – Sabbia limosa.

I parametri geotecnici di progetto sono riassunti in **Tabella 6.1** Sono riportati i soli valori di resistenza caratteristici, al netto quindi dei coefficienti parziali M1 ed M2 definiti nelle NTC2008 (rif.2.1).

Varedo - Lotto 1 e Lotto 2 - Caratterizzazione geotecnica									
Unità	Descrizione	Quota	Densità relativa	Angolo Resistenza al taglio	Coesione efficace	Modulo elastico piccole deformazioni	Modulo elastico operativo	Peso di Volume Naturale	Peso di Volume Saturo
		[m da p.c.]	Dr [%]	ϕ'_k [°]	c'_k [kPa]	E_{01} [MPa]	E_{25} [MPa]	γ_N [kN/m ³]	γ_{SAT} [kN/m ³]
TV/R	Terreno Vegetale o Riporto	0.0÷2.0	-	30	0	-	5	18	20
GS	Ghiaia Sabbiosa	2.0÷7.5	60	35	0	70-100	15-30	18	20
SGL	Sabbia Ghiaiosa Limosa	7.5÷26.0	60-85	39.5	0	100-200	30-60	19.5	20.9
SL	Sabbia Limosa	26.0÷40.0	85-90	41	0	200	60	20	21.2

Tabella 6.1 – Parametri geotecnici caratteristici – Lotto 1 e Lotto 2

Nei paragrafi seguenti si riportano approfondimenti di dettaglio sulle procedure che hanno portato alla determinazione di tali parametri.

6.2.1 Angolo di resistenza al taglio

Per quanto riguarda il terreno vegetale superficiale, in considerazione del fatto che tale strato viene rimosso nel corso delle attività di cantiere, si è ritenuto sufficiente assumere un valore minimo tipo bibliografico di angolo di resistenza al taglio ($\phi'_k=30^\circ$).

Per quanto riguarda invece i depositi alluvionali sottostanti si è fatto riferimento ai risultati delle prove in sito (SPT) descritte ed elaborate al §5.

In **Figura 5.3** sono riportati in funzione della profondità i valori di angolo di resistenza al taglio di picco e a volume costante ricavati a partire dai risultati delle prove penetrometriche dinamiche. Le tre linee rosse tratteggiate rappresentano i valori caratteristici di angolo di resistenza al taglio assunti per le unità geotecniche significative:

- Unità GS – Ghiaia con sabbia: $\phi'_k = 35^\circ$;
- Unità SGL – Ghiaia e Sabbia limosa con ciottoli: $\phi'_k = 39.5^\circ$;
- Unità SL – Sabbia limosa: $\phi'_k = 41^\circ$;

Nella parte più superficiale, dove i dati sono pochi e sono presenti prove a rifiuto, viene considerato un valore cautelativo pari a 35°. Al di sotto dei 7.5 m dal p.c. si fa riferimento ai valori ottenuti nel sondaggio SG4 il quale presenta pochi valori a rifiuto.

I valori sono da considerarsi, ai sensi del §6.2.2, "una stima ragionata e cautelativa del parametro nello stato limite considerato" in considerazione della tipologia di opere previste a progetto (opere sostegno scavi e scavi in terreni naturali)

6.2.2 Modulo elastico secante E01

In **Figura 5.4** sono riportati in funzione della profondità i valori di modulo elastico per livelli di deformazione dello 0.1% determinati sulla base dei risultati delle prove penetrometriche dinamiche (si veda §5.2.3 per dettagli).

Le tre linee rosse tratteggiate rappresentano i valori caratteristici di modulo elastico secante E01 assunti per le tre unità geotecniche significative:

- Unità GS – Ghiaia sabbiosa: $E_{01} = 70 \div 100$ MPa;
- Unità SGL – Sabbia ghiaiosa e limosa con ciottoli: $E_{01} = 100 \div 200$ MPa;
- Unità SL – Sabbia limosa: $E_{01} = 200$ MPa;

6.2.3 Modulo elastico secante E25

Per quanto riguarda il terreno vegetale superficiale, in considerazione del fatto che tale strato viene rimosso nel corso delle attività di cantiere, si è ritenuto sufficiente assumere un valore minimo tipo bibliografico di modulo di rigidità longitudinale ($E_{25} = 5.0$ MPa).

In **Figura 5.5** sono riportati in funzione della profondità i valori di modulo elastico per un grado di mobilitazione della resistenza ultima del 25%, determinati sulla base dei risultati delle prove penetrometriche dinamiche (si veda §5.2.4 per dettagli).

Le tre linee rosse tratteggiate rappresentano i valori caratteristici di modulo elastico secante E25 assunti per le tre unità geotecniche significative:

- Unità GS – Ghiaia sabbiosa: $E_{25} = 15 \div 30$ MPa;
- Unità SGL – Sabbia ghiaiosa e limosa con ciottoli: $E_{25} = 30 \div 65$ MPa;
- Unità SL – Sabbia limosa: $E_{25} = 65$ MPa;

6.2.4 Peso di volume

In assenza di prove specifiche, come usuale per terreni a granulometria prevalentemente grossolana, sono stati ipotizzati i valori di peso di volume naturale, secco e sommerso sulla base della granulometria e dello stato di addensamento riscontrati nei terreni in sito.

I valori riportati in **Tabella 6.1** tengono quindi conto dell'andamento della densità relativa e del diverso contenuto in fine dei depositi.

In definitiva si sono assunti i seguenti valori di peso di volume naturale e saturo:

-	Unità V – Terreno vegetale:	$\gamma_N=18.0 \text{ kN/m}^3$	$\gamma_{SAT}=20.0 \text{ kN/m}^3$
-	Unità GS – Ghiaia sabbiosa:	$\gamma_N=18.0 \text{ kN/m}^3$	$\gamma_{SAT}=20.0 \text{ kN/m}^3$
-	Unità GSL – Sabbia ghiaiosa limosa:	$\gamma_N=19.5 \text{ kN/m}^3$	$\gamma_{SAT}=20.9 \text{ kN/m}^3$
-	Unità SL – Sabbia limosa:	$\gamma_N=20.0 \text{ kN/m}^3$	$\gamma_{SAT}=21.2 \text{ kN/m}^3$

6.3 Livello piezometrico di progetto

I dati disponibili, sia a grande scala sul sistema informativo ambientale della Città metropolitana di Milano, sia riguardanti i piezometri installati nell'area EX-SNIA hanno evidenziato la tendenza al progressivo innalzamento del livello di falda nell'area in oggetto.

Le misure effettuate nel corso delle indagini nel Maggio 2017 e nel Settembre 2017 hanno confermato la presenza del livello di falda a circa 20÷25 m da p.c., con livelli misurati alle quote di 137 m s.m. e 150.5 m s.m. rispettivamente.

Le oscillazioni del livello di falda nell'area in oggetto possono raggiungere anche i 5 m tra il minimo invernale ed il massimo a fine estate.

Sulla base delle considerazioni sopra riportate si assume:

- Livello di progetto falda: 152 m s.m.
- Possibile oscillazione livello di falda: $\pm 5 \text{ m}$

7 Caratterizzazione sismica

La definizione dei parametri sismici di progetto è stata eseguita, direttamente per il sito in esame, a partire dai parametri fondamentali per le opere in progetto.

7.1 Vita nominale, classi d'uso e periodo di riferimento delle opere

Sulla base delle caratteristiche dell'opera, sono stati scelti i seguenti parametri:

Tipo di costruzione: 2

Vita nominale: 50 anni

Classe d'uso: IV

Coefficiente C_u : 2.0

Tipo di costruzione: cat. 2 – Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale → $V_n \geq 50$ anni

Classe d'uso: IV – Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B di cui al D.M. 5 novembre 2011, n.6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti a itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì servite da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Coefficiente C_u : 2.0 – funzione della classe d'uso

7.2 Pericolosità sismica

I parametri di pericolosità sismica sono stati elaborati a partire dalle coordinate del sito di riferimento (porzione centrale dell'area interessata dalle vasche di laminazione).

Sito in esame

Latitudine: 45.588664°

Longitudine: 9.150550°

Sulla base di tali parametri di ingresso si ottengono i seguenti valori di pericolosità sismica:

Parametri stati limite	U.M.	SLD	SLV
Probabilità di superamento P_v	(%)	63	10
Tempo di ritorno T_r	(anni)	101	949
Accelerazione orizzontale massima (su suolo rigido) a_g	(g)	0.030	0.056
Valore massimo fattore amplificazione dello spettro di accelerazione orizzontale F_o	(-)	2.579	2.694

Parametri stati limite	U.M.	SLD	SLV
Valore massimo fattore amplificazione dello spettro di accelerazione verticale F_v	(-)	0.598	0.858
Tempo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale T*c	(s)	0.211	0.299

7.3 Categoria di sottosuolo e condizioni topografiche

La categoria di sottosuolo è stata definita sulla base dei risultati delle prove geognostiche in foro e delle indagini geofisiche effettuate nella campagna di indagini 2017.

Il parametro $V_{s,30}$ è stato calcolato direttamente mediante l'esecuzione di tre stendimenti di sismica a rifrazione, con misurazione sia delle onde di compressione V_p che delle onde di taglio V_s .

In particolare si sono ottenuti i seguenti valori:

- Stendimento B1-2: $V_{s,30}=455\div 485$ m/s
- Stendimento B3: $V_{s,30}=415$ m/s
- Stendimento B3-4: $V_{s,30}= 390\div 455$ m/s
- Stendimento P 1-2-3-4-5-10: $V_{s,30}= 364\div 532$ m/s
- Stendimento P 6-7-8-9: $V_{s,30}= 434\div 571$ m/s

Per tutte le sezioni di indagine il parametro $V_{s,30}$ corrisponde a quello della categoria di sottosuolo B.

Categoria di sottosuolo: B – Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori ai 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi fra 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).

Vista la topografia sostanzialmente pianeggiante del sito si assume categoria topografica T1.

Condizioni topografiche: T1 – Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i < 15^\circ$.

7.4 Azione sismica di progetto

In definitiva, in base a tutte le analisi sopra descritte i parametri sismici di progetto risultano.

Coefficienti sismici	SLD	SLV
S_s	1.2	1.2
C_c	1.502	1.401
S_T	1.0	1.0
a_{max} (g)	0.036	0.067

Per le analisi di stabilità delle opere in terra, riportate nelle specifiche relazioni di calcolo, le azioni sismiche sono state definite adottando l'approccio pseudo-statico previsto al §7.11.3.5.2 delle NTC2008, mediante l'adozione dei seguenti coefficienti sismici orizzontale e verticale:

$\beta_s = 0.20$ (dalla Tabella 7.11.I delle NTC2008);

$$k_h = \beta_s \times a_{\max(g)} = 0.2 \times 0.067 = 0.014g$$

$$k_v = \pm 0.5 k_h = \pm 0.007g$$

ALLEGATO A – Analisi granulometriche sondaggi geognostici

Certificato di prova n° 850 del 12/12/2017 - Parte 1 di 1

Pag. 1/2

Verbale di accettazione N° 36 del 14/11/2017

ANALISI GRANULOMETRICA DI UNA TERRA (ASTM D 422)

Committente:	Dott. Geol. Maurizio Visconti Vigevano (PV)	Data consegna:	14/11/2017
Cantiere:	AIPO Limbiate	Data inizio/fine prova:	17/11-12/12/2017
Ubicazione prelievo:	Sondaggio SG1-C1 (4,50-4,70)		
Campione N. :	36/1		

Descrizione del campione:

Campione rimaneggiato. Ghiaia sabbioso-limosa.

RISULTATO DELLA PROVA

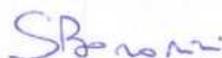
Analisi granulometrica eseguita:

per via secca

per via umida

ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA				
Crivelli (mm)	Setacci (mm)	Trattenuto parziale %	Trattenuto progressivo %	Passante progressivo %
	63			100,0
	31,5	4,0	4,0	96,0
	16	26,6	30,6	69,4
	8	15,9	46,5	53,5
	4	7,9	54,3	45,7
	2	4,4	58,7	41,3
	1	5,9	64,6	35,4
	0,5	5,8	70,5	29,5
	0,25	4,6	75,1	24,9
	0,125	4,0	79,1	20,9
	0,075	2,2	81,3	18,7
	<	18,7	100,0	0,0

Lo Sperimentatore
(S. Bonomini)



**LABORATORIO
GEOTECNOLOGICO PAVIA s.r.l.**

Il Direttore
(Dott. S. Bonfoco)



Dott. Geol. Maurizio Visconti
Vigevano (PV)
AIPO Limbiate

Committente:
Cantiere:

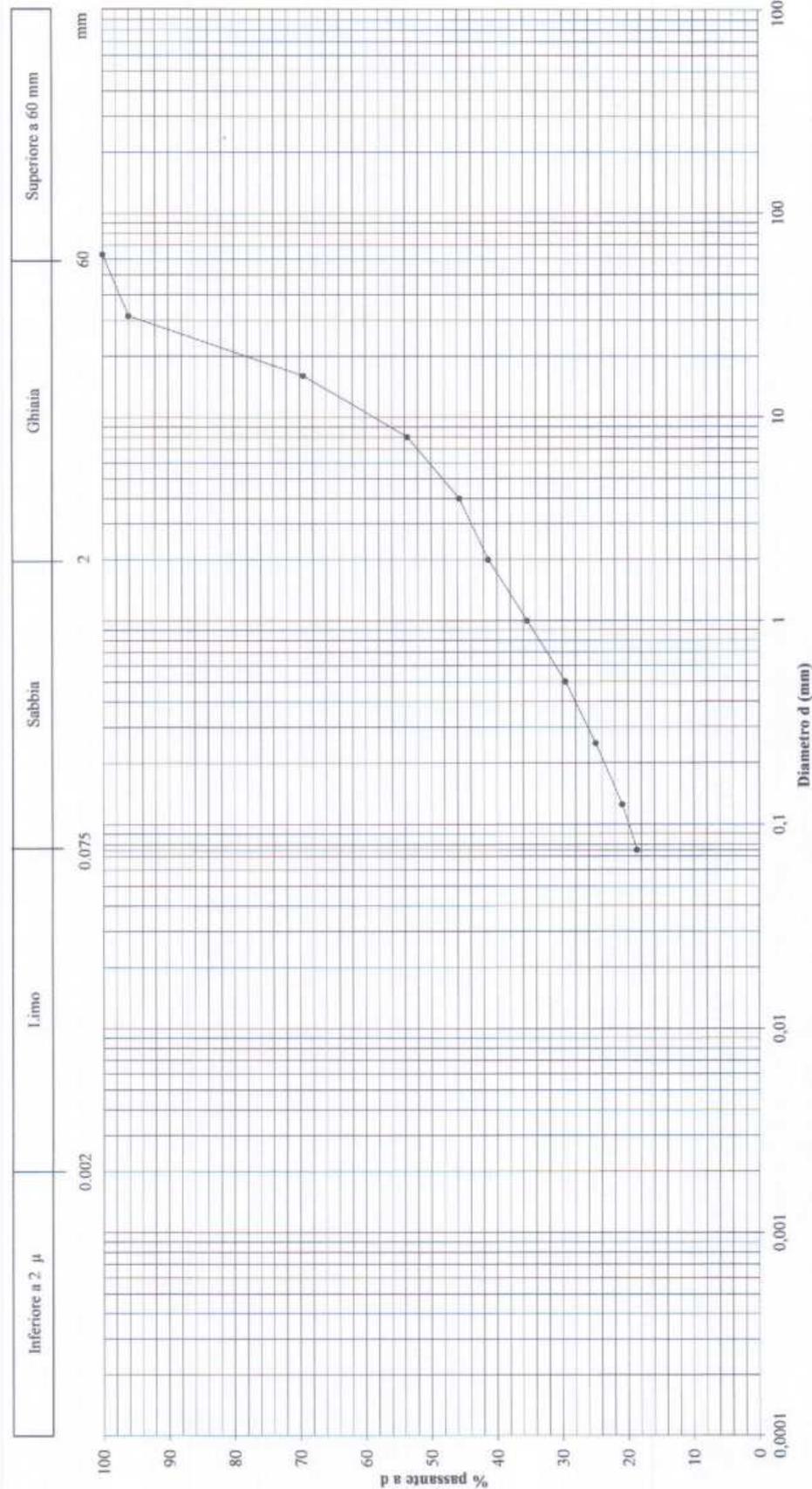
Data inizio/fine prova: 17/11-12/12/2017

Pag. 2/2

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422)

Certificato di prova n° 850 del 12/12/2017 - Parte 1 di 1

Campione	Ubicazione prelievo	< 2 μ	Limo	Sabbia	Ghiaia	60-120	120-240	D60	D30	D10	U	C
36/1	Sondaggio SG1-C1 (4,50-4,70)	%	19	%	22	%	59	mm	0,52	mm	1571	D ² 30/(D60*10)
		%		%		%						4



Il Direttore
(Dott. S. Bonifazi)

LABORATORIO
GEOTECNOLOGICO PAVIA s.r.l.

Lo Sperimentatore
(S. Bonomini)



Certificato di prova n° 851 del 12/12/2017 - Parte 1 di 1

Pag. 1/2

Verbale di accettazione N° 36 del 14/11/2017

ANALISI GRANULOMETRICA DI UNA TERRA (ASTM D 422)

Committente: Dott. Geol. Maurizio Visconti Data consegna: 24/11/2017
Vigevano (PV) Data inizio/fine prova: 27/11-01/12/2017
Cantiere: AIPO Limbiate
Ubicazione prelievo: Sondaggio SG1-C2 (7,00-7,20)
Campione N. : 36/2

Descrizione del campione:

Campione rimaneggiato. Ghiaia con sabbia limosa.

RISULTATO DELLA PROVA

Analisi granulometrica eseguita: per via secca
per via umida

ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA

Crivelli (mm)	Setacci (mm)	Trattenuto parziale %	Trattenuto progressivo %	Passante progressivo %
	63			100,0
	31,5	25,4	25,4	74,6
	16	3,6	29,0	71,0
	8	6,0	34,9	65,1
	4	5,7	40,6	59,4
	2	5,4	46,1	53,9
	1	7,2	53,2	46,8
	0,5	6,4	59,7	40,3
	0,25	5,5	65,2	34,8
	0,125	5,4	70,6	29,4
	0,075	2,9	73,5	26,5
	<	26,5	100,0	0,0

ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

Diametro equiv. (mm)	Totale passante %
0,0549	24,1
0,0385	21,3
0,0270	18,8
0,0189	16,5
0,0137	14,4
0,0096	12,2
0,0067	9,5
0,0046	7,3
0,0032	5,6
0,0023	4,1
0,0013	3,2

LABORATORIO
GEOTECNOLOGICO PAVIA s.r.l.

Lo Sperimentatore
(S. Bonomini)

S. Bonomini

Il Direttore
(Dott. S. Bonfoco)

S. Bonfoco

Dot. Geol. Maurizio Visconti
Vigevano (PV)
AIPO Limbiate

Committente:
Cantiere:

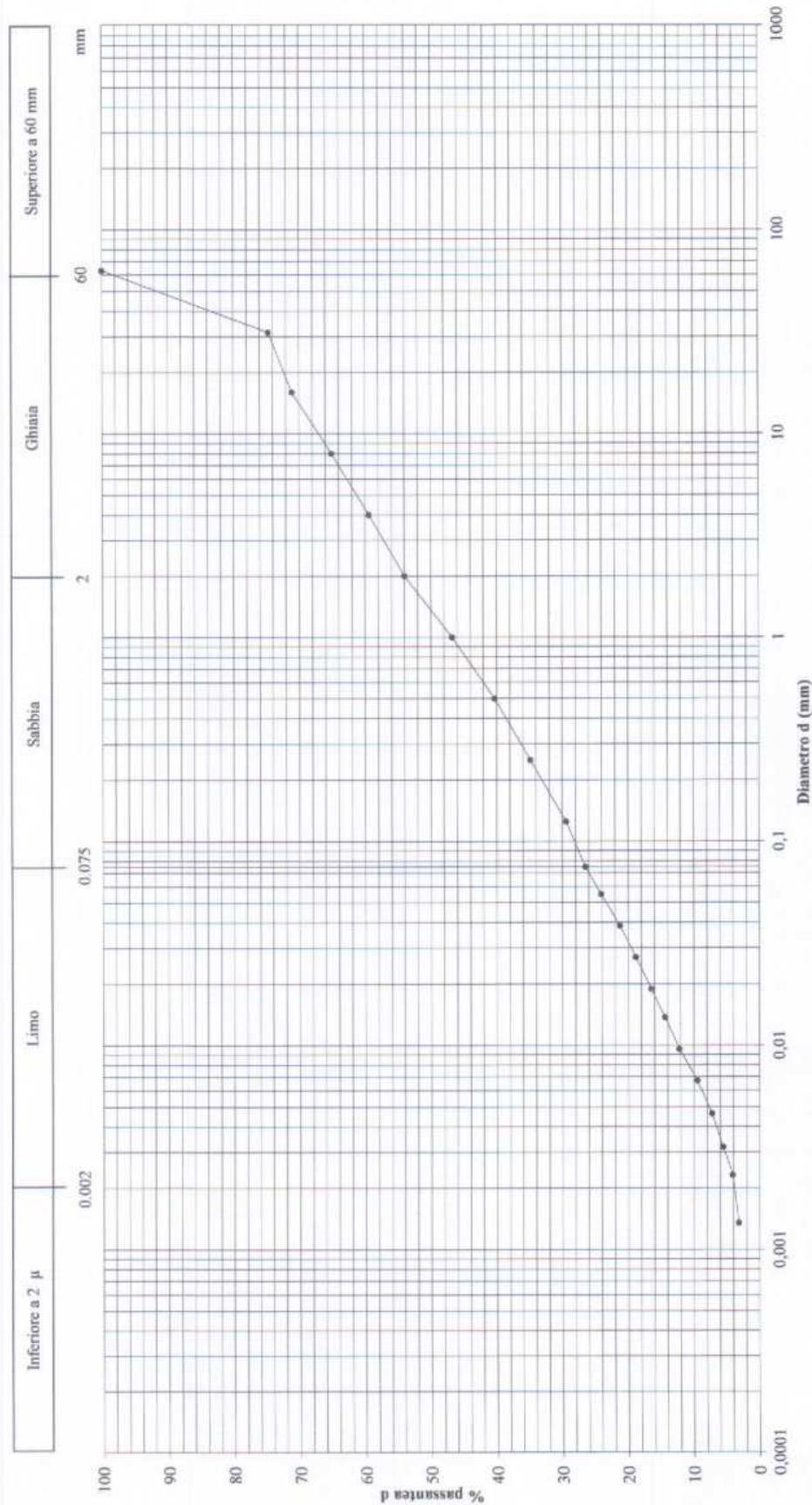
ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422)

Data inizio/fine prova: 27/11-01/12/2017

Pag. 2/2

Certificato di prova n° 851 del 12/12/2017 - Parte 1 di 1

Campione	Ubicazione prelievo	< 2 μ %	Limo %	Sabbia %	Ghiaia %	60-120 %	120-240 %	D60 mm	D30 mm	D10 mm	U D60/D10	C D ² 30/(D60*10)
36/2	Sondaggio SG1-C2 (7,00-7,20)	4	23	27	46			4,3	0,126	0,0072	597	0,5



Il Direttore
(Dot. S. Bonomi)

LABORATORIO
GEOTECNOLOGICO PAVIA s.r.l.

Lo Sperimentatore
(S. Bonomi)

Certificato di prova n° 852 del 12/12/2017 - Parte 1 di 1

Pag. 1/2

Verbale di accettazione N° 36 del 14/11/2017

ANALISI GRANULOMETRICA DI UNA TERRA (ASTM D 422)

Committente: Dott. Geol. Maurizio Visconti Data consegna: 24/11/2017
Vigevano (PV) Data inizio/fine prova: 27/11-01/12/2017
Cantiere: AIPO Limbiate
Ubicazione prelievo: Sondaggio SG1-C3 (11,40-11,60)
Campione N. : 36/3

Descrizione del campione:

Campione rimaneggiato. Ghiaia con sabbia limosa.

RISULTATO DELLA PROVA

Analisi granulometrica eseguita: per via secca
per via umida

ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA

Crivelli (mm)	Setacci (mm)	Trattenuto parziale %	Trattenuto progressivo %	Passante progressivo %
	31,5			100,0
	16	14,2	14,2	85,8
	8	9,5	23,7	76,3
	4	8,7	32,4	67,6
	2	5,6	38,0	62,0
	1	7,1	45,1	54,9
	0,5	7,9	53,0	47,0
	0,25	7,9	60,9	39,1
	0,125	7,9	68,8	31,2
	0,075	4,7	73,5	26,5
	<	26,5	100,0	0,0

ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

Diametro equiv. (mm)	Totale passante %
0,0549	23,9
0,0385	21,6
0,0270	19,2
0,0190	16,9
0,0138	14,7
0,0096	12,6
0,0067	10,0
0,0047	7,7
0,0032	5,9
0,0023	4,5
0,0014	3,7

Lo Sperimentatore (S. Bonomini) LABORATORIO GEOTECNOLOGICO PAVIA s.r.l. Il Direttore (Dott. S. Bonfoco)

S. Bonomini

S. Bonfoco

Committente:
Dott. Geol. Maurizio Visconti
Vigevano (PV)
AIPO Lombrate

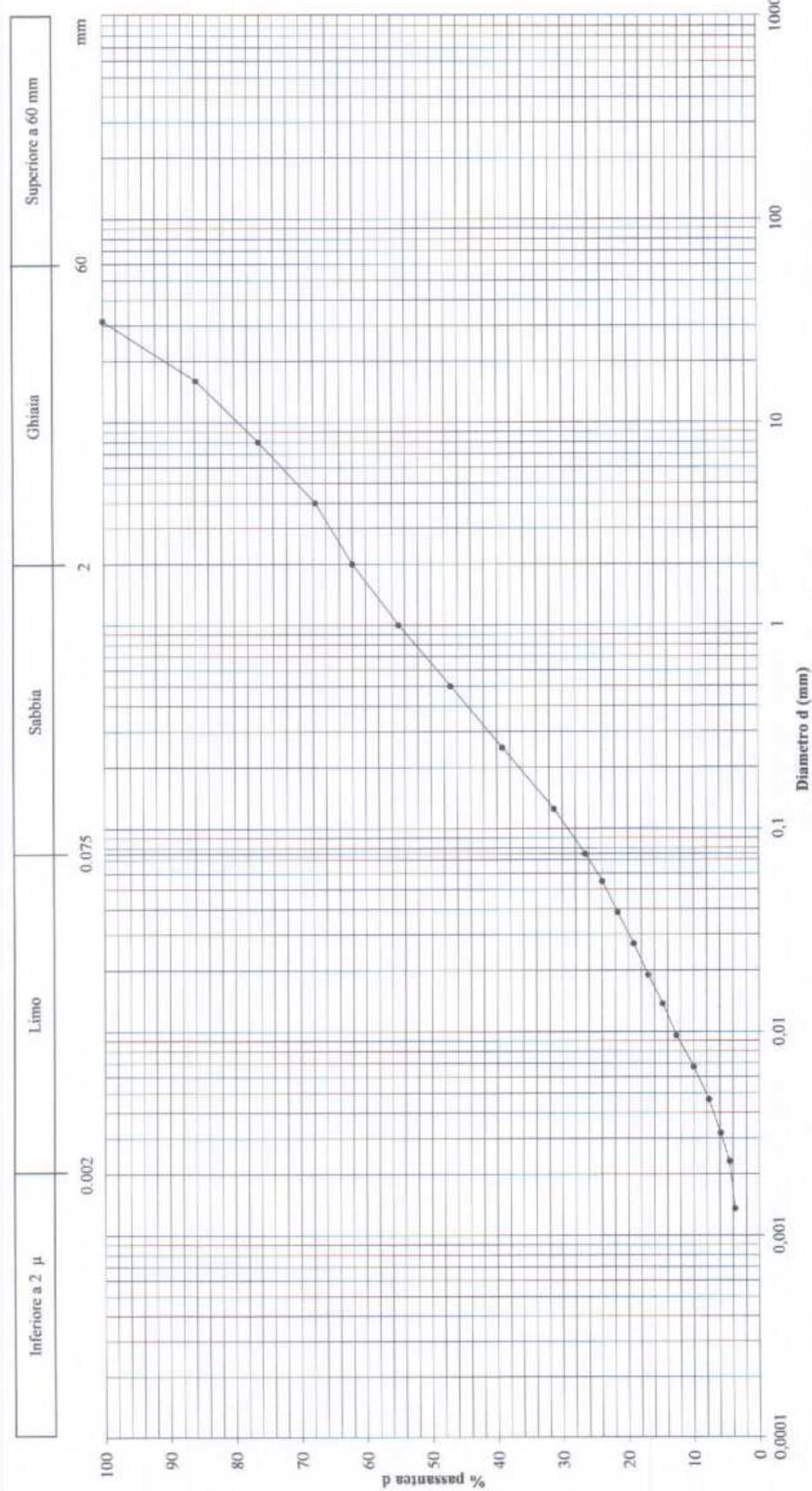
ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422)

Data inizio/fine prova: 27/11-01/12/2017

Pag. 2/2

Certificato di prova n° 852 del 12/12/2017 - Parte 1 di 1

Campione	Ubicazione prelievo	< 2 μ %	Limo %	Sabbia %	Ghiaia %	60-120 %	120-240 %	D60 mm	D30 mm	D10 mm	U D60/D10	C D ₃₀ /(D ₆₀ *10)
36/3	Sondaggio SG1-C3 (11,40-11,60)	4	23	35	38			1,6	0,110	0,0067	239	1,1



Il Direttore
(Dott. S. Benfocet)

LABORATORIO
GEOTECNOLOGICO PAVIA s.r.l.

L.º Sperimentatore
(S. Bonomini)



Certificato di prova n° 853 del 12/12/2017 - Parte 1 di 1

Pag. 1/2

Verbale di accettazione N° 36 del 14/11/2017

ANALISI GRANULOMETRICA DI UNA TERRA (ASTM D 422)

Committente:	Dott. Geol. Maurizio Visconti Vigevano (PV)	Data consegna:	14/11/2017
Cantiere:	AIPO Limbiate	Data inizio/fine prova:	17/11-12/12/2017
Ubicazione prelievo:	Sondaggio SG1-C4 (17,00-17,20)		
Campione N. :	36/4		

Descrizione del campione:

Campione rimaneggiato. Ghiaia con sabbia limosa.

RISULTATO DELLA PROVA

Analisi granulometrica eseguita:

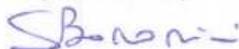
per via secca

per via umida

ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA

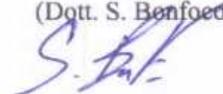
Crivelli (mm)	Setacci (mm)	Trattenuto parziale %	Trattenuto progressivo %	Passante progressivo %
	63			100,0
	31,5	6,1	6,1	93,9
	16	18,3	24,3	75,7
	8	14,1	38,4	61,6
	4	7,0	45,4	54,6
	2	8,6	54,0	46,0
	1	8,1	62,1	37,9
	0,5	9,7	71,8	28,2
	0,25	8,8	80,7	19,3
	0,125	5,7	86,4	13,6
	0,075	2,6	89,0	11,0
	<	11,0	100,0	0,0

Lo Sperimentatore
(S. Bonomini)



**LABORATORIO
GEOTECNOLOGICO PAVIA s.r.l.**

Il Direttore
(Dott. S. Bonfoco)



Dot. Geol. Maurizio Visconti
Vigevano (PV)
AIPO Limbiate

Committente:
Cantiere:

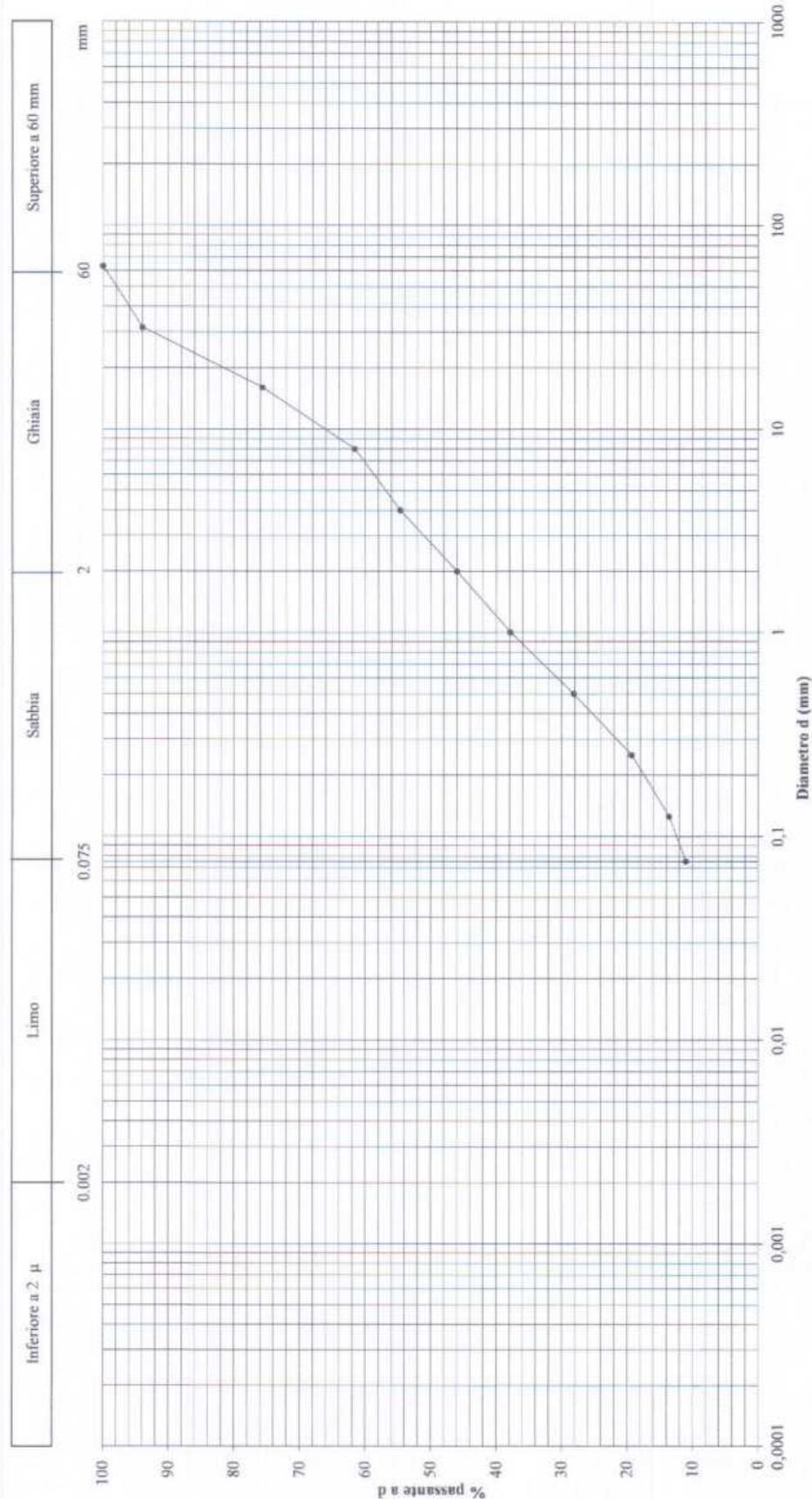
Data inizio/fine prova: 17/11-12/12/2017

Pag. 2/2

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422)

Certificato di prova n° 853 del 12/12/2017 - Parte 1 di 1

Campione	Ubicazione prelievo	<2 μ %	Limo %	Sabbia %	Ghiaia %	60-120 %	120-240 %	D60 mm	D30 mm	D10 mm	U D60/D10	C D ² 30/(D60*10)
36/4	Sondaggio SG1-C4 (17,00-17,20)		11	35	54			6,9	0,58	0,0620	111	0,8



Il Direttore
(Dot. S. Bonfacci)

LABORATORIO
GEOTECONOLOGICO PAVIA s.r.l.

L. Sperimentatore
(S. Bonomi)

Certificato di prova n° 854 del 12/12/2017 - Parte 1 di 1

Pag. 1/2

Verbale di accettazione N° 36 del 14/11/2017

ANALISI GRANULOMETRICA DI UNA TERRA
(ASTM D 422)

Committente: Dott. Geol. Maurizio Visconti Data consegna: 24/11/2017
Vigevano (PV) Data inizio/fine prova: 27/11-01/12/2017
Cantiere: AIPO Limbiate
Ubicazione prelievo: Sondaggio SG1-C5 (24,70-24,90)
Campione N. : **36/5**

Descrizione del campione:

Campione rimaneggiato. Ghiaia con sabbia limosa.

RISULTATO DELLA PROVA

Analisi granulometrica eseguita: per via secca
per via umida

ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA

Crivelli (mm)	Setacci (mm)	Trattenuto parziale %	Trattenuto progressivo %	Passante progressivo %
	63			100,0
	31,5	12,0	12,0	88,0
	16	6,5	18,5	81,5
	8	8,8	27,3	72,7
	4	7,8	35,1	64,9
	2	5,8	40,9	59,1
	1	7,9	48,9	51,1
	0,5	10,3	59,1	40,9
	0,25	8,0	67,1	32,9
	0,125	6,7	73,8	26,2
	0,075	3,7	77,5	22,5
	<	22,5	100,0	0,0

ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

Diametro equiv. (mm)	Totale passante %
0,0549	20,4
0,0385	18,0
0,0270	15,7
0,0189	13,7
0,0137	11,8
0,0096	9,8
0,0067	7,3
0,0046	5,9
0,0032	4,6
0,0023	3,1
0,0013	2,1

LABORATORIO

Lo Sperimentatore **GEOTECNOLOGICO PAVIA s.r.l.** Il Direttore
(S. Bonomini) (Dott. S. Bonifazi)



Il presente documento può essere riprodotto solo con l'autorizzazione di questo laboratorio. Le copie non autorizzate saranno considerate contraffatte.

Laboratorio GeoTecnologico Pavia s.r.l. | Via del Commercio, 2/A | 27010 Cura Carpignano (PV) | tel 0382-483389 | fax 0382-483389
P.Iva 02528750181 | Capitale sociale € 100.000,00 | C.C.I.A.A. Pavia n° 281187 | www.laboratorioglp.it | info@laboratorioglp.it



ASACERT
ISO 9001:2008

Dot. Geol. Maurizio Visconti
Vigevano (PV)
AIPO Lombriate

Committente:
Cantiere:

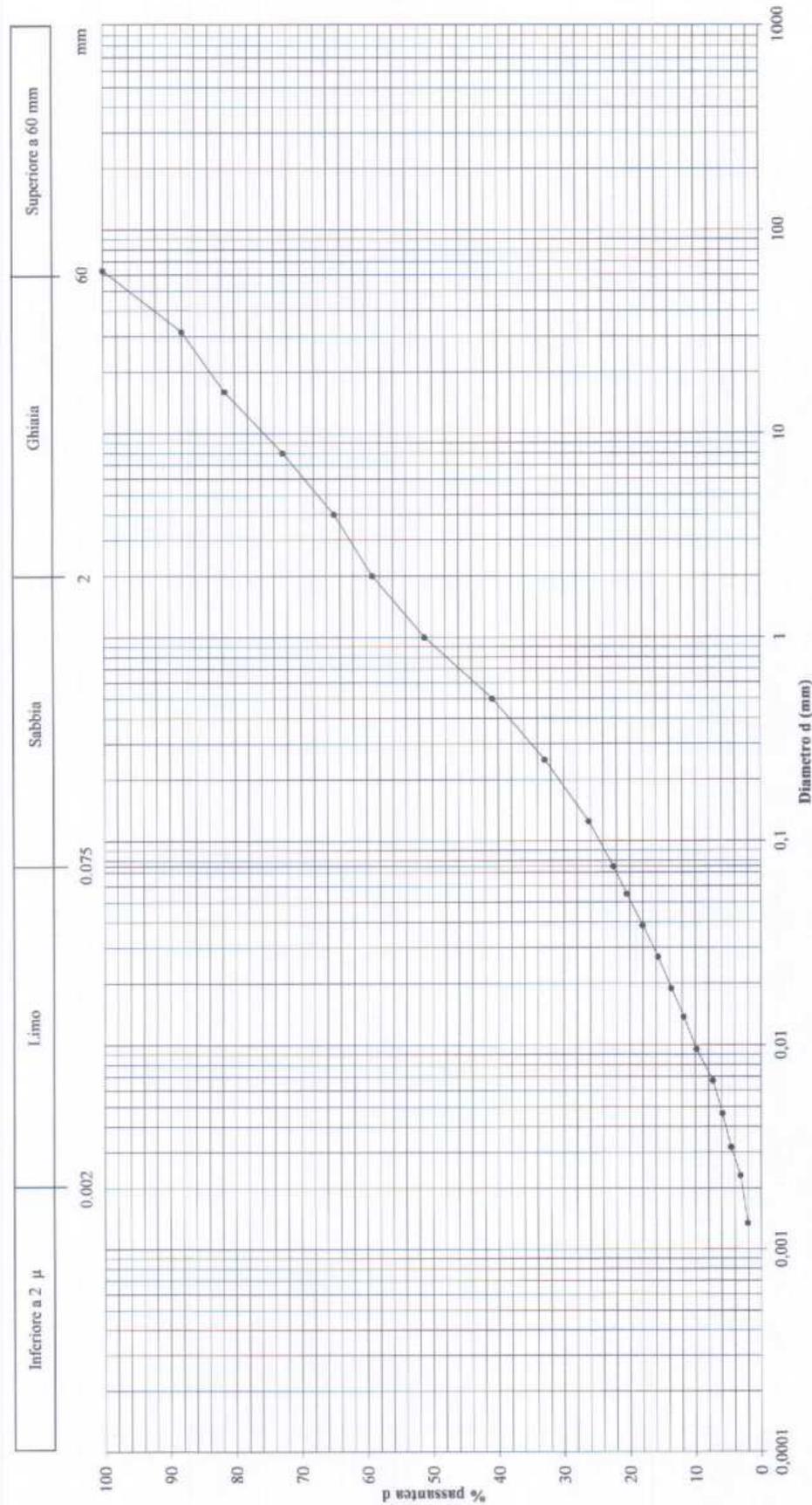
Data inizio/fine prova: 27/11-01/12/2017

Pag. 2/2

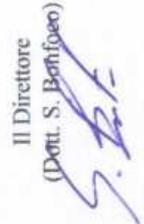
ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422)

Certificato di prova n° 854 del 12/12/2017 - Parte I di I

Campione	Ubicazione prelievo	< 2 μ %	Limo %	Sabbia %	Ghiaia %	60-120 %	120-240 %	D60 mm	D30 mm	D10 mm	U D60/D10	C D ₃₀ /(D ₆₀ *10)
36/5	Sondaggio SG1-CS (24,70-24,90)	3	19	37	41			2,2	0,180	0,0098	224	1,5

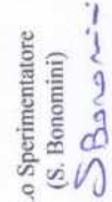


Il Direttore
(Dot. S. Bonifazi)



LABORATORIO
GEOTECNOLOGICO PAVIA s.r.l.

Lo Sperimentatore
(S. Bonomini)



Certificato di prova n° 855 del 12/12/2017 - Parte 1 di 1

Pag. 1/2

Verbale di accettazione N° 36 del 14/11/2017

ANALISI GRANULOMETRICA DI UNA TERRA (ASTM D 422)

Committente: Dott. Geol. Maurizio Visconti Data consegna: 24/11/2017
Vigevano (PV) Data inizio/fine prova: 27/11-01/12/2017
Cantiere: AIPO Limbiate
Ubicazione prelievo: Sondaggio SG1-C6 (27,50-27,70)
Campione N. : 36/6

Descrizione del campione:

Campione rimaneggiato. Limo sabbioso debolmente argilloso.

RISULTATO DELLA PROVA

Analisi granulometrica eseguita: per via secca
per via umida

ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA

Crivelli (mm)	Setacci (mm)	Trattenuto parziale %	Trattenuto progressivo %	Passante progressivo %
	4			100,0
	2	0,3	0,3	99,7
	1	0,1	0,4	99,6
	0,5	0,7	1,1	98,9
	0,25	1,6	2,7	97,3
	0,125	4,8	7,4	92,6
	0,075	11,6	19,0	81,0
	<	81,0	100,0	0,0

ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

Diametro equiv. (mm)	Totale passante %
0,0549	73,6
0,0385	64,6
0,0269	53,1
0,0188	42,8
0,0136	35,0
0,0095	26,4
0,0066	19,3
0,0046	14,8
0,0032	10,6
0,0023	8,4
0,0013	6,1

Lo Sperimentatore
(S. Bonomini)

LABORATORIO
GEOTECNOLOGICO PAVIA s.r.l. Il Direttore
(Dott. S. Bonfoco)

S. Bonomini

S. Bonfoco

Dot. Geol. Maurizio Visconti
Vigevano (PV)
AIPO Lumbiate

Committente:
Cantiere:

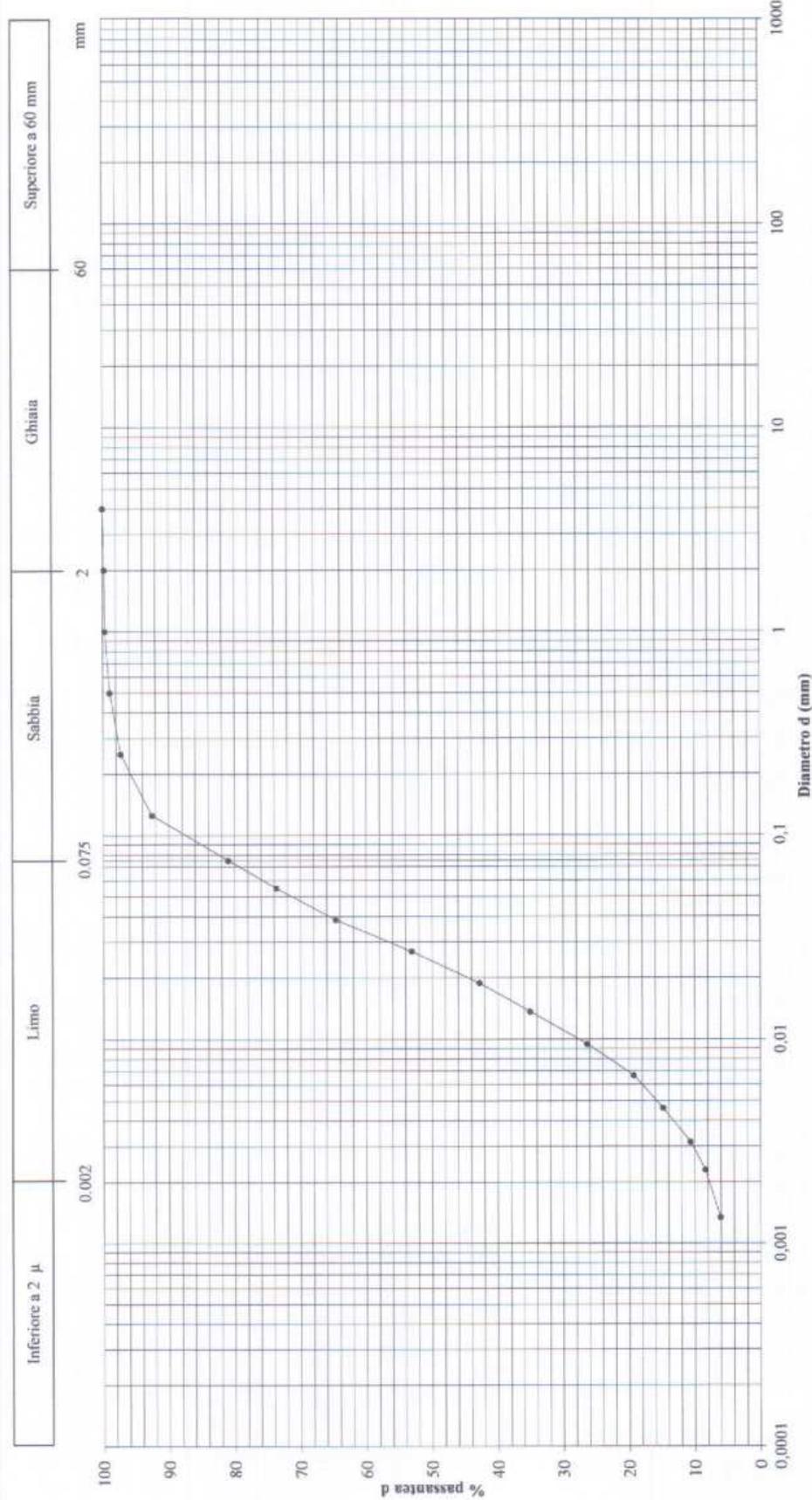
Data inizio/fine prova: 27/11-01/12/2017

Pag. 2/2

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422)

Certificato di prova n° 855 del 12/12/2017 - Parte I di I

Campione	Ubicazione prelievo	< 2 μ	Limo	Sabbia	Ghiaia	60-120	120-240	D60	D30	D10	U	C
36/6	Sondaggio SG1-C6 (27,50-27,70)	%	%	%	%	%	%	mm	mm	mm	D60/D10	D ³⁰ /(D60*10)
		8	73	19				0,033	0,012	0,0028	12	1,6

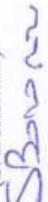


Il Direttore
(Dot. S. Bonifacio)



LABORATORIO
GEOTECNOLOGICO PAVIA s.r.l.

L.o Sperimentatore
(S. Bonomini)



Certificato di prova n° 856 del 12/12/2017 - Parte 1 di 1

Pag. 1/2

Verbale di accettazione N° 36 del 14/11/2017

ANALISI GRANULOMETRICA DI UNA TERRA (ASTM D 422)

Committente: Dott. Geol. Maurizio Visconti Data consegna: 24/11/2017
Vigevano (PV) Data inizio/fine prova: 27/11-01/12/2017
Cantiere: AIPO Limbiate
Ubicazione prelievo: Sondaggio SG1-C7 (32,00-32,20)
Campione N. : 36/7

Descrizione del campione:

Campione rimaneggiato. Sabbia ghiaioso-limoso.

RISULTATO DELLA PROVA

Analisi granulometrica eseguita: per via secca
per via umida

ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA				
Crivelli (mm)	Setacci (mm)	Trattenuto parziale %	Trattenuto progressivo %	Passante progressivo %
	31,5			100,0
	16	6,3	6,3	93,7
	8	7,9	14,2	85,8
	4	4,7	18,9	81,1
	2	3,7	22,6	77,4
	1	5,7	28,3	71,7
	0,5	12,7	40,9	59,1
	0,25	17,4	58,4	41,6
	0,125	10,0	68,4	31,6
	0,075	4,3	72,7	27,3
	<	27,3	100,0	0,0

ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

Diametro equiv. (mm)	Totale passante %
0,0548	24,3
0,0385	22,1
0,0270	19,8
0,0190	17,2
0,0138	15,3
0,0096	13,0
0,0067	10,4
0,0047	8,0
0,0032	6,3
0,0023	4,8
0,0014	4,2

Lo Sperimentatore
(S. Bonomini)

S. Bonomini

LABORATORIO
GEOTECNOLOGICO PAVIA s.r.l. Il Direttore
(Dott. S. Bonfoco)

S. Bonfoco

Committente:
Dott. Geol. Maurizio Visconti
Vigevano (PV)
AIPO Limbiate

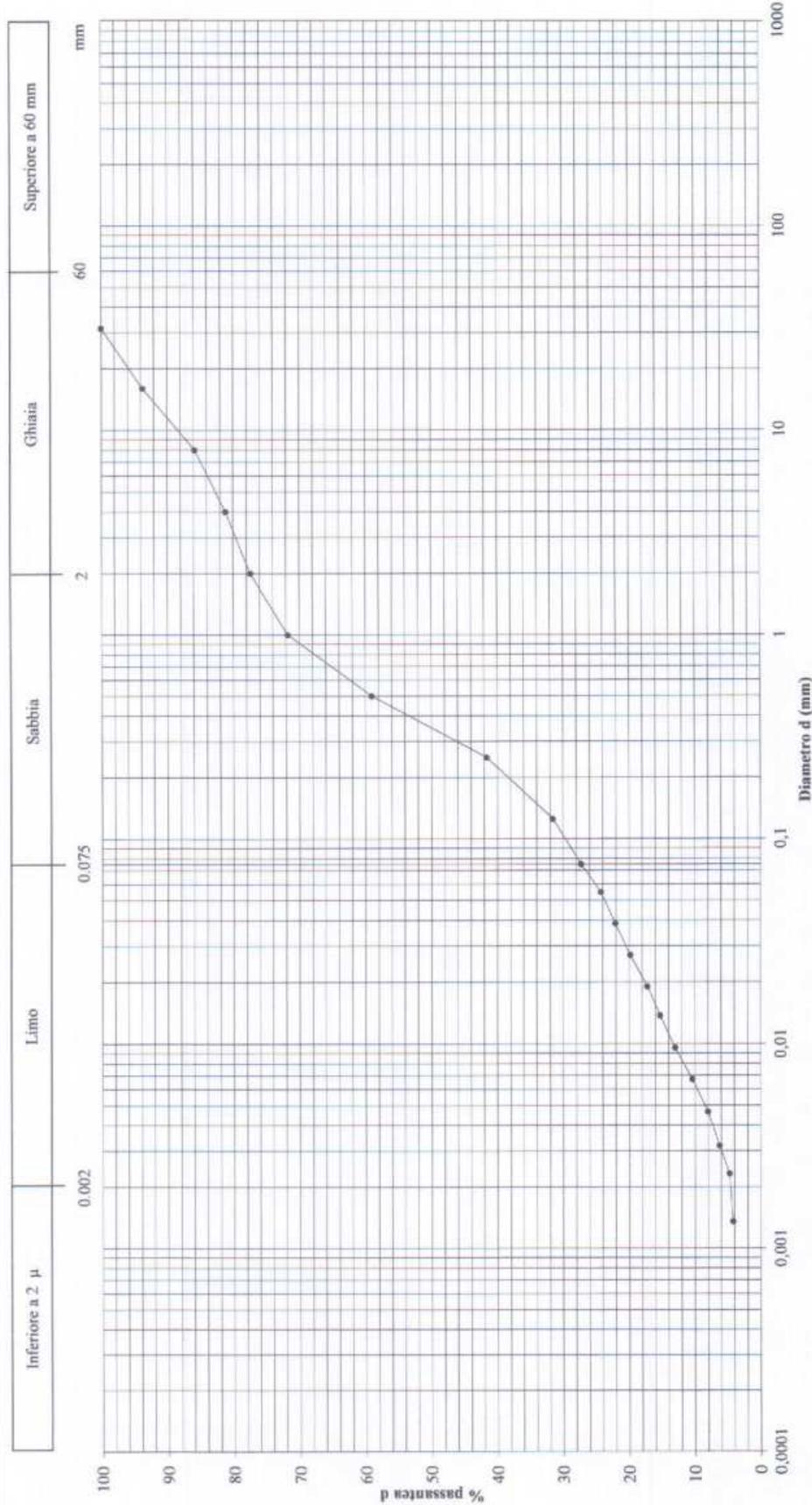
ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422)

Data inizio/fine prova: 27/11-01/12/2017

Pag. 2/2

Certificato di prova n° 856 del 12/12/2017 - Parte 1 di 1

Campione	Ubicazione prelievo	< 2 μ %	Limo %	Sabbia %	Ghiaia %	60-120 %	120-240 %	D60 mm	D30 mm	D10 mm	U D60/D10	C D ² 30/(D60*10)
36/7	Sondaggio SG1-C7 (32.00-32.20)	4	23	50	23			0,52	0,11	0,0065	80	3,6



Il Direttore
(Dott. S. Bonfocci)

LABORATORIO
GEOTECNOLOGICO PAVIA s.r.l.

L.º Sperimentatore
(S. Bonomini)

Certificato di prova n° 857 del 12/12/2017 - Parte 1 di 1

Pag. 1/2

Verbale di accettazione N° 36 del 14/11/2017

ANALISI GRANULOMETRICA DI UNA TERRA (ASTM D 422)

Committente: Dott. Geol. Maurizio Visconti Data consegna: 24/11/2017
Vigevano (PV) Data inizio/fine prova: 27/11-01/12/2017
Cantiere: AIPO Limbate
Ubicazione prelievo: Sondaggio SG1-C8 (35,80-36,00)
Campione N. : 36/8

Descrizione del campione:

Campione rimaneggiato. Sabbia con ghiaia e con limo debolmente argillosa.

RISULTATO DELLA PROVA

Analisi granulometrica eseguita: *per via secca*
per via umida

ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA				
Crivelli (mm)	Setacci (mm)	Trattenuto parziale %	Trattenuto progressivo %	Passante progressivo %
	31,5			100,0
	16	6,2	6,2	93,8
	8	8,8	15,0	85,0
	4	6,5	21,5	78,5
	2	5,3	26,8	73,2
	1	6,9	33,6	66,4
	0,5	11,7	45,4	54,6
	0,25	10,3	55,7	44,3
	0,125	7,3	63,0	37,0
	0,075	4,3	67,3	32,7
	<	32,7	100,0	0,0

ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE	
Diametro equiv. (mm)	Totale passante %
0,0550	30,3
0,0386	27,0
0,0271	24,4
0,0190	21,6
0,0138	19,2
0,0096	16,4
0,0067	13,2
0,0047	11,2
0,0032	8,8
0,0023	6,6
0,0014	5,3

Lo Sperimentatore **LABORATORIO GEOTECNOLOGICO PAVIA s.r.l.**
(S. Bonomini)

Il Direttore
(Dott. S. Bonfoco)

S. Bonomini

S. Bonfoco

Dot. Geol. Maurizio Visconti
Vigevano (PV)
AIPO Lombiate

Committente:
Cantiere:

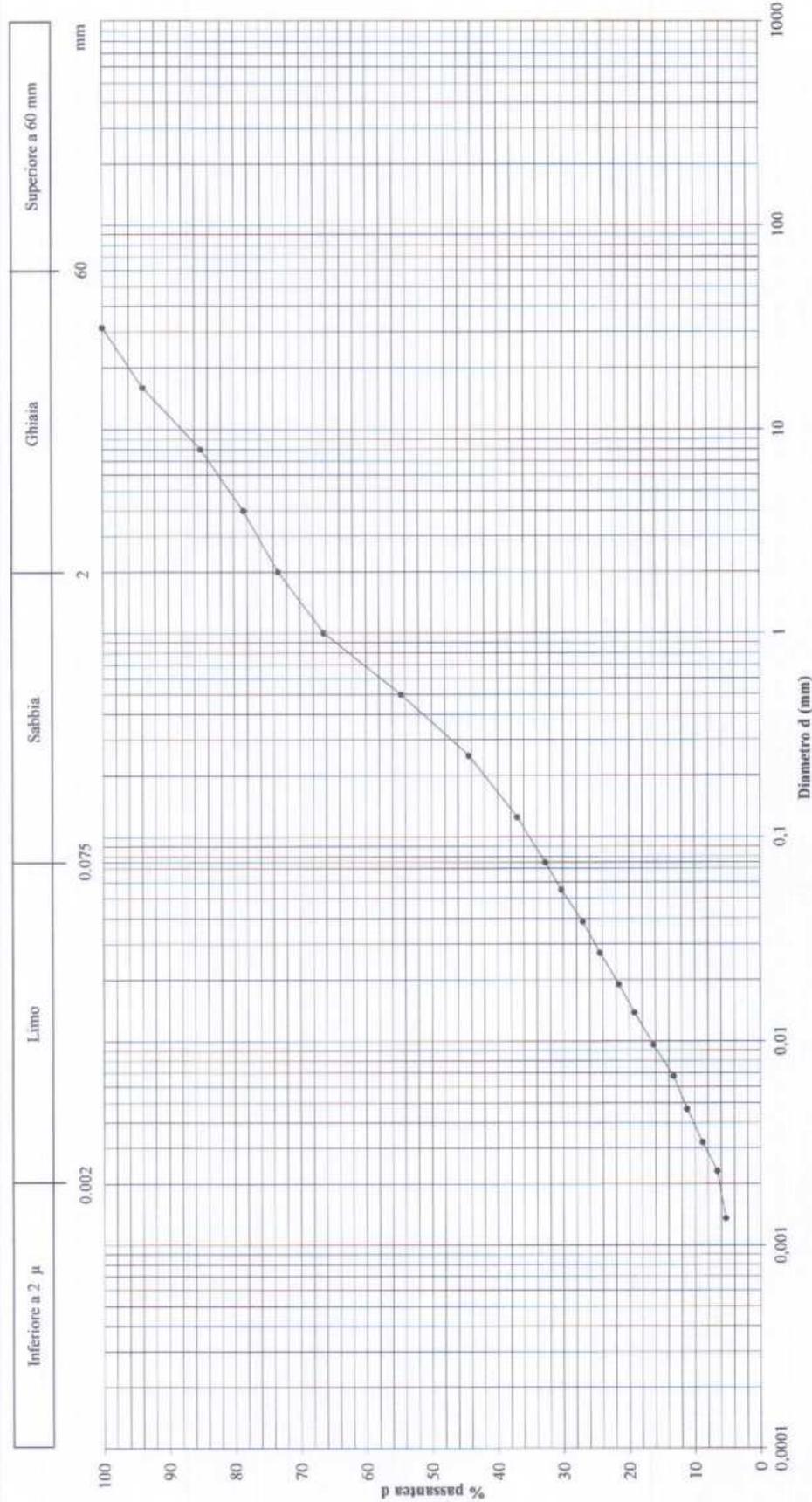
Data inizio/fine prova: 27/11-01/12/2017

Pag. 2/2

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422)

Certificato di prova n° 857 del 12/12/2017 - Parte 1 di 1

Campione	Ubicazione prelievo	< 2 μ	Limo	Sabbia	Ghiaia	60-120	120-240	D60	D30	D10	U	C
36/8	Sondaggio SG1-C8 (35,80-36,00)	%	%	%	%	%	%	mm	mm	mm	D60/D10	D ³⁰ /(D60*10)
		6	27	40	27			0,7	0,054	0,0039	179	1,1



Il Direttore
(Dot. S. Bonifazi)



LABORATORIO
GEOTECNOLOGICO PAVIA s.r.l.

L. Sperimentatore
(S. Bonomini)

Certificato di prova n° 858 del 12/12/2017 - Parte 1 di 1

Pag. 1/2

Verbale di accettazione N° 37 del 14/11/2017

**ANALISI GRANULOMETRICA DI UNA TERRA
(ASTM D 422)**

Committente: Dott. Geol. Maurizio Visconti Data consegna: 14/11/2017
Vigevano (PV) Data inizio/fine prova: 17/11-12/12/2017

Cantiere: AIPO Limbiate

Ubicazione prelievo: Sondaggio SG2-C1 (3,80-4,00)

Campione N. : 37/1

Descrizione del campione:

Campione rimaneggiato. Ghiaia sabbioso-limosa.

RISULTATO DELLA PROVA

Analisi granulometrica eseguita:

per via secca

per via umida



ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA

Crivelli (mm)	Setacci (mm)	Trattenuto parziale %	Trattenuto progressivo %	Passante progressivo %
	63			100,0
	31,5	29,6	29,6	70,4
	16	13,8	43,5	56,5
	8	11,9	55,3	44,7
	4	9,3	64,6	35,4
	2	4,9	69,5	30,5
	1	5,5	75,0	25,0
	0,5	5,1	80,1	19,9
	0,25	3,8	83,9	16,1
	0,125	3,0	86,9	13,1
	0,075	1,7	88,6	11,4
	<	11,4	100,0	0,0

LABORATORIO
GEOTECNOLOGICO PAVIA s.r.l.

Lo Sperimentatore
(S. Bonomini)

S. Bonomini

Il Direttore
(Dott. S. Bonfoce)

S. Bonfoce

Comitente:
Dott. Geol. Maurizio Visconti
Vigevano (PV)
AIPO Limbiate

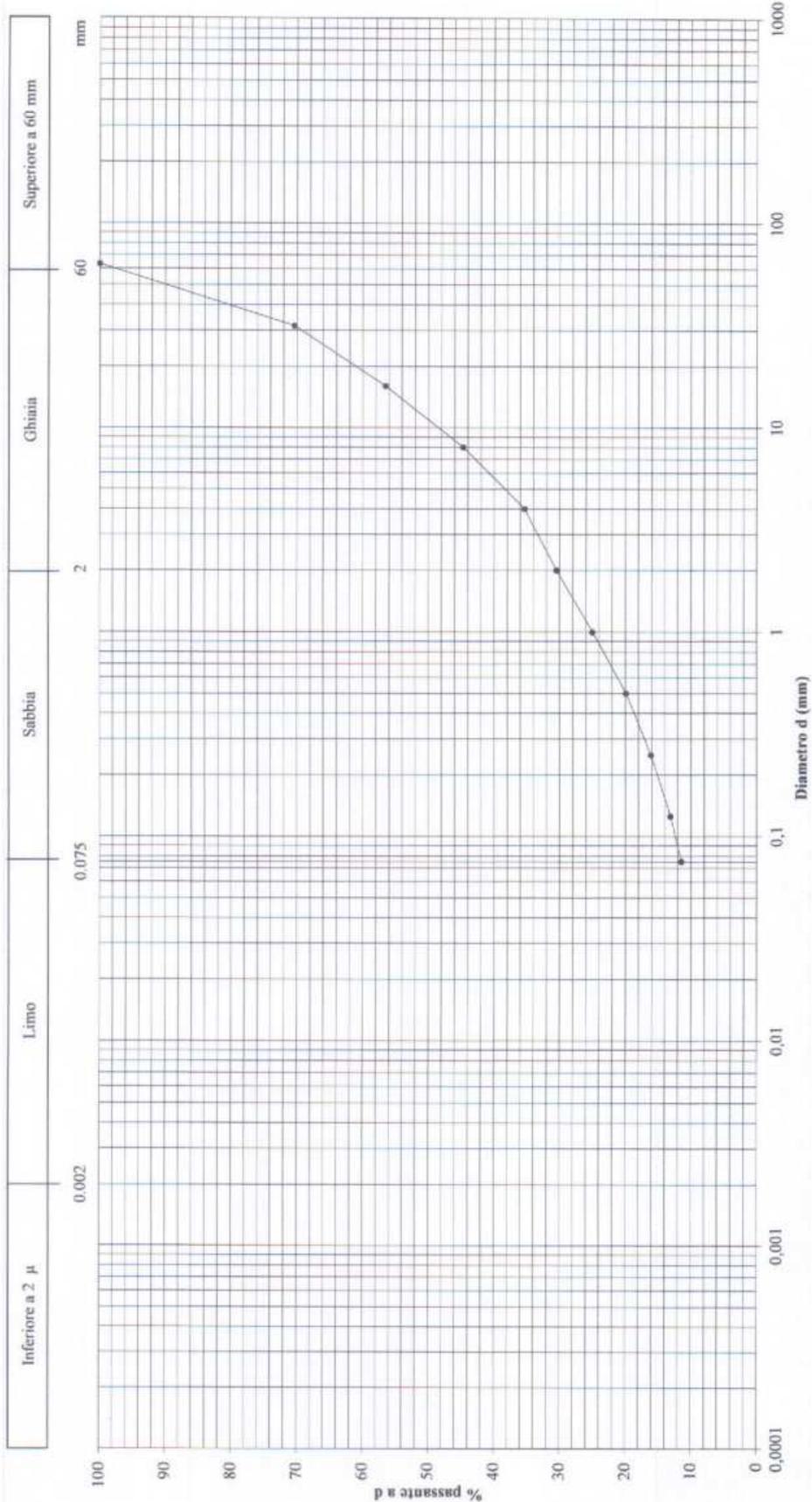
ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422)

Data inizio/fine prova: 17/11-12/12/2017

Pag. 2/2

Certificato di prova n° 858 del 12/12/2017 - Parte 1 di 1

Campione	Ubicazione prelievo	< 2 µ	Limo	Sabbia	Ghiaia	60-120	120-240	D60	D30	D10	U	C
37/1	Sondaggio SG2-C1 (3,80-4,00)	%	%	%	%	%	%	mm	mm	mm	D60/D10	D ⁵ -30/(D60*10)
			11	19	70			18	1,9	0,052	346	3,9



Il Direttore
(Dott. S. Bonfoco)

LABORATORIO
GEOTECNOLOGICO PAVIA s.r.l.

Lo Sperimentatore
(S. Bonomini)

Certificato di prova n° 859 del 12/12/2017 - Parte 1 di 1

Pag. 1/2

Verbale di accettazione N° 37 del 14/11/2017

ANALISI GRANULOMETRICA DI UNA TERRA (ASTM D 422)

Committente: Dott. Geol. Maurizio Visconti Data consegna: 14/11/2017
Vigevano (PV) Data inizio/fine prova: 17/11-12/12/2017
Cantiere: AIPO Limbiate
Ubicazione prelievo: Sondaggio SG2-C2 (9,00-9,50)
Campione N. : 37/2

Descrizione del campione:

Campione rimaneggiato. Ghiaia con sabbia limosa.

RISULTATO DELLA PROVA

Analisi granulometrica eseguita:

per via secca

per via umida

ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA

Crivelli (mm)	Setacci (mm)	Trattenuto parziale %	Trattenuto progressivo %	Passante progressivo %
	31,5			100,0
	16	19,8	19,8	80,2
	8	12,5	32,3	67,7
	4	7,8	40,1	59,9
	2	7,4	47,6	52,4
	1	8,4	56,0	44,0
	0,5	7,4	63,4	36,6
	0,25	7,1	70,5	29,5
	0,125	6,9	77,4	22,6
	0,075	3,8	81,2	18,8
	<	18,8	100,0	0,0

Lo Sperimentatore
(S. Bonomini)

S. Bonomini

LABORATORIO
GEOTECNOLOGICO PAVIA s.r.l.

Il Direttore
(Dott. S. Bonforno)

S. Bonforno

Committente: Dott. Geol. Maurizio Viscconti
Vigevano (PV)
AIPO Limbiate

Cantiere: AIPO Limbiate

Data inizio/fine prova: 17/11-12/12/2017

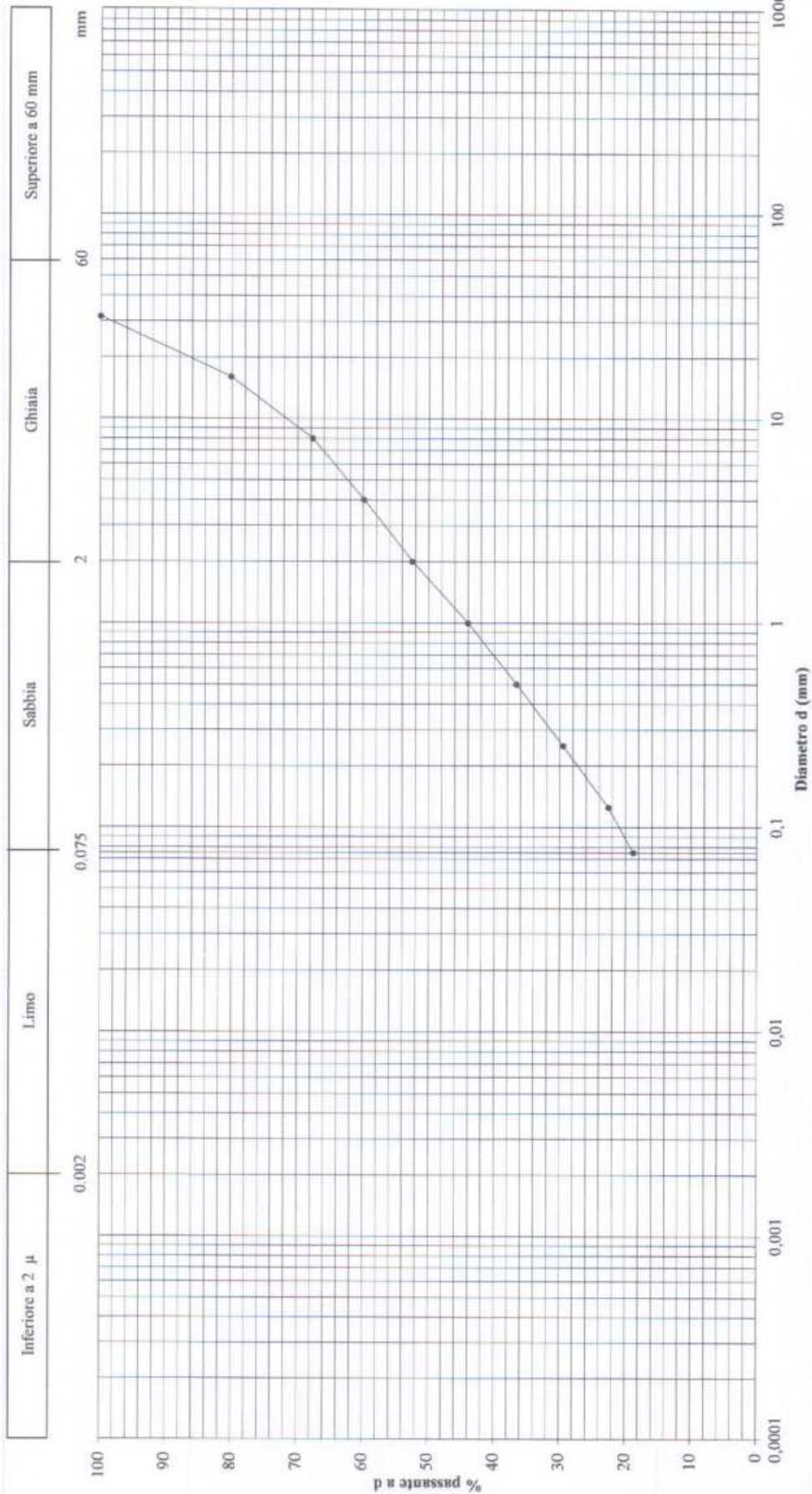
Pag. 2/2

ANALISI GRANULOMETRICA

(ASTM D 422)

Certificato di prova n° 859 del 12/12/2017 - Parte 1 di 1

Campione	Ubicazione prelievo	< 2 μ	Limo	Sabbia	Ghiaia	60-120	120-240	D60	D30	D10	U	C
37/2	Sondaggio SG2-C2 (9,00-9,50)	%	%	%	%	%	%	mm	mm	mm	D60/D10	D ² 30/(D60*10)
			19	33	48			4	0,27	0,022	182	0,8

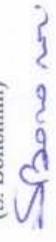


Il Direttore
(Dott. S. Benfocò)



LABORATORIO
GEOTECNOLOGICO PAVIA s.r.l.

Lo Sperimentatore
(S. Bonomini)



Certificato di prova n° 860 del 12/12/2017 - Parte 1 di 1

Pag. 1/2

Verbale di accettazione N° 37 del 14/11/2017

ANALISI GRANULOMETRICA DI UNA TERRA
(ASTM D 422)

Committente: Dott. Geol. Maurizio Visconti Data consegna: 24/11/2017
Vigevano (PV) Data inizio/fine prova: 27/11-01/12/2017
Cantiere: AIPO Limbiate
Ubicazione prelievo: Sondaggio SG2-C3 (10,00-10,50)
Campione N. : 37/3

Descrizione del campione:

Campione rimaneggiato. Ghiaia con sabbia limosa.

RISULTATO DELLA PROVA

Analisi granulometrica eseguita: per via secca
per via umida

ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA				
Crivelli (mm)	Setacci (mm)	Trattenuto parziale %	Trattenuto progressivo %	Passante progressivo %
	63			100,0
	31,5	15,6	15,6	84,4
	16	7,9	23,5	76,5
	8	11,4	34,9	65,1
	4	5,4	40,3	59,7
	2	5,2	45,4	54,6
	1	6,2	51,6	48,4
	0,5	6,3	57,9	42,1
	0,25	6,2	64,2	35,8
	0,125	6,4	70,6	29,4
	0,075	3,9	74,4	25,6
	<	25,6	100,0	0,0

ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE		
	Diametro equiv. (mm)	Totale passante %
	0,0548	23,0
	0,0384	19,6
	0,0269	17,2
	0,0188	14,5
	0,0137	13,1
	0,0096	11,4
	0,0067	9,7
	0,0047	7,7
	0,0032	6,2
	0,0023	4,5
	0,0014	3,6

LABORATORIO
Lo Sperimentatore **GEOTECNOLOGICO PAVIA s.r.l.** Il Direttore
(S. Bonomini) (Dott. S. Bonfoco)

S. Bonomini

S. Bonfoco



Committente: Dott. Geol. Maurizio Visconti
Vigevano (PV)
AIPO Limbiate

Cantiere: AIPO Limbiate

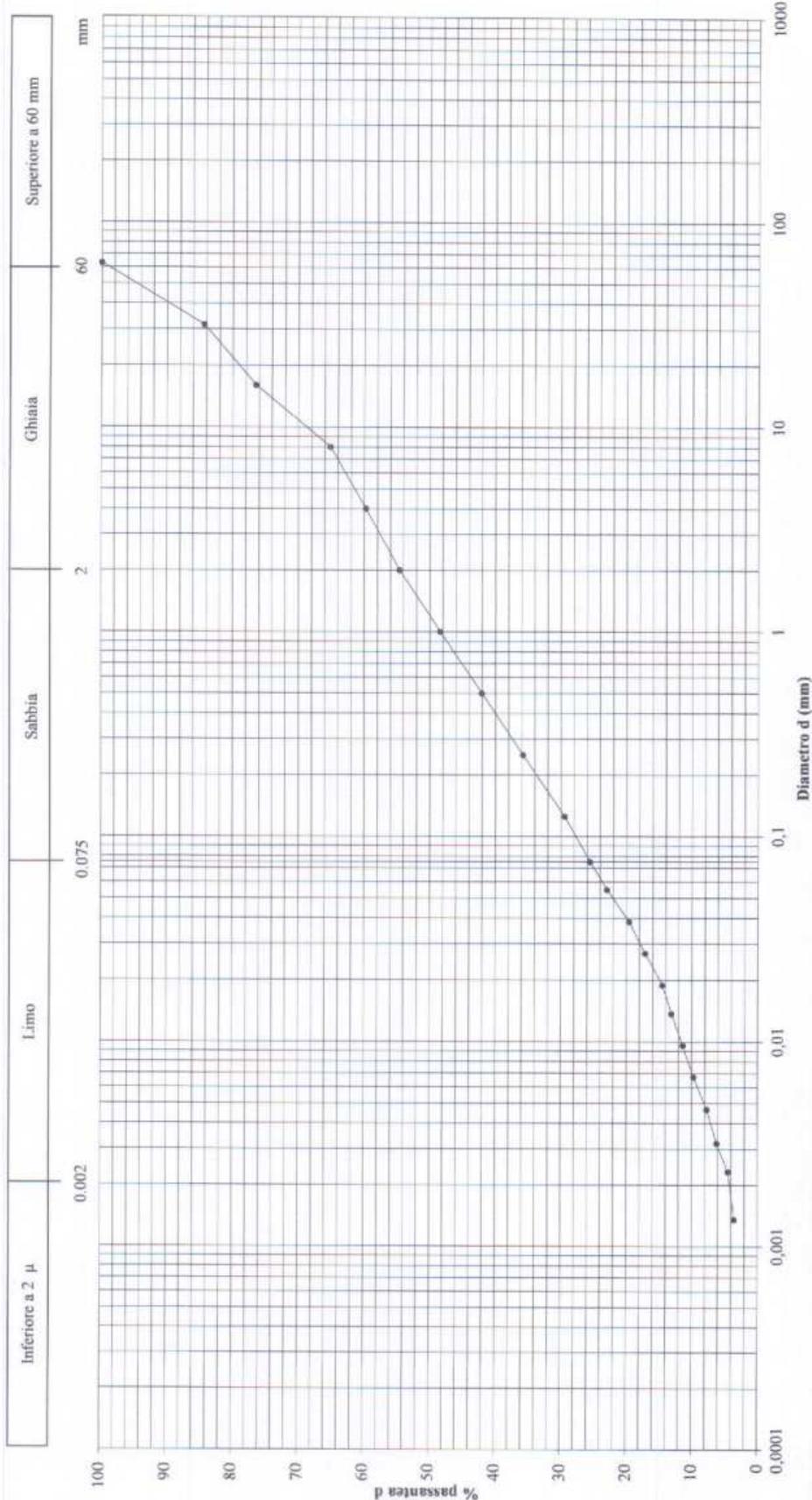
Data inizio/fine prova: 27/11-01/12/2017

Pag. 2/2

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422)

Certificato di prova n° 860 del 12/12/2017 - Parte I di I

Campione	Ubicazione prelievo	<2 μ	Limo	Sabbia	Ghiaia	60-120	120-240	D60	D30	D10	U	C
37/3	Sondaggio SG2-C3 (10,00-10,50)	%	%	%	%	%	%	mm	mm	mm	D60/D10	D ² 30/(D60*10)
		4	22	29	45			4,0	0,140	0,0070	571	0,7



Il Direttore
(Dott. S. Benfodò)

LABORATORIO
GEOTECNOLOGICO PAVIA s.r.l.

Lo Sperimentatore
(S. Bonomini)

Certificato di prova n° 861 del 12/12/2017 - Parte 1 di 1

Pag. 1/2

Verbale di accettazione N° 37 del 14/11/2017

ANALISI GRANULOMETRICA DI UNA TERRA
(ASTM D 422)

Committente: Dott. Geol. Maurizio Visconti Data consegna: 24/11/2017
Vigevano (PV) Data inizio/fine prova: 27/11-01/12/2017
Cantiere: AIPO Limbiate
Ubicazione prelievo: Sondaggio SG2-C4 (16,80-17,00)
Campione N. : 37/4

Descrizione del campione:

Campione rimaneggiato. Sabbia con ghiaia limosa debolmente argillosa.

RISULTATO DELLA PROVA

Analisi granulometrica eseguita: per via secca
per via umida

ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA				
Crivelli (mm)	Setacci (mm)	Trattenuto parziale %	Trattenuto progressivo %	Passante progressivo %
	63			100,0
	31,5	4,3	4,3	95,7
	16	5,4	9,7	90,3
	8	9,1	18,8	81,2
	4	6,9	25,8	74,2
	2	3,7	29,4	70,6
	1	8,2	37,6	62,4
	0,5	9,8	47,4	52,6
	0,25	13,0	60,4	39,6
	0,125	8,7	69,1	30,9
	0,075	4,2	73,3	26,7
	<	26,7	100,0	0,0

ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE	
Diametro equiv. (mm)	Totale passante %
0,0549	24,5
0,0386	22,2
0,0271	19,9
0,0190	17,9
0,0138	15,2
0,0096	13,4
0,0067	10,5
0,0047	8,4
0,0032	6,8
0,0023	5,0
0,0014	3,8

LABORATORIO

Lo Sperimentatore **GEOTECNOLOGICO PAVIA s.r.l.** Il Direttore
(S. Bonomini) (Dott. S. Bonfoco)

S. Bonomini

S. Bonfoco

Committente: Dott. Geol. Maurizio Visconti
Vigevano (PV)
AIPO Limbiate

Cantiere:

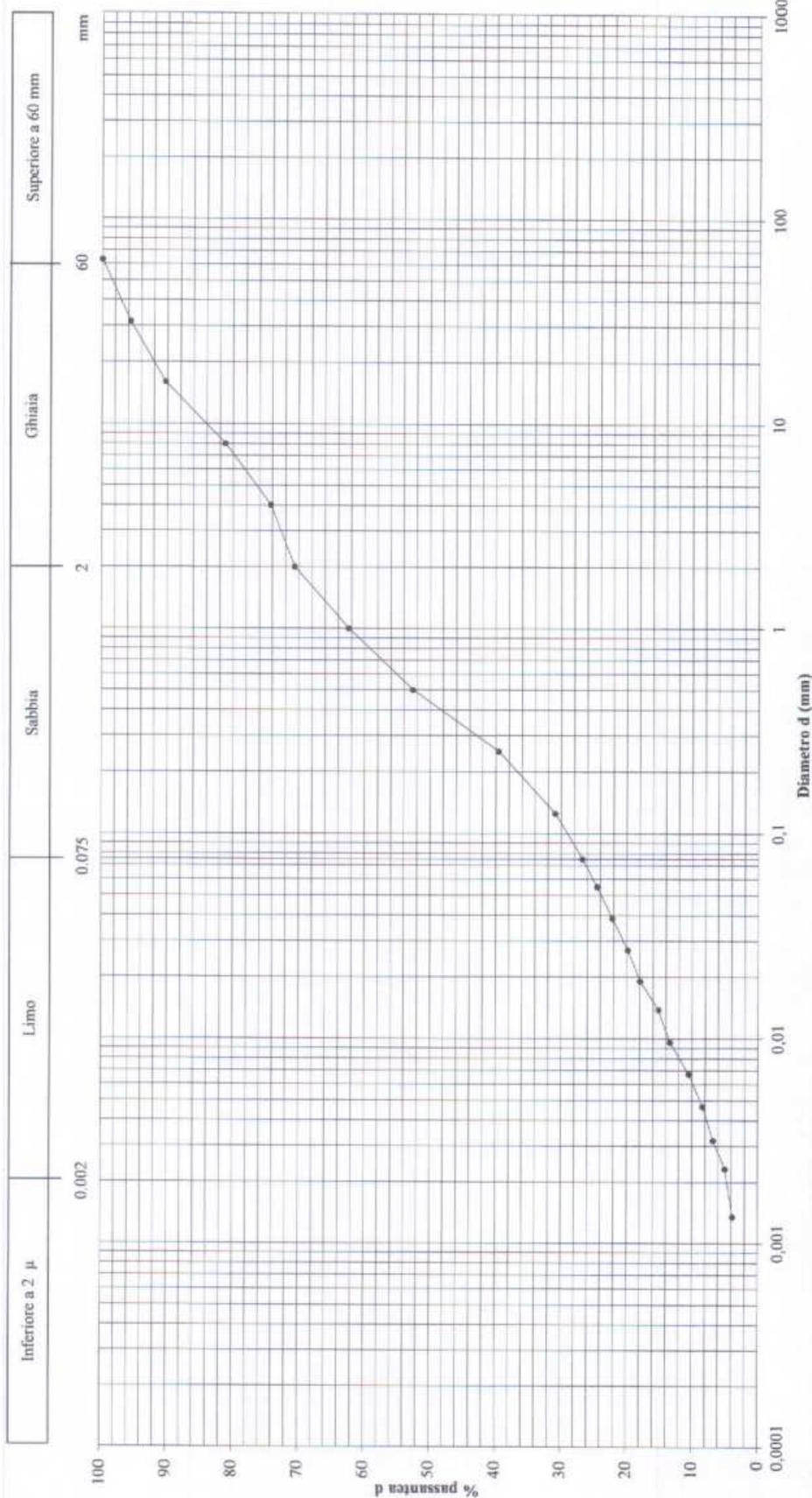
Data inizio/fine prova: 27/11-01/12/2017

Pag. 2/2

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422)

Certificato di prova n° 861 del 12/12/2017 - Parte 1 di 1

Campione	Ubicazione prelievo	<2 μ	Limo	Sabbia	Ghiaia	60-120	120-240	D60	D30	D10	U	C
37/4	Sondaggio SG2-C4 (16,80-17,00)	5	22	44	29			0,85	0,120	0,0063	13,5	$D^2_{30}/(D60 \cdot 10)$ 2,7

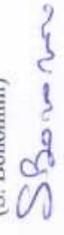


Il Direttore
(Dott. S. Bonfoco)



LABORATORIO
GEOTECNOLOGICO PAVIA s.r.l.

Lo Sperimentatore
(S. Bonomini)



Certificato di prova n° 862 del 12/12/2017 - Parte 1 di 1

Pag. 1/2

Verbale di accettazione N° 37 del 14/11/2017

ANALISI GRANULOMETRICA DI UNA TERRA
(ASTM D 422)

Committente: Dott. Geol. Maurizio Visconti Data consegna: 24/11/2017
Vigevano (PV) Data inizio/fine prova: 27/11-01/12/2017
Cantiere: AIPO Limbiate
Ubicazione prelievo: Sondaggio SG2-C5 (23,80-24,00)
Campione N. : 37/5

Descrizione del campione:

Campione rimaneggiato. Sabbia con ghiaia limosa debolmente argillosa.

RISULTATO DELLA PROVA

Analisi granulometrica eseguita: per via secca
per via umida

ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA				
Crivelli (mm)	Setacci (mm)	Trattenuto parziale %	Trattenuto progressivo %	Passante progressivo %
	63			100,0
	31,5	4,2	4,2	95,8
	16	12,5	16,7	83,3
	8	5,6	22,3	77,7
	4	5,5	27,8	72,2
	2	6,0	33,8	66,2
	1	9,1	43,0	57,0
	0,5	9,5	52,5	47,5
	0,25	8,2	60,6	39,4
	0,125	7,9	68,5	31,5
	0,075	4,4	72,9	27,1
	<	27,1	100,0	0,0

ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE		
	Diametro equiv. (mm)	Totale passante %
	0,0549	24,6
	0,0386	22,5
	0,0270	19,6
	0,0190	18,5
	0,0138	16,6
	0,0096	14,5
	0,0068	12,2
	0,0047	10,0
	0,0032	7,9
	0,0023	5,9
	0,0014	4,2

LABORATORIO
Lo Sperimentatore **GEOTECNOLOGICO PAVIA s.r.l.** Il Direttore
(S. Bonomini) (Dott. S. Bonfoco)

S. Bonomini

S. Bonfoco

Committente: Dott. Geol. Maurizio Visconti
Vigevano (PV)
AIPO Limbiate

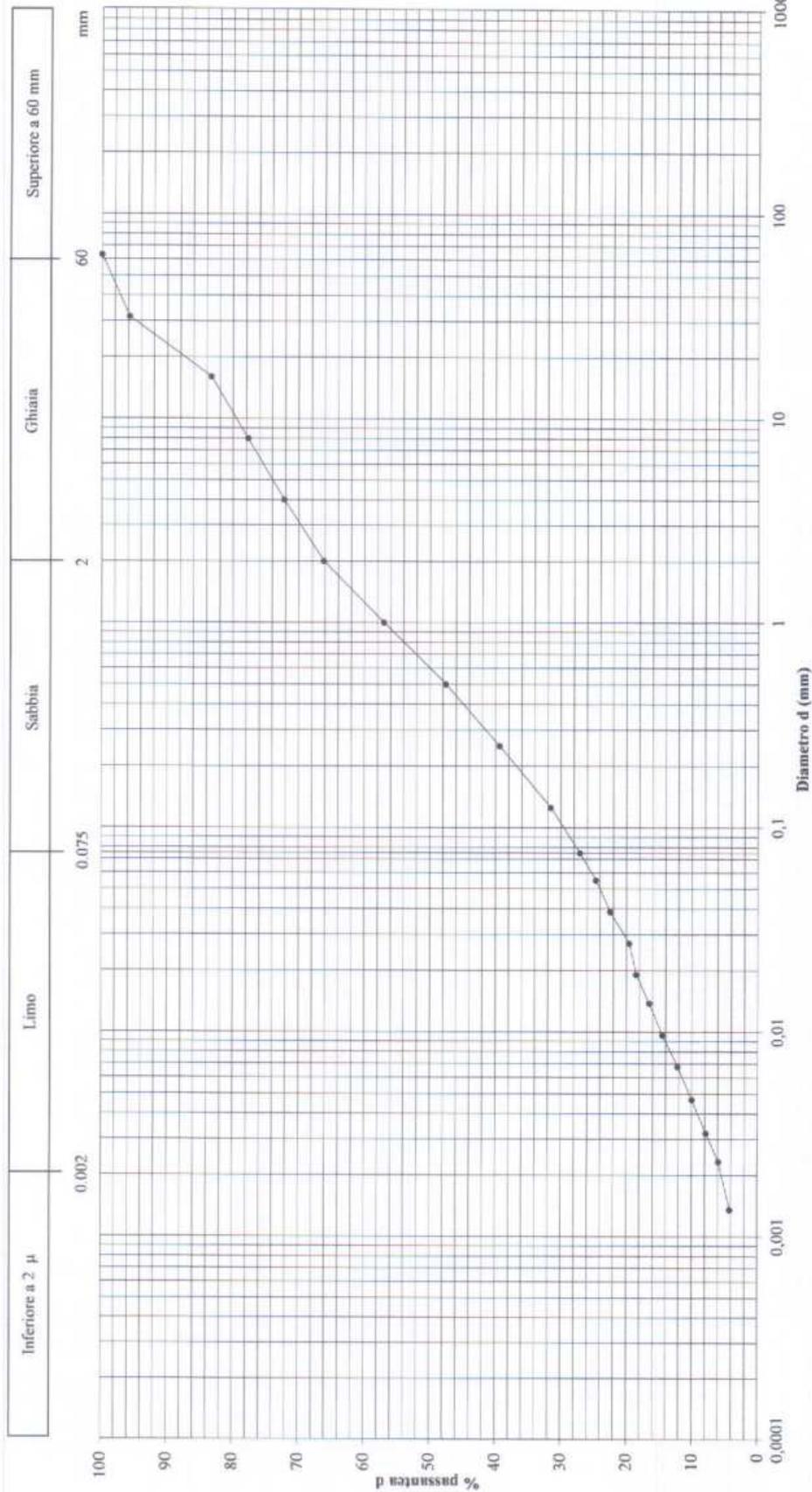
ANALISI GRANULOMETRICA
(ASTM D 422)

Data inizio/fine prova: 27/11-01/12/2017

Certificato di prova n° 862 del 12/12/2017 - Parte 1 di 1

Pag. 2/2

Campione	Ubicazione prelievo	< 2 µ	Limo	Sabbia	Ghiaia	60-120	120-240	D60	D30	D10	U	C
37/5	Sondaggio SG2-C5 (23,80-24,00)	%	%	%	%	%	%	mm	mm	mm	D60/D10	D ² 30/(D60*10)
		6	21	39	34			1,30	0,110	0,0047	277	2,0



Il Direttore
(Dott. S. Bonifacci)
S. Bonifacci

LABORATORIO
GEOTECNOLOGICO PAVIA s.r.l.

Lo Sperimentatore
(S. Bonomini)
S. Bonomini



Certificato di prova n° 863 del 12/12/2017 - Parte 1 di 1

Pag. 1/2

Verbale di accettazione N° 37 del 14/11/2017

**ANALISI GRANULOMETRICA DI UNA TERRA
(ASTM D 422)**

Committente: Dott. Geol. Maurizio Visconti Data consegna: 14/11/2017
Vigevano (PV) Data inizio/fine prova: 17/11-12/12/2017
Cantiere: AIPO Limbiate
Ubicazione prelievo: Sondaggio SG2-C6 (29,80-30,00)
Campione N. : 37/6

Descrizione del campione:

Campione rimaneggiato. Ghiaia con sabbia limosa.

RISULTATO DELLA PROVA

Analisi granulometrica eseguita:

per via secca

per via umida

ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA

Crivelli (mm)	Setacci (mm)	Trattenuto parziale %	Trattenuto progressivo %	Passante progressivo %
	63			100,0
	31,5	22,8	22,8	77,2
	16	16,8	39,6	60,4
	8	11,2	50,8	49,2
	4	6,7	57,5	42,5
	2	6,2	63,7	36,3
	1	6,0	69,7	30,3
	0,5	5,6	75,3	24,7
	0,25	6,1	81,3	18,7
	0,125	4,7	86,0	14,0
	0,075	2,5	88,6	11,4
	<	11,4	100,0	0,0

Lo Sperimentatore
(S. Bonomini)

S. Bonomini

LABORATORIO
GEOTECNOLOGICO PAVIA s.r.l.

Il Direttore
(Dott. S. Bonfoco)

S. Bonfoco

Committente:
Dott. Geol. Maurizio Viscotti
Vigevano (PV)
AIPO Limbiate

Cantiere:
AIPO Limbiate

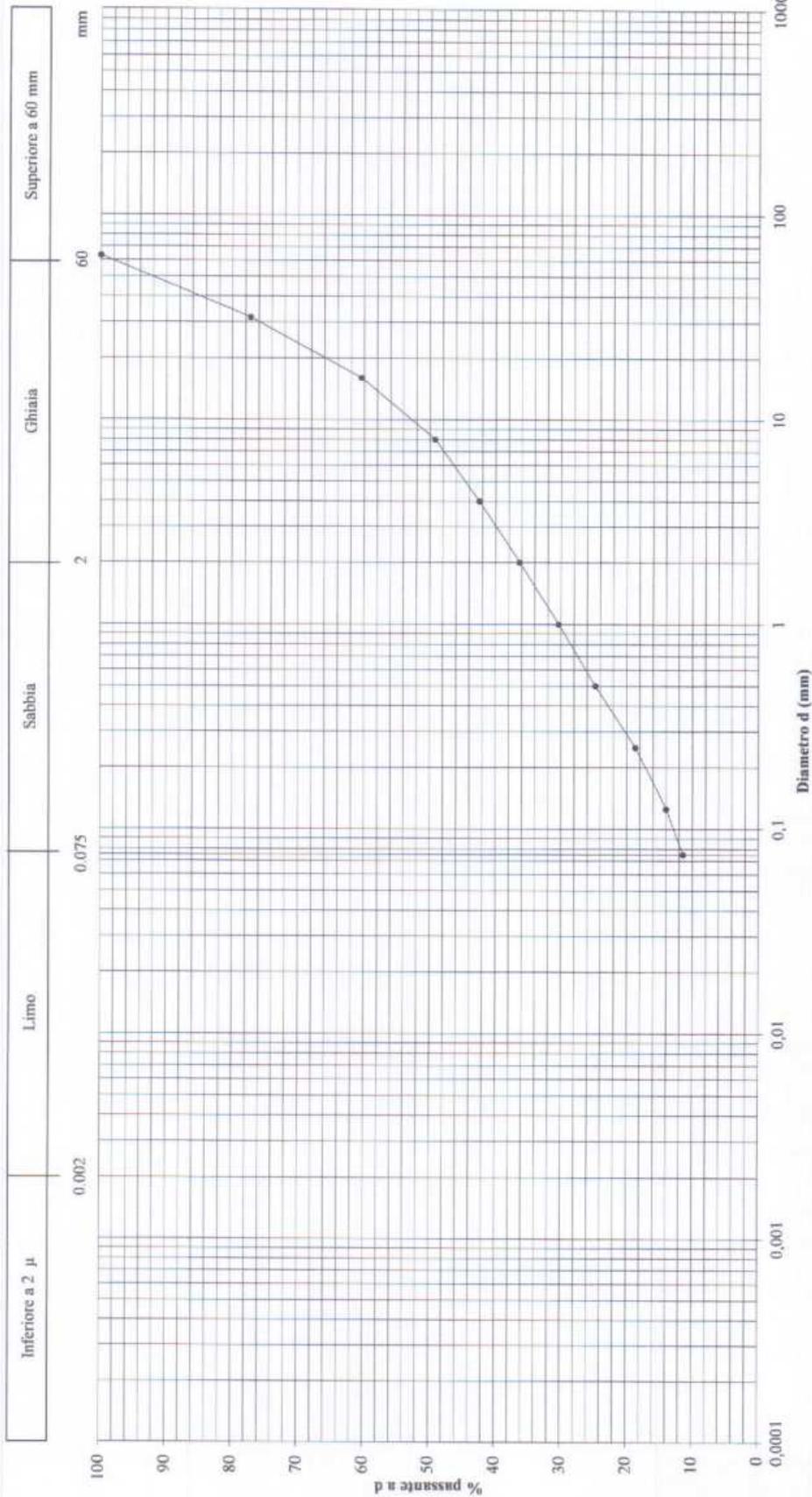
Data inizio/fine prova: 17/11-12/12/2017

Pag. 2/2

ANALISI GRANULOMETRICA
(ASTM D 422)

Certificato di prova n° 863 del 12/12/2017 - Parte 1 di 1

Campione	Ubicazione prelievo	< 2 µ	Limo	Sabbia	Ghiaia	60-120	120-240	D60	D30	D10	U	C
37/6	Sondaggio SG2-C6 (29,80-30,00)	%	%	%	%	%	%	mm	mm	mm	D60/D10	D ² 30/(D60*10)
			11	25	64			15,9	0,98	0,060	265	1,0



Il Direttore
(Dott. S. Bonfocò)

LABORATORIO
GEOTECNOLOGICO PAVIA s.r.l.

Lo Sperimentatore
(S. Bonomini)

Certificato di prova n° 864 del 12/12/2017 - Parte 1 di 1

Pag. 1/2

Verbale di accettazione N° 37 del 14/11/2017

ANALISI GRANULOMETRICA DI UNA TERRA (ASTM D 422)

Committente: Dott. Geol. Maurizio Visconti Data consegna: 24/11/2017
Vigevano (PV) Data inizio/fine prova: 27/11-01/12/2017
Cantiere: AIPO Limbiate
Ubicazione prelievo: Sondaggio SG2-C7 (33,80-34,00)
Campione N. : 37/7

Descrizione del campione:

Campione rimaneggiato. Sabbia con limo ghiaiosa debolmente argillosa.

RISULTATO DELLA PROVA

Analisi granulometrica eseguita: per via secca
per via umida

ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA

Crivelli (mm)	Setacci (mm)	Trattenuto parziale %	Trattenuto progressivo %	Passante progressivo %
	31,5			100,0
	16	3,7	3,7	96,3
	8	2,7	6,4	93,6
	4	2,8	9,2	90,8
	2	3,2	12,4	87,6
	1	6,0	18,4	81,6
	0,5	14,9	33,3	66,7
	0,25	17,2	50,5	49,5
	0,125	12,2	62,7	37,3
	0,075	5,5	68,3	31,7
	<	31,7	100,0	0,0

ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

Diametro equiv. (mm)	Totale passante %
0,0550	29,3
0,0386	26,4
0,0271	23,8
0,0190	21,3
0,0138	18,3
0,0096	15,1
0,0067	12,2
0,0047	9,6
0,0032	7,8
0,0023	5,7
0,0014	4,4

Lo Sperimentatore (S. Bonomini) LABORATORIO GEOTECNOLOGICO PAVIA s.r.l. Il Direttore (Dott. S. Bonfoco)

S. Bonomini

S. Bonfoco

Comitente: Dott. Geol. Maurizio Visconti
Vigevano (PV)
AIPO Limbiate

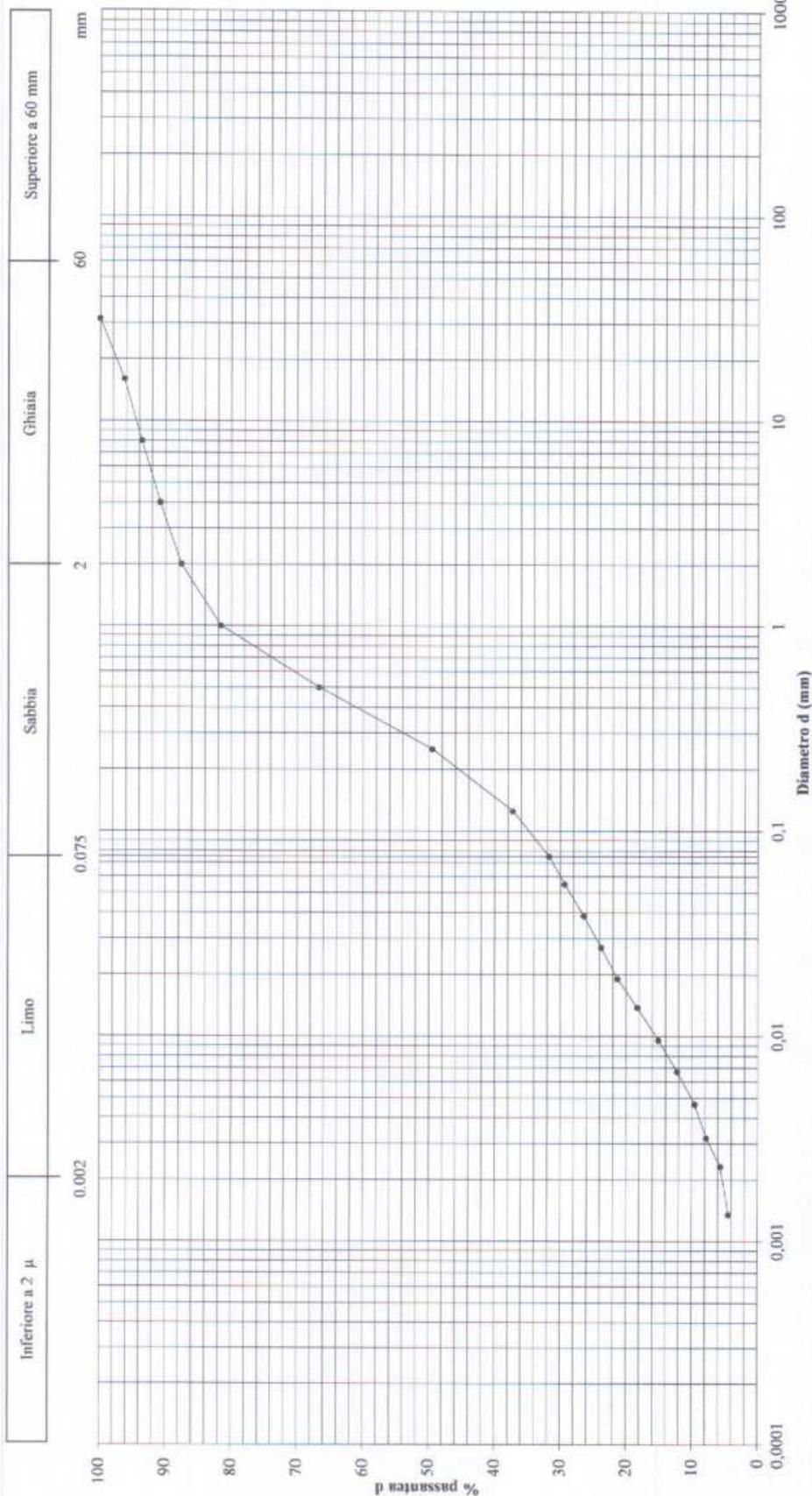
ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422)

Data inizio/fine prova: 27/11-01/12/2017

Certificato di prova n° 864 del 12/12/2017 - Parte 1 di 1

Pag. 2/2

Campione	Ubicazione prelievo	< 2 µ	Limo	Sabbia	Ghiaia	60-120	120-240	D60	D30	D10	U	C
37/7	Sondaggio SG2-C7 (33,80-34,00)	5	27	56	12	%	%	0,38	0,060	0,0050	76	$D_{70}^2/(D_{60} \cdot 10)$ 1,9



Il Direttore
(Dott. S. Bonfanti)
S. Bonfanti

LABORATORIO
GEOTECNOLOGICO PAVIA s.r.l.

Lo Sperimentatore
(S. Bonomini)
S. Bonomini

Certificato di prova n° 865 del 12/12/2017 - Parte 1 di 1

Pag. 1/2

Verbale di accettazione N° 37 del 14/11/2017

ANALISI GRANULOMETRICA DI UNA TERRA (ASTM D 422)

Committente: Dott. Geol. Maurizio Visconti Data consegna: 24/11/2017
Vigevano (PV) Data inizio/fine prova: 27/11-01/12/2017
Cantiere: AIPO Limbiate
Ubicazione prelievo: Sondaggio SG2-C8 (38,80-39,00)
Campione N. : 37/8

Descrizione del campione:

Campione rimaneggiato. Sabbia con limo debolmente argillosa.

RISULTATO DELLA PROVA

Analisi granulometrica eseguita: per via secca
per via umida

ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA				
Crivelli (mm)	Setacci (mm)	Trattenuto parziale %	Trattenuto progressivo %	Passante progressivo %
	31,5			100,0
	16	1,5	1,5	98,5
	8	1,2	2,7	97,3
	4	0,7	3,4	96,6
	2	0,7	4,1	95,9
	1	1,6	5,7	94,3
	0,5	7,5	13,3	86,7
	0,25	23,5	36,8	63,2
	0,125	20,2	56,9	43,1
	0,075	6,6	63,5	36,5
	<	36,5	100,0	0,0

ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

Diametro equiv. (mm)	Totale passante %
0,0553	33,4
0,0388	30,3
0,0272	26,5
0,0192	24,5
0,0139	21,6
0,0097	18,7
0,0068	15,4
0,0048	12,3
0,0033	9,9
0,0024	7,0
0,0014	4,8

LABORATORIO

Lo Sperimentatore **GEOTECNOLOGICO PAVIA s.r.l.** Il Direttore
(S. Bonomini) (Dott. S. Boffredo)

S. Bonomini

S. Boffredo

Il presente documento può essere riprodotto solo con l'autorizzazione di questo laboratorio. Le copie non autorizzate saranno considerate contraffatte.

Laboratorio GeoTecnologico Pavia srl | Via del Commercio, 2/A | 27010 Cura Carpignano (PV) | tel 0382.483389 | fax 0382.483389
P.Iva 02528750181 | Capitale sociale € 100.000,00 | C.C.I.A.A. Pavia n° 281187 | www.laboratorioglp.it | info@laboratorioglp.it

Committente: Dott. Geol. Maurizio Visconti
Vigevano (PV)
Cantiere: AIPO Limbiate

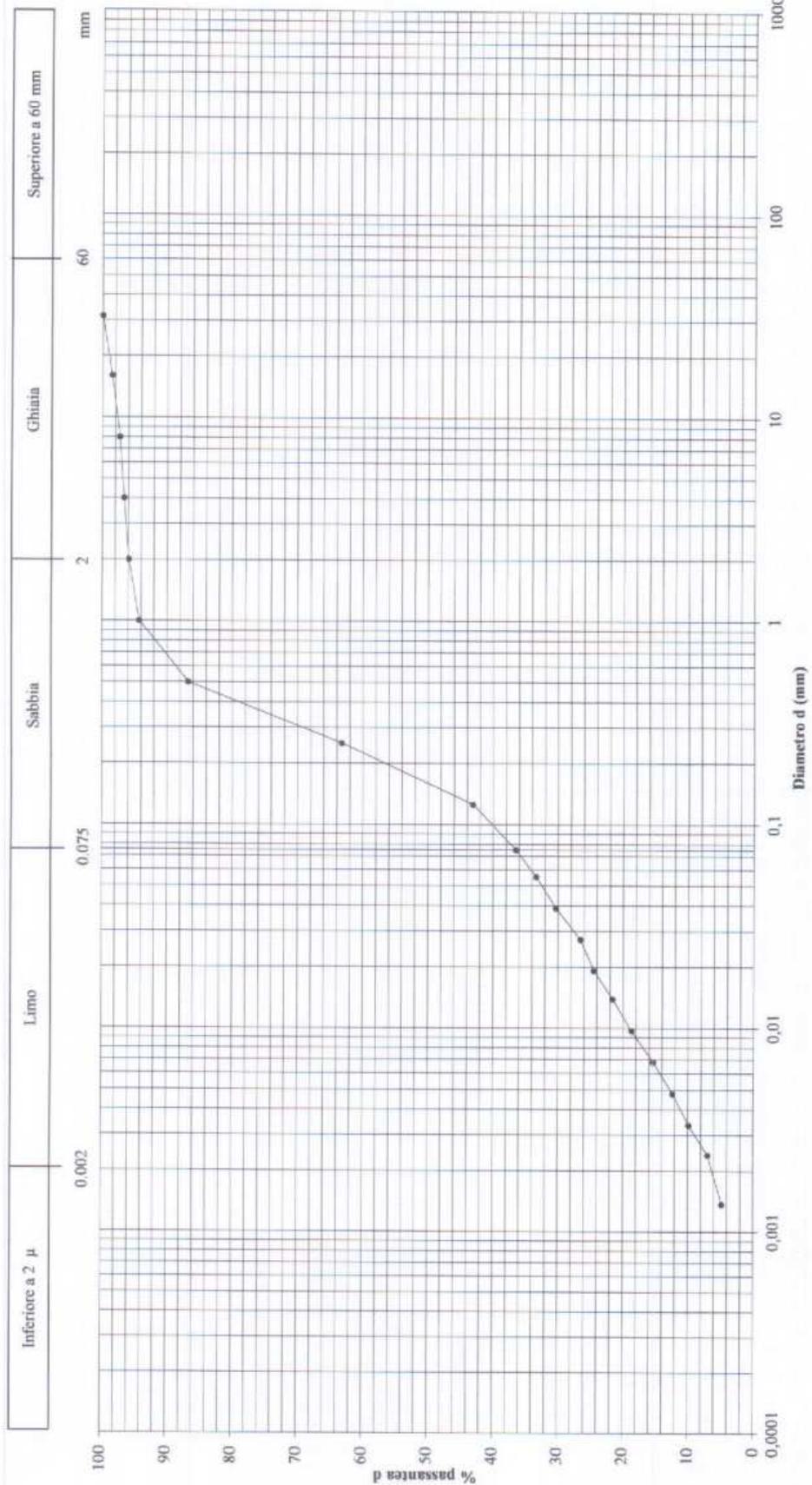
Data inizio/fine prova: 27/11-01/12/2017

Pag. 2/2

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422)

Certificato di prova n° 865 del 12/12/2017 - Parte 1 di 1

Campione	Ubicazione prelievo	< 2 μ	Limo	Sabbia	Ghiaia	60-120	120-240	D60	D30	D10	U	C
37/8	Sondaggio SG2-C8 (38,80-39,00)	6	31	59	4			0,22	0,038	0,0034	65	1,9
												$D^2_{30}/(D60 \cdot 10)$



Il Direttore
(Dott. S. Bonfocci)

LABORATORIO
GEOTECNOLOGICO PAVIA s.r.l.

Lo Sperimentatore
(S. Bonomini)

Certificato di prova n° 866 del 12/12/2017 - Parte 1 di 1

Pag. 1/2

Verbale di accettazione N° 38 del 14/11/2017

ANALISI GRANULOMETRICA DI UNA TERRA
(ASTM D 422)

Committente: Dott. Geol. Maurizio Visconti Data consegna: 24/11/2017
Vigevano (PV) Data inizio/fine prova: 27/11-01/12/2017
Cantiere: AIPO Paderno
Ubicazione prelievo: Sondaggio SG3-C1 (2,00-3,00 mix)
Campione N. : **38/1**

Descrizione del campione:

Campione rimaneggiato. Ghiaia con sabbia limosa debolmente argillosa.

RISULTATO DELLA PROVA

Analisi granulometrica eseguita: per via secca
per via umida

ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA

Crivelli (mm)	Setacci (mm)	Trattenuto parziale %	Trattenuto progressivo %	Passante progressivo %
	31,5			100,0
	16	13,3	13,3	86,7
	8	11,6	24,9	75,1
	4	11,9	36,8	63,2
	2	7,9	44,7	55,3
	1	8,0	52,7	47,3
	0,5	10,1	62,8	37,2
	0,25	8,0	70,8	29,2
	0,125	3,8	74,6	25,4
	0,075	1,9	76,5	23,5
	<	23,5	100,0	0,0

ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

Diametro equiv. (mm)	Totale passante %
0,0553	21,5
0,0388	19,1
0,0272	16,7
0,0191	14,8
0,0139	13,3
0,0097	11,6
0,0068	10,0
0,0048	7,7
0,0034	6,4
0,0024	5,0
0,0014	3,8

LABORATORIO
GEOTECNOLOGICO PAVIA s.r.l.

Lo Sperimentatore
(S. Bonomini)

S. Bonomini

Il Direttore
(Dott. S. Bonfoedi)

S. Bonfoedi

Committente:
Dott. Geol. Maurizio Visconti
Vigevano (PV)
AIPO Paderno

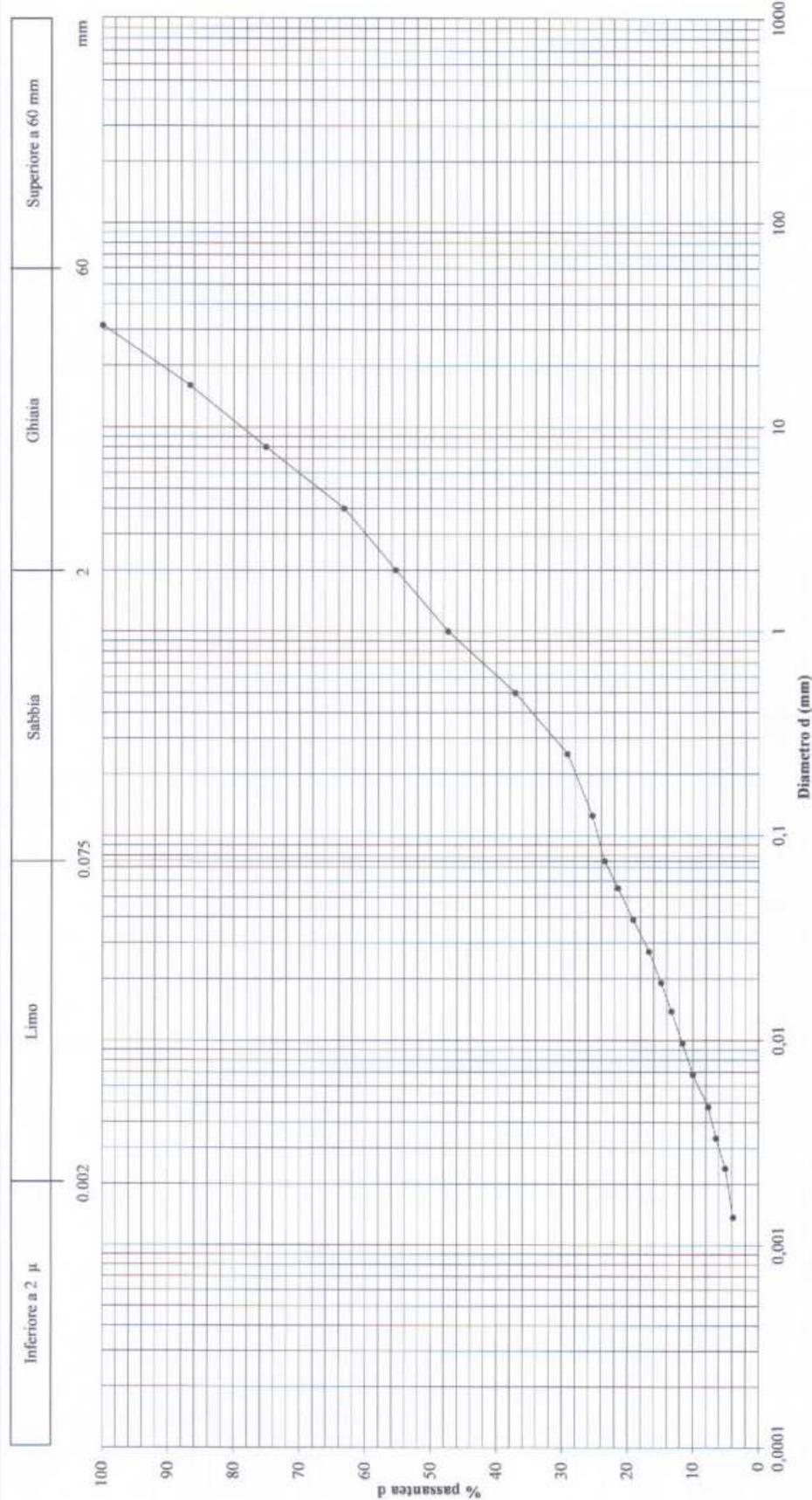
ANALISI GRANULOMETRICA
(ASTM D 422)

Cantiere:
Data inizio/fine prova: 27/11-01/12/2017

Pag. 2/2

Certificato di prova n° 866 del 12/12/2017 - Parte 1 di 1

Campione	Ubicazione prelievo	< 2 μ %	Limo %	Sabbia %	Ghiaia %	60-120 %	120-240 %	D60 mm	D30 mm	D10 mm	U D60/D10	C D ² 30/(D60*10)
38/1	Sondaggio SG3-C1 (2,00-3,00 mix)	5	19	31	45			3,0	0,270	0,0068	441	3,6



Il Direttore
(Dott. S. Bonomi)
S. Bonomi

LABORATORIO
GEOTECNOLOGICO PAVIA s.r.l.

Lo Sperimentatore
(S. Bonomi)
S. Bonomi

Certificato di prova n° 867 del 12/12/2017 - Parte 1 di 1

Pag. 1/2

Verbale di accettazione N° 38 del 14/11/2017

ANALISI GRANULOMETRICA DI UNA TERRA (ASTM D 422)

Committente: Dott. Geol. Maurizio Visconti Data consegna: 24/11/2017
Vigevano (PV) Data inizio/fine prova: 27/11-01/12/2017
Cantiere: AIPO Paderno
Ubicazione prelievo: Sondaggio SG3-C2 (8,80-9,00)
Campione N. : 38/2

Descrizione del campione:

Campione rimaneggiato. Ghiaia con sabbia limosa debolmente argillosa.

RISULTATO DELLA PROVA

Analisi granulometrica eseguita: per via secca
per via umida

ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA				
Crivelli (mm)	Setacci (mm)	Trattenuto parziale %	Trattenuto progressivo %	Passante progressivo %
	31,5			100,0
	16	3,2	3,2	96,8
	8	14,0	17,3	82,7
	4	14,4	31,7	68,3
	2	7,3	39,0	61,0
	1	6,3	45,3	54,7
	0,5	7,5	52,8	47,2
	0,25	7,2	60,0	40,0
	0,125	7,7	67,8	32,2
	0,075	4,3	72,0	28,0
	<	28,0	100,0	0,0

ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

Diametro equiv. (mm)	Totale passante %
0,0551	24,5
0,0387	21,8
0,0271	19,4
0,0191	17,1
0,0138	15,0
0,0096	12,4
0,0068	10,5
0,0047	8,3
0,0033	7,1
0,0024	5,3
0,0014	4,2

Lo Sperimentatore (S. Bonomini) LABORATORIO GEOTECNOLOGICO PAVIA s.r.l. Il Direttore (Dott. S. Bonfocò)

S. Bonomini

S. Bonfocò



Committente:
Dott. Geol. Maurizio Visconti
Vigevano (PV)
AIPO Paderno

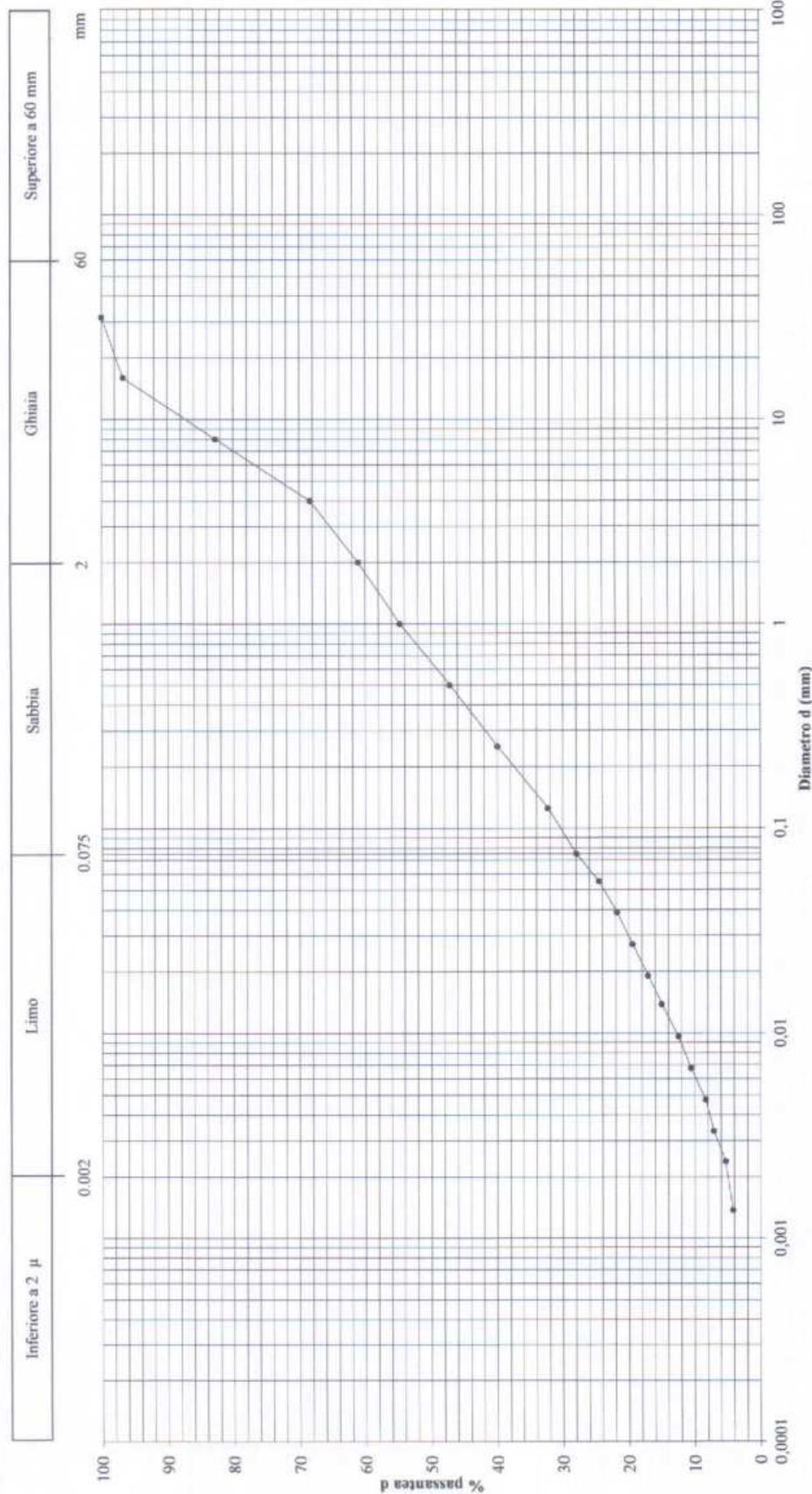
ANALISI GRANULOMETRICA
(ASTM D 422)

Data inizio/fine prova: 27/11-01/12/2017

Pag. 2/2

Certificato di prova n° 867 del 12/12/2017 - Parte 1 di 1

Campione	Ubicazione prelievo	< 2 μ	Limo	Sabbia	Ghiaia	60-120	120-240	D60	D30	D10	U	C
38/2	Sondaggio SG3-C2 (8,80-9,00)	%	%	%	%	%	%	mm	mm	mm	D60/D10	D ³⁰ /(D60*10)
		5	23	33	39			1,8	0,096	0,0063	2,86	0,8



Il Direttore
(Dott. S. Bonfoco)
S. Bonfoco

LABORATORIO
GEOTECNOLOGICO PAVIA s.r.l.

Lo Sperimentatore
(S. Bonomini)
S. Bonomini

Certificato di prova n° 868 del 12/12/2017 - Parte 1 di 1

Pag. 1/2

Verbale di accettazione N° 38 del 14/11/2017

ANALISI GRANULOMETRICA DI UNA TERRA
(ASTM D 422)

Committente: Dott. Geol. Maurizio Visconti Data consegna: 24/11/2017
Vigevano (PV) Data inizio/fine prova: 27/11-01/12/2017
Cantiere: AIPO Paderno
Ubicazione prelievo: Sondaggio SG3-C3 (12,50-12,70)
Campione N. : 38/3

Descrizione del campione:

Campione rimaneggiato. Ghiaia con sabbia limosa debolmente argillosa.

RISULTATO DELLA PROVA

Analisi granulometrica eseguita: per via secca
per via umida

ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA				
Crivelli (mm)	Setacci (mm)	Trattenuto parziale %	Trattenuto progressivo %	Passante progressivo %
	63			100,0
	31,5	6,0	6,0	94,0
	16	10,9	16,9	83,1
	8	11,2	28,1	71,9
	4	5,2	33,3	66,7
	2	5,4	38,7	61,3
	1	7,3	46,1	53,9
	0,5	9,0	55,0	45,0
	0,25	7,7	62,7	37,3
	0,125	6,5	69,2	30,8
	0,075	3,5	72,7	27,3
	<	27,3	100,0	0,0

ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE		
	Diametro equiv. (mm)	Totale passante %
	0,0552	24,4
	0,0387	22,0
	0,0272	20,0
	0,0191	17,9
	0,0139	16,1
	0,0097	13,4
	0,0068	10,7
	0,0048	8,6
	0,0034	7,5
	0,0024	5,9
	0,0014	3,8

Lo Sperimentatore
(S. Bonomini)

S. Bonomini

LABORATORIO
GEOTECNOLOGICO PAVIA s.r.l.

Il Direttore
(Dott. S. Bonfoco)

S. Bonfoco

Committente:
Dott. Geol. Maurizio Visconti
Vigevano (PV)
AIPO Paderno

Cantiere:
27/11-01/12/2017

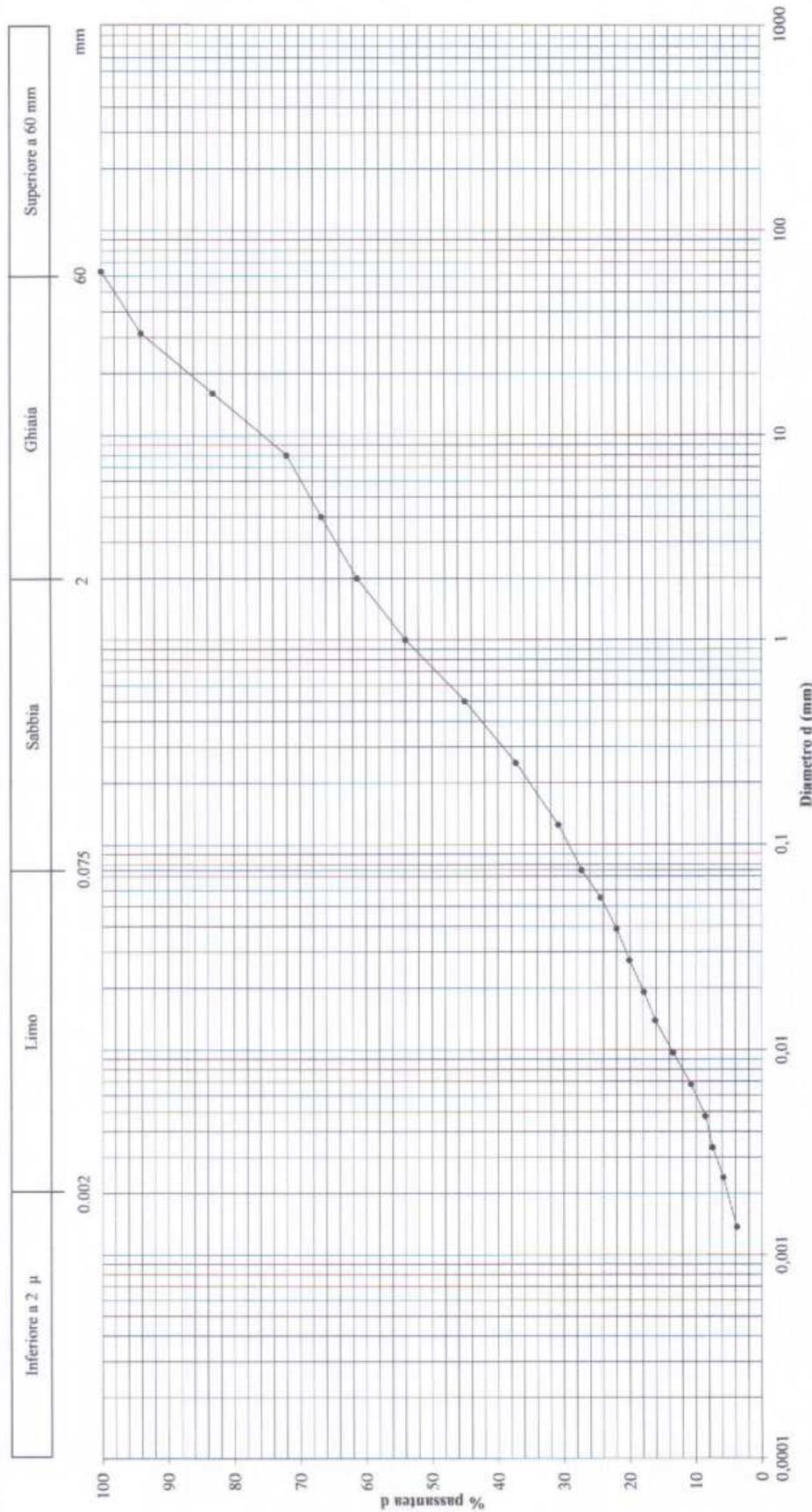
Data inizio/fine prova:

Pag. 2/2

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422)

Certificato di prova n° 868 del 12/12/2017 - Parte 1 di 1

Campione	Ubicazione prelievo	< 2 μ	Limo	Sabbia	Ghiaia	60-120	120-240	D60	D30	D10	U	C
38/3	Sondaggio SG3-C3 (12,50-12,70)	%	%	%	%	%	%	mm	mm	mm	D60/D10	D ² 30/(D60*10)
		5	22	34	39			1,7	0,115	0,0060	283	1,3



Il Direttore
(Dott. S. Bonifacio)

LABORATORIO
GEOTECNOLOGICO PAVIA s.r.l.

L. Sperimentatore
(S. Bonomini)

Committente:
Dott. Geol. Maurizio Visconti
Vigevano (PV)
AIPO Paderno

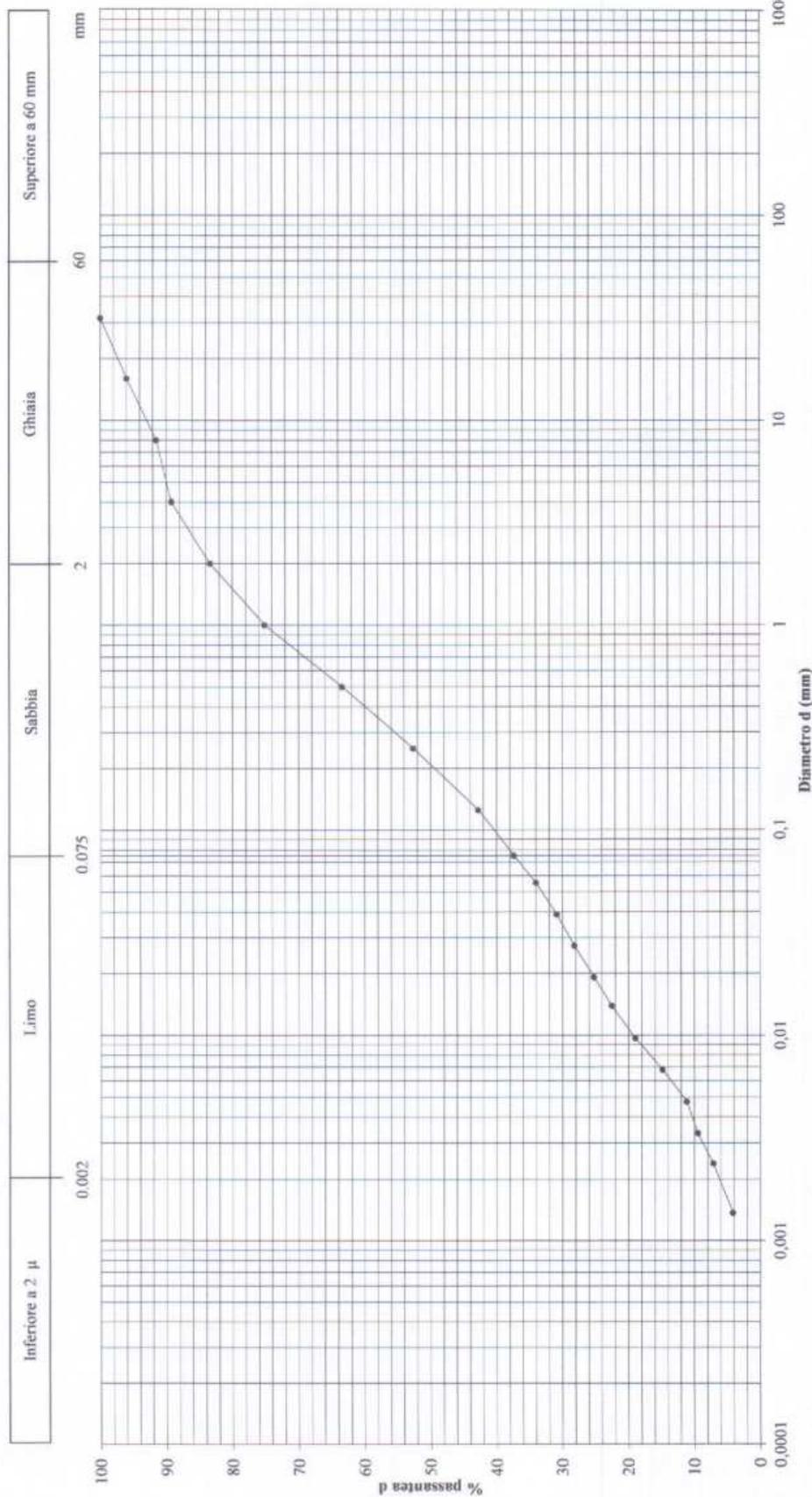
ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422)

Data inizio/fine prova: 27/11-01/12/2017

Pag. 2/2

Certificato di prova n° 869 del 12/12/2017 - Parte 1 di 1

Campione	Ubicazione prelievo	< 2 μ	Limo	Sabbia	Ghiaia	60-120	120-240	D60	D30	D10	U	C
38/4	Sondaggio SG3-C4 (17,00-18,00 mt)	%	%	%	%	%	%	mm	mm	mm	D60/D10	D ² 30/(D60*10)
		7	30	46	17			0,4	0,035	0,0038	105	0,8



Il Direttore
(Dott. S. Bonifacio)

LABORATORIO
GEOTECNOLOGICO PAVIA s.r.l.

Lo Sperimentatore
(S. Bonomini)

Certificato di prova n° 870 del 12/12/2017 - Parte 1 di 1

Pag. 1/2

Verbale di accettazione N° 38 del 14/11/2017

ANALISI GRANULOMETRICA DI UNA TERRA (ASTM D 422)

Committente: Dott. Geol. Maurizio Visconti Data consegna: 24/11/2017
Vigevano (PV) Data inizio/fine prova: 27/11-01/12/2017
Cantiere: AIPO Paderno
Ubicazione prelievo: Sondaggio SG3-C5 (24,00-24,20)
Campione N. : 38/5

Descrizione del campione:

Campione rimaneggiato. Ghiaia con sabbia limosa.

RISULTATO DELLA PROVA

Analisi granulometrica eseguita: per via secca
per via umida

ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA

Crivelli (mm)	Setacci (mm)	Trattenuto parziale %	Trattenuto progressivo %	Passante progressivo %
	31,5			100,0
	16	7,6	7,6	92,4
	8	12,0	19,6	80,4
	4	13,6	33,2	66,8
	2	9,7	42,9	57,1
	1	7,5	50,4	49,6
	0,5	7,9	58,3	41,7
	0,25	7,4	65,7	34,3
	0,125	6,5	72,1	27,9
	0,075	3,6	75,8	24,2
	<	24,2	100,0	0,0

ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

Diametro equiv. (mm)	Totale passante %
0,0552	21,7
0,0388	19,7
0,0272	17,2
0,0191	15,1
0,0138	12,9
0,0096	10,6
0,0067	8,3
0,0047	7,1
0,0033	5,7
0,0024	4,3
0,0014	2,3

Lo Sperimentatore
(S. Bonomini)

LABORATORIO
GEOTECNOLOGICO PAVIA s.r.l. | Direttore
(Dott. S. Bonfoco)

Committente:
Dott. Geol. Maurizio Visconti
Vigevano (PV)
AIPO Paderno

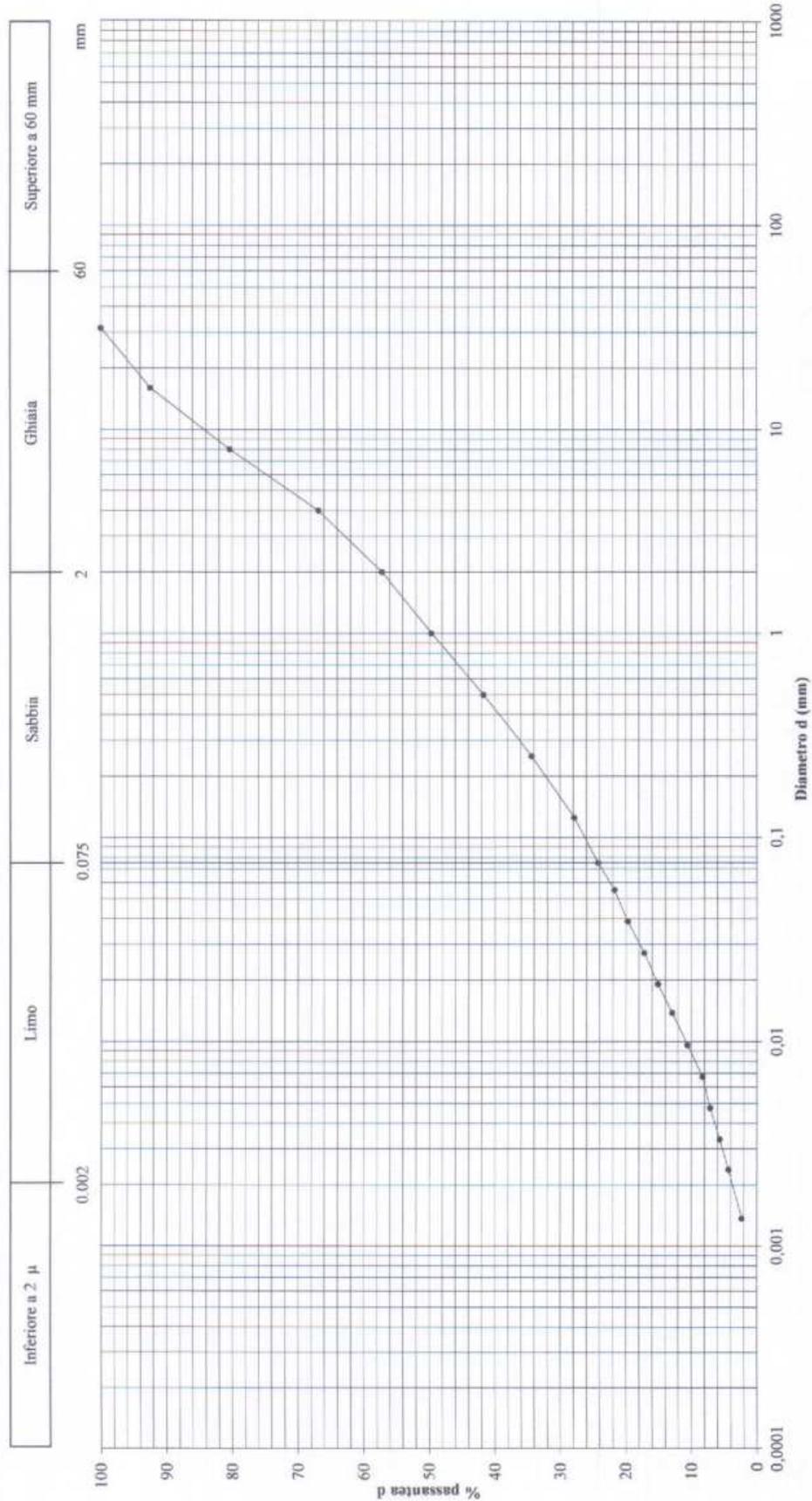
ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422)

Data inizio/fine prova: 27/11-01/12/2017

Pag. 2/2

Certificato di prova n° 870 del 12/12/2017 - Parte 1 di 1

Campione	Ubicazione prelievo	< 2 μ %	Limo %	Sabbia %	Ghiaia %	60-120 %	120-240 %	D60 mm	D30 mm	D10 mm	U	C
38/S	Sondaggio SG3-C5 (24,00-24,20)	4	20	33	43			2,4	0,16	0,009	267	1,2



Il Direttore
(Dott. S. Bonfanti)
S. Bonfanti

LABORATORIO
GEOTECNOLOGICO PAVIA S.r.l.

Lo Sperimentatore
(S. Bonomini)
S. Bonomini

Certificato di prova n° 871 del 12/12/2017 - Parte 1 di 1

Pag. 1/2

Verbale di accettazione N° 38 del 14/11/2017

ANALISI GRANULOMETRICA DI UNA TERRA
(ASTM D 422)

Committente: Dott. Geol. Maurizio Visconti Data consegna: 24/11/2017
Vigevano (PV) Data inizio/fine prova: 27/11-01/12/2017
Cantiere: AIPO Paderno
Ubicazione prelievo: Sondaggio SG3-C6 (28,00-28,20)
Campione N. : 38/6

Descrizione del campione:

Campione rimaneggiato. Sabbia con ghiaia limosa debolmente argillosa.

RISULTATO DELLA PROVA

Analisi granulometrica eseguita: *per via secca*
per via umida

ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA

Crivelli (mm)	Setacci (mm)	Trattenuto parziale %	Trattenuto progressivo %	Passante progressivo %
	31,5			100,0
	16	8,9	8,9	91,1
	8	7,0	15,9	84,1
	4	4,7	20,6	79,4
	2	7,0	27,6	72,4
	1	8,4	36,0	64,0
	0,5	12,1	48,1	51,9
	0,25	10,4	58,5	41,5
	0,125	8,3	66,7	33,3
	0,075	4,6	71,3	28,7
	<	28,7	100,0	0,0

ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

Diametro equiv. (mm)	Totale passante %
0,0551	25,0
0,0386	22,0
0,0271	20,1
0,0191	18,0
0,0138	15,8
0,0096	13,1
0,0068	10,8
0,0047	8,6
0,0033	7,4
0,0024	5,5
0,0014	3,3

Lo Sperimentatore **LABORATORIO** Il Direttore
(S. Bonomini) **GEOTECNOLOGICO PAVIA s.r.l.** (Dott. S. Bonfoco)

S. Bonomini

S. Bonfoco



Committente:
Dott. Geol. Maurizio Visconti
Vigevano (PV)
AIPO Paderno

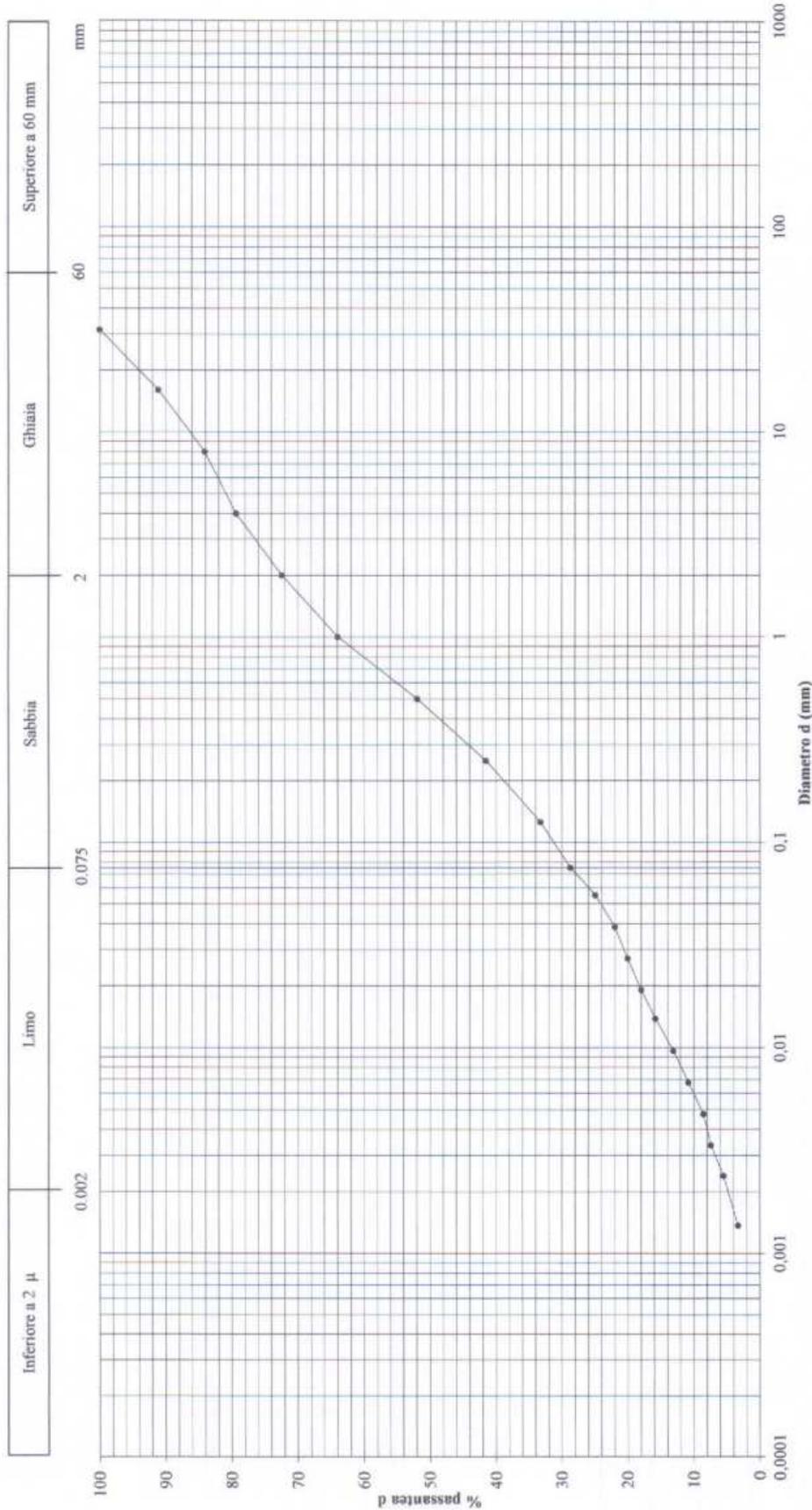
ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422)

Data inizio/fine prova: 27/11-01/12/2017

Certificato di prova n° 871 del 12/12/2017 - Parte I di I

Pag. 2/2

Campione	Ubicazione prelievo	< 2 μ %	Limo %	Sabbia %	Ghiaia %	60-120 %	120-240 %	D60 mm	D30 mm	D10 mm	U	C
38/6	Sondaggio SG3-C6 (28,00-28,20)	5	24	43	28			0,8	0,088	0,006	133	1,6



Il Direttore
(Dott. S. Bonifacio)

LABORATORIO
GEOTECNOLOGICO PAVIA s.r.l.

Lo Sperimentatore
(S. Bonomini)

Dot. Geol. Maurizio Visconti
Vigevano (PV)
AIPO Paderno

Committente:
Cantiere:

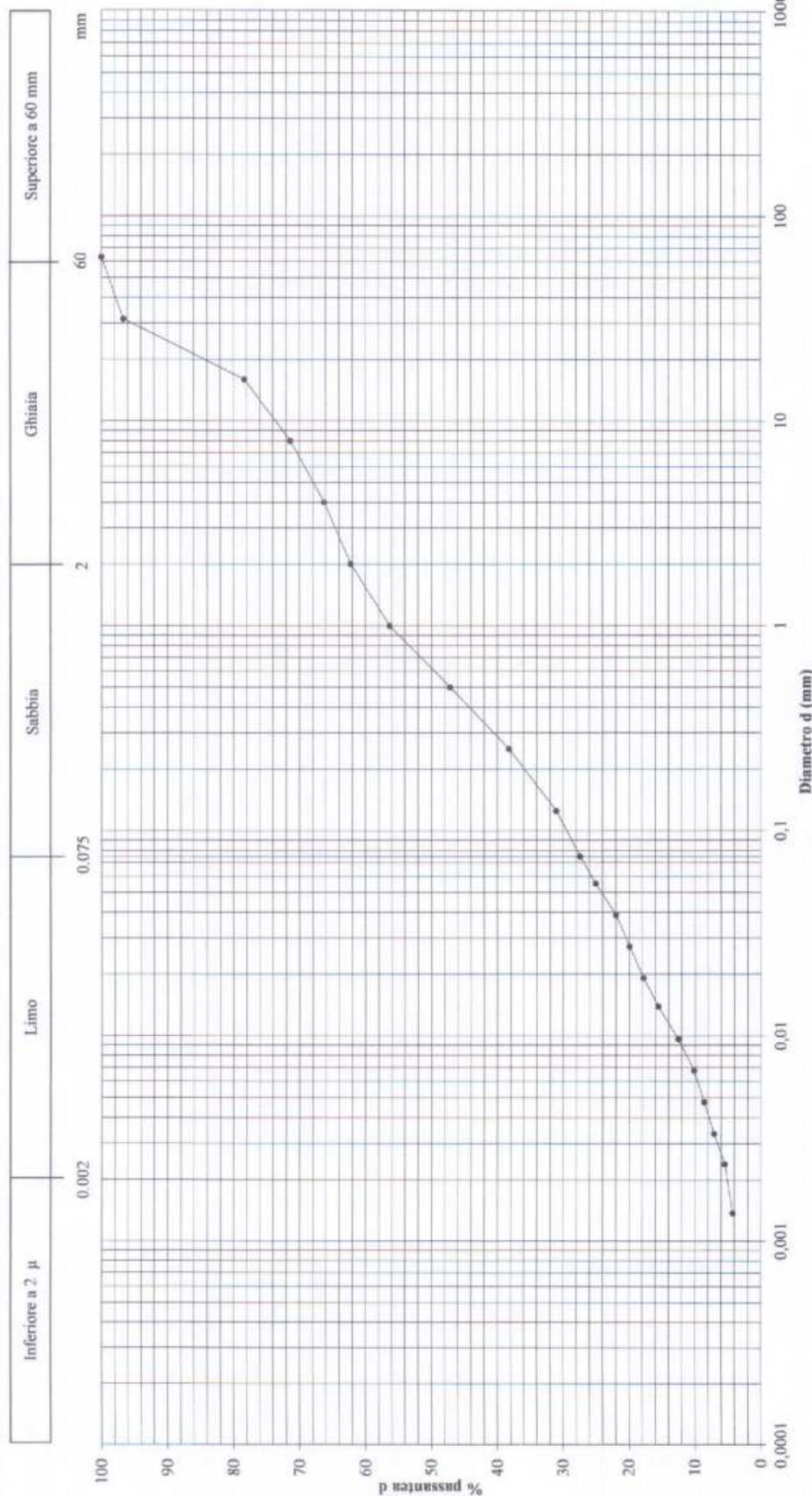
Data inizio/fine prova: 27/11-01/12/2017

Pag. 2/2

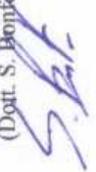
ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422)

Certificato di prova n° 872 del 12/12/2017 - Parte 1 di 1

Campione	Ubicazione prelievo	< 2 μ %	Limo %	Sabbia %	Ghiaia %	60-120 %	120-240 %	D60 mm	D30 mm	D10 mm	U D60/D10	C D ^{2.30} /(D60*10)
38/7	Sondaggio SG3-C7 (34,80-35,00)	5	22	35	38			1,6	0,120	0,0065	246	1,4



Il Direttore
(Dott. S. Bonifazi)



LABORATORIO
GEOTECNOLOGICO PAVIA S.r.l.

Lo Sperimentatore
(S. Bonomini)



Certificato di prova n° 873 del 12/12/2017 - Parte 1 di 1

Pag. 1/2

Verbale di accettazione N° 38 del 14/11/2017

**ANALISI GRANULOMETRICA DI UNA TERRA
(ASTM D 422)**

Committente: Dott. Geol. Maurizio Visconti Data consegna: 14/11/2017
Vigevano (PV) Data inizio/fine prova: 17/11-12/12/2017
Cantiere: AIPO Paderno
Ubicazione prelievo: Sondaggio SG3-C8 (37,40-37,60)
Campione N. : **38/8**

Descrizione del campione:

Campione rimaneggiato. Ghiaia e sabbia limose.

RISULTATO DELLA PROVA

Analisi granulometrica eseguita: per via secca
per via umida

ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA				
Crivelli (mm)	Setacci (mm)	Trattenuto parziale %	Trattenuto progressivo %	Passante progressivo %
	31,5			100,0
	16	16,9	16,9	83,1
	8	9,3	26,2	73,8
	4	7,4	33,6	66,4
	2	6,7	40,3	59,7
	1	8,0	48,4	51,6
	0,5	9,3	57,7	42,3
	0,25	8,4	66,1	33,9
	0,125	8,3	74,4	25,6
	0,075	5,6	80,0	20,0
	<	20,0	100,0	0,0

Lo Sperimentatore
(S. Bonomini)



LABORATORIO
GEOTECNOLOGICO PAVIA s.r.l.

Il Direttore
(Dott. S. Bonfoco)



Dot. Geol. Maurizio Visconti
Vigevano (PV)
AIPO Paderno

Committente:
Cantiere:

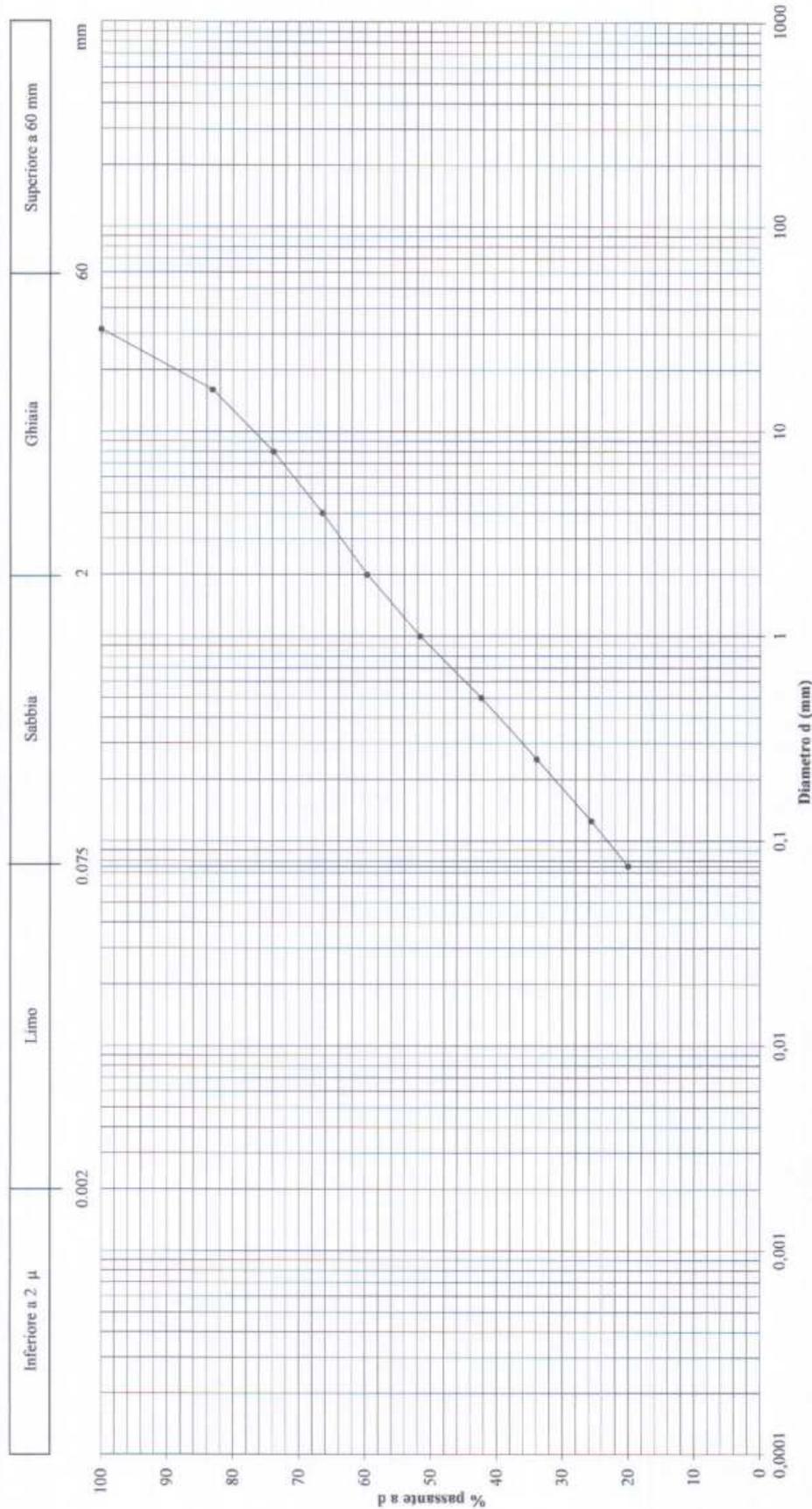
Data inizio/fine prova: 17/11-12/12/2017

Pag. 2/2

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422)

Certificato di prova n° 873 del 12/12/2017 - Parte 1 di 1

Campione	Ubicazione prelievo	< 2 μ %	Limo %	Sabbia %	Ghiaia %	60-120 %	120-240 %	D60 mm	D30 mm	D10 mm	U D60/D10	C D ² ·30/(D60*10)
38/8	Sondaggio SG3-C8 (37,40-37,60)		20	40	40			2	0,18	0,029	69	0,6



Il Direttore
(Dot. S. Bonifacio)

LABORATORIO
GEOTECNOLOGICO PAVIA s.r.l.

L.o Sperimentatore
(S. Bonomini)

Certificato di prova n° 874 del 12/12/2017 - Parte 1 di 1

Pag. 1/2

Verbale di accettazione N° 39 del 14/11/2017

ANALISI GRANULOMETRICA DI UNA TERRA (ASTM D 422)

Committente: Dott. Geol. Maurizio Visconti Data consegna: 24/11/2017
Vigevano (PV) Data inizio/fine prova: 27/11-12/12/2017
Cantiere: AIPO Paderno
Ubicazione prelievo: Sondaggio SG4-C1 (1,80-2,00)
Campione N. : 39/1

Descrizione del campione:

Campione rimaneggiato. Limo con sabbia.

RISULTATO DELLA PROVA

Analisi granulometrica eseguita: per via secca
per via umida

ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA				
Crivelli (mm)	Setacci (mm)	Trattenuto parziale %	Trattenuto progressivo %	Passante progressivo %
	8			100,0
	4	0,0	0,0	100,0
	2	0,2	0,2	99,8
	1	0,6	0,8	99,2
	0,5	2,2	3,0	97,0
	0,25	7,2	10,3	89,7
	0,125	13,0	23,3	76,7
	0,075	7,7	31,0	69,0
	<	69,0	100,0	0,0

ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

Diametro equiv. (mm)	Totale passante %
0,0549	57,3
0,0383	46,6
0,0268	36,7
0,0188	29,9
0,0135	21,9
0,0094	16,2
0,0066	12,3
0,0047	8,5
0,0033	6,3
0,0024	4,9
0,0014	2,5

LABORATORIO

Lo Sperimentatore **GEOTECNOLOGICO PAVIA s.r.l.**
(S. Bonomini)

Il Direttore
(Dott. S. Bonfeco)

S. Bonomini

S. Bonfeco

Dott. Geol. Maurizio Visconti
Vigevano (PV)
AIPO Paderno

Committente:
Cantiere:

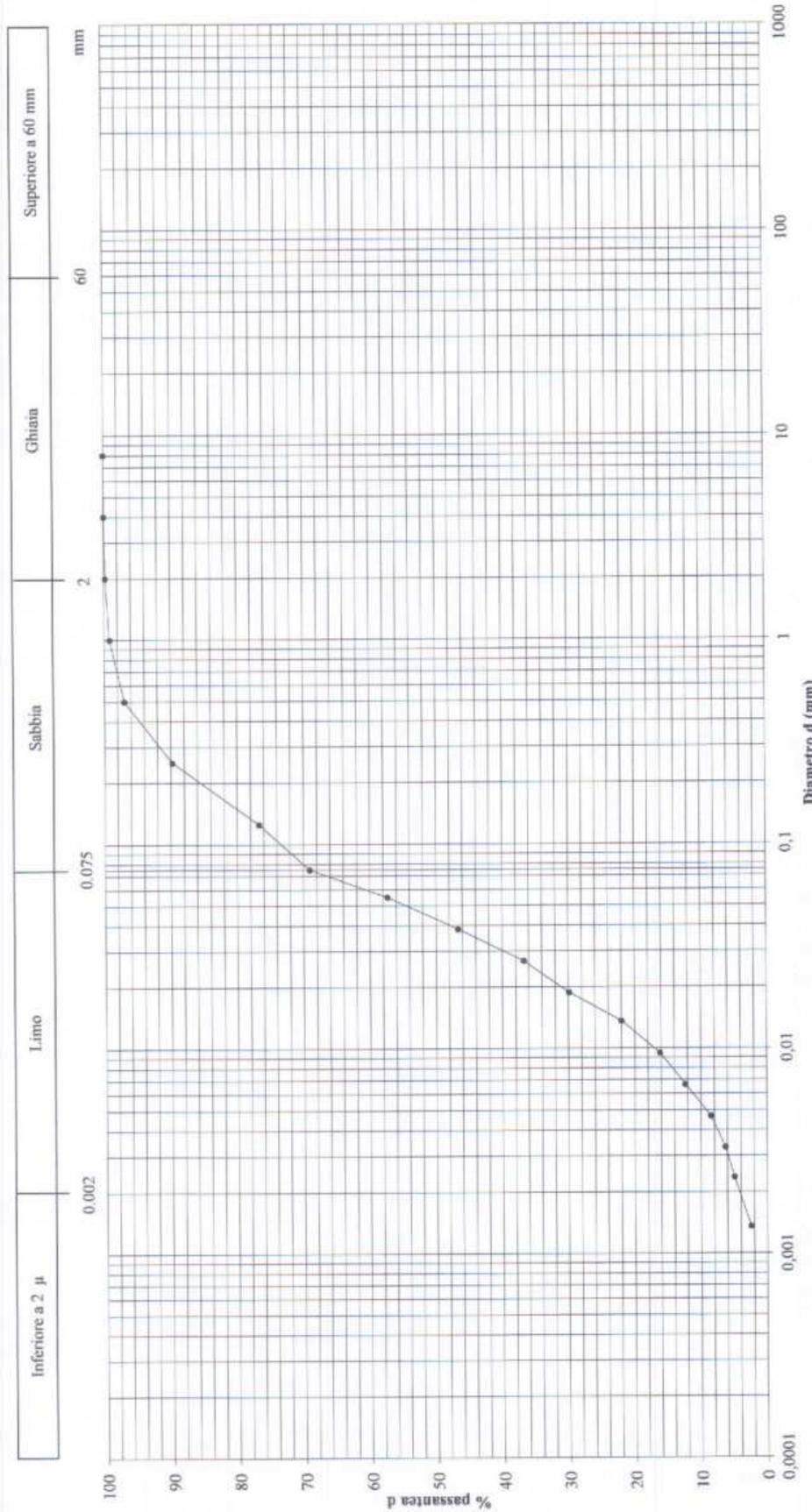
Data inizio/fine prova: 27/11-12/12/2017

Pag. 2/2

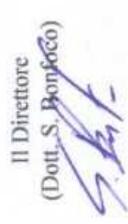
ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422)

Certificato di prova n° 874 del 12/12/2017 - Parte I di I

Campione	Ubicazione prelievo	< 2 μ	Limo	Sabbia	Ghiaia	60-120	120-240	D60	D30	D10	U	C
39/1	Sondaggio SG4-C1 (1,80-2,00)	%	%	%	%	%	%	mm	mm	mm	D60/D10	D ³⁰ /(D60*10)
		4	65	31				0,6	0,019	0,0054	111	0,1

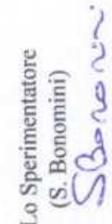


Il Direttore
(Dott. S. Bonfoco)



LABORATORIO
GEOTECNOLOGICO PAVIA s.r.l.

Lo Sperimentatore
(S. Bonomini)



Certificato di prova n° 875 del 12/12/2017 - Parte 1 di 1

Pag. 1/2

Verbale di accettazione N° 39 del 14/11/2017

ANALISI GRANULOMETRICA DI UNA TERRA (ASTM D 422)

Committente:	Dott. Geol. Maurizio Visconti Vigevano (PV)	Data consegna:	14/11/2017
Cantiere:	AIPO Paderno	Data inizio/fine prova:	17/11-12/12/2017
Ubicazione prelievo:	Sondaggio SG4-C2 (6,20-6,50)		
Campione N. :	39/2		

Descrizione del campione:

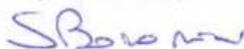
Campione rimaneggiato. Ghiaia debolmente sabbioso-limosa.

RISULTATO DELLA PROVA

Analisi granulometrica eseguita: *per via secca*
per via umida

ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA				
Crivelli (mm)	Setacci (mm)	Trattenuto parziale %	Trattenuto progressivo %	Passante progressivo %
	63			100,0
	31,5	29,2	29,2	70,8
	16	39,6	68,7	31,3
	8	11,6	80,4	19,6
	4	3,9	84,3	15,7
	2	2,6	86,9	13,1
	1	2,3	89,2	10,8
	0,5	1,9	91,1	8,9
	0,25	1,7	92,8	7,2
	0,125	1,7	94,4	5,6
	0,075	0,9	95,3	4,7
	<	4,7	100,0	0,0

Lo Sperimentatore
(S. Bonomini)



LABORATORIO
GEOTECNOLOGICO PAVIA s.r.l.

Il Direttore
(Dott. S. Bonifazi)



Committente:
Dott. Geol. Maurizio Visconti
Vigevano (PV)
AIPO Paderno

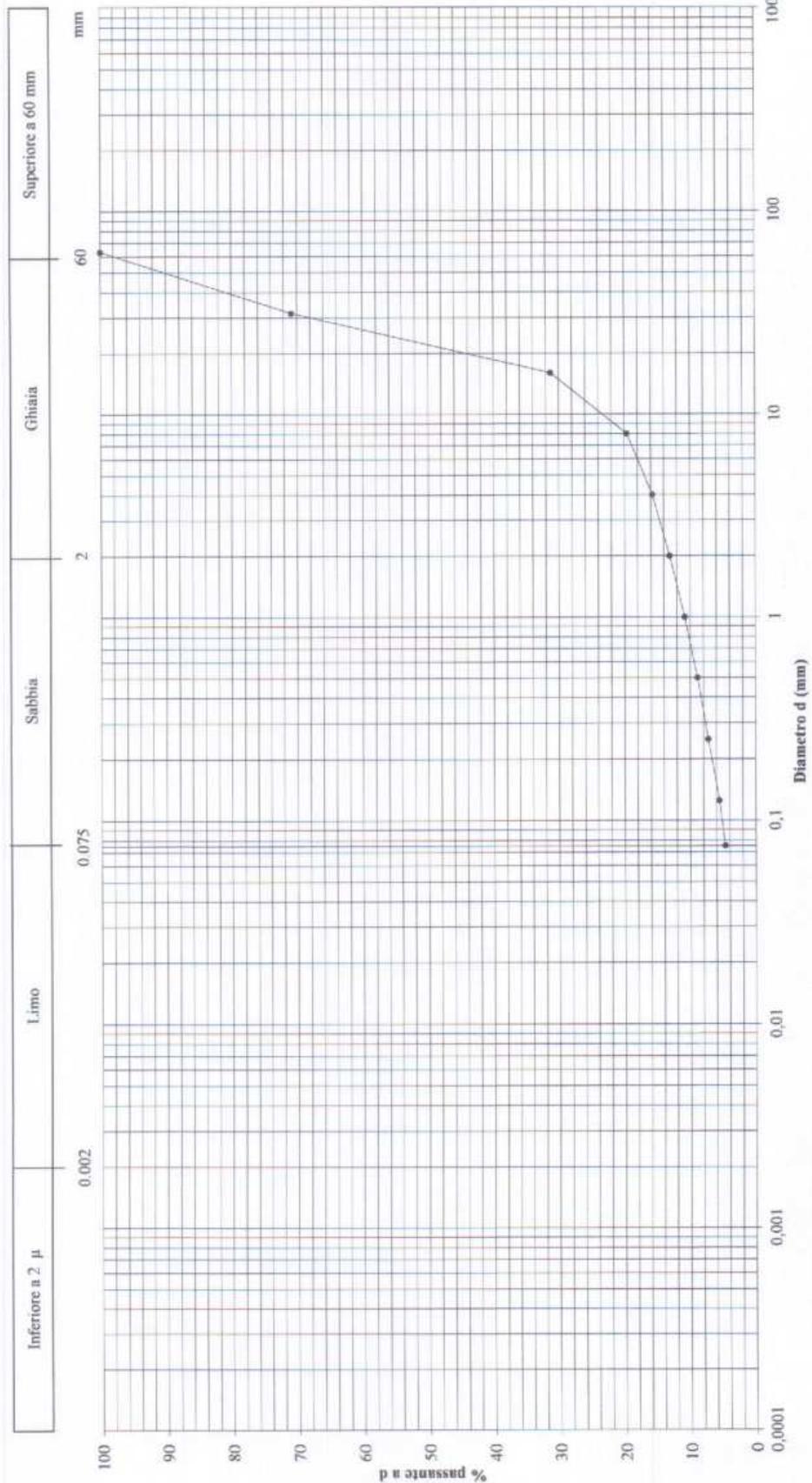
ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422)

Data inizio/fine prova: 17/11-12/12/2017

Pag. 2/2

Certificato di prova n° 875 del 12/12/2017 - Parte I di I

Campione	Ubicazione prelievo	< 2 µ	Limo	Sabbia	Ghiaia	60-120	120-240	D60	D30	D10	U	C				
39/2	Sondaggio SG+C2 (6,20-6,50)	%	5	%	8	%	87	mm	26	mm	15	mm	0,75	35	D ² 30/(D60*10)	11,5



Il Direttore
(Dott. S. Bonifazi)

LABORATORIO
GEOTECNOLOGICO PAVIA s.r.l.

L.º Sperimentatore
(S. Bonomini)

Certificato di prova n° 876 del 12/12/2017 - Parte 1 di 1

Pag. 1/2

Verbale di accettazione N° 39 del 14/11/2017

ANALISI GRANULOMETRICA DI UNA TERRA (ASTM D 422)

Committente:	Dott. Geol. Maurizio Visconti Vigevano (PV)	Data consegna:	24/11/2017
Cantiere:	AIPO Paderno	Data inizio/fine prova:	27/11-12/12/2017
Ubicazione prelievo:	Sondaggio SG4-C3 (12,00-12,20)		
Campione N.:	39/3		

Descrizione del campione:

Campione rimaneggiato. Sabbia con ghiaia limosa debolmente argillosa.

RISULTATO DELLA PROVA

Analisi granulometrica eseguita: *per via secca*
per via umida

ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA				
Crivelli (mm)	Setacci (mm)	Trattenuto parziale %	Trattenuto progressivo %	Passante progressivo %
	63			100,0
	31,5	5,4	5,4	94,6
	16	7,1	12,5	87,5
	8	3,7	16,2	83,8
	4	4,2	20,4	79,6
	2	6,6	27,0	73,0
	1	13,5	40,5	59,5
	0,5	13,9	54,4	45,6
	0,25	8,5	62,9	37,1
	0,125	5,8	68,7	31,3
	0,075	4,7	73,5	26,5
	<	26,5	100,0	0,0

ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE	
Diametro equiv. (mm)	Totale passante %
0,0552	23,6
0,0386	20,3
0,0272	18,8
0,0191	17,1
0,0139	15,1
0,0097	13,0
0,0068	10,7
0,0048	8,5
0,0034	7,7
0,0024	5,6
0,0014	3,7

LABORATORIO
Lo Sperimentatore (S. Bonomini) GEOTECNOLOGICO PAVIA s.r.l. Il Direttore (Dott. S. Bonfoco)

S. Bonomini *S. Bonfoco*

Committente:
Dott. Geol. Maurizio Visconti
Vigevano (PV)
AIPO Paderno

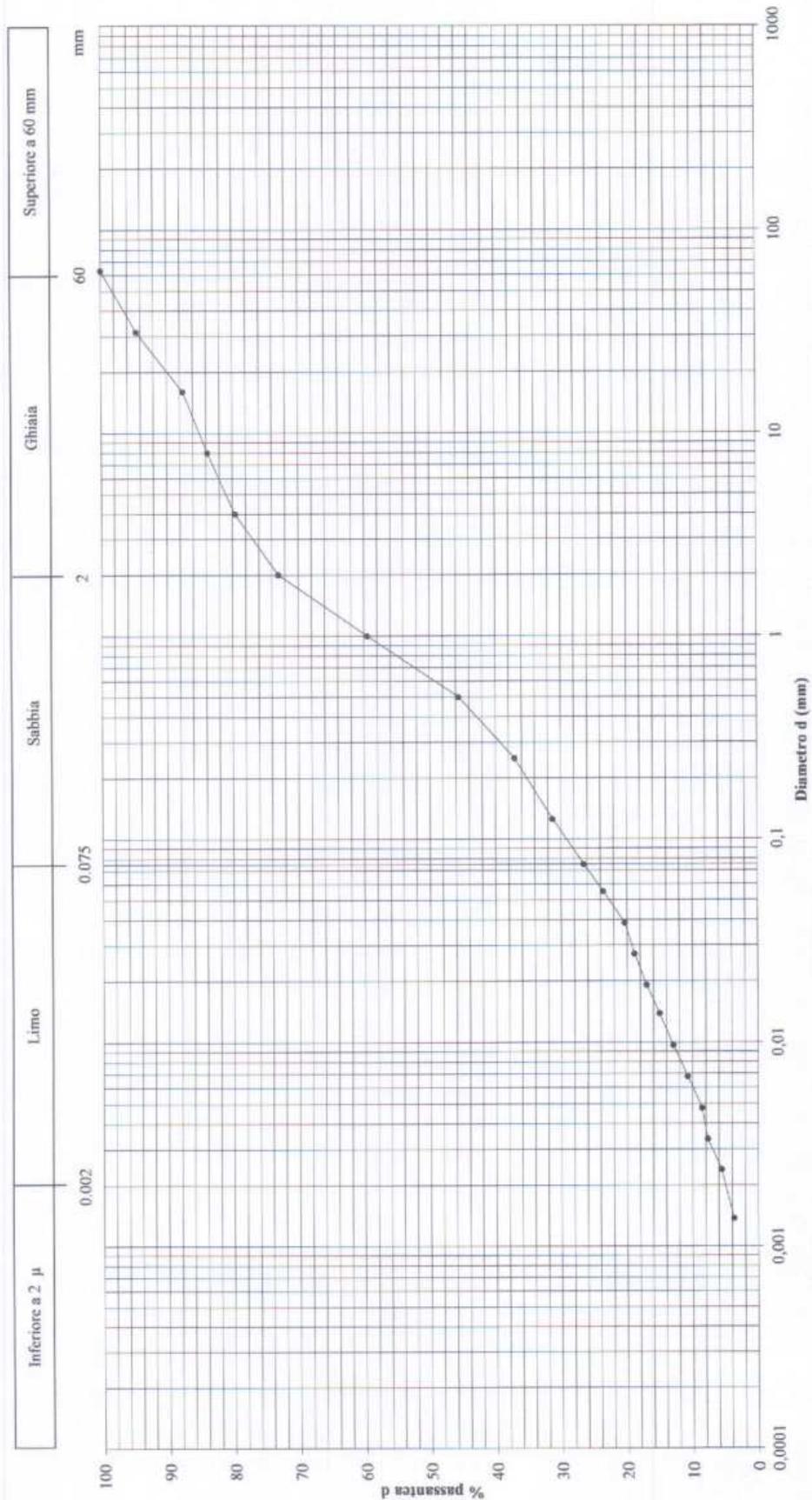
Cantiere:
Data inizio/fine prova: 27/11-12/12/2017

Pag. 2/2

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422)

Certificato di prova n° 876 del 12/12/2017 - Parte 1 di 1

Campione	Ubicazione prelievo	<2 μ	Limo	Sabbia	Ghiaia	60-120	120-240	D60	D30	D10	U	C
39/3	Sondaggio SG4-C3 (12,00-12,20)	5	22	46	27			1,1	0,120	0,0060	183	D ³⁰ /(D ₆₀ *10) 2,2



Il Direttore
(Dott. S. Bonifazi)

LABORATORIO
GEOTECNOLOGICO PAVIA s.r.l.

L. Sperimentatore
(S. Bonomini)

Certificato di prova n° 877 del 12/12/2017 - Parte 1 di 1

Pag. 1/2

Verbale di accettazione N° 39 del 14/11/2017

ANALISI GRANULOMETRICA DI UNA TERRA (ASTM D 422)

Committente:	Dott. Geol. Maurizio Visconti Vigevano (PV)	Data consegna:	24/11/2017
Cantiere:	AIPO Paderno	Data inizio/fine prova:	27/11-12/12/2017
Ubicazione prelievo:	Sondaggio SG4-C4 (18,80-19,20)		
Campione N.:	39/4		

Descrizione del campione:

Campione rimaneggiato. Sabbia con ghiaia limosa.

RISULTATO DELLA PROVA

Analisi granulometrica eseguita: *per via secca* *per via umida*

ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA

Crivelli (mm)	Setacci (mm)	Trattenuto parziale %	Trattenuto progressivo %	Passante progressivo %
	31,5			100,0
	16	10,7	10,7	89,3
	8	5,8	16,5	83,5
	4	4,0	20,5	79,5
	2	4,1	24,6	75,4
	1	5,7	30,2	69,8
	0,5	9,7	39,9	60,1
	0,25	15,2	55,1	44,9
	0,125	12,3	67,4	32,6
	0,075	5,5	72,9	27,1
	<	27,1	100,0	0,0

ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

Diametro equiv. (mm)	Totale passante %
0,0552	24,1
0,0387	21,4
0,0272	19,3
0,0190	16,4
0,0138	14,4
0,0096	12,1
0,0068	9,6
0,0047	6,8
0,0033	5,3
0,0024	4,1
0,0014	3,3

LABORATORIO
GEOTECNOLOGICO PAVIA s.r.l.

Lo Sperimentatore
(S. Bonomini)
S. Bonomini
Il Direttore
(Dott. S. Benfoco)
S. Benfoco

Dott. Geol. Maurizio Visconti
Vigevano (PV)
AIPO Paderno

Committente:
Cantiere:

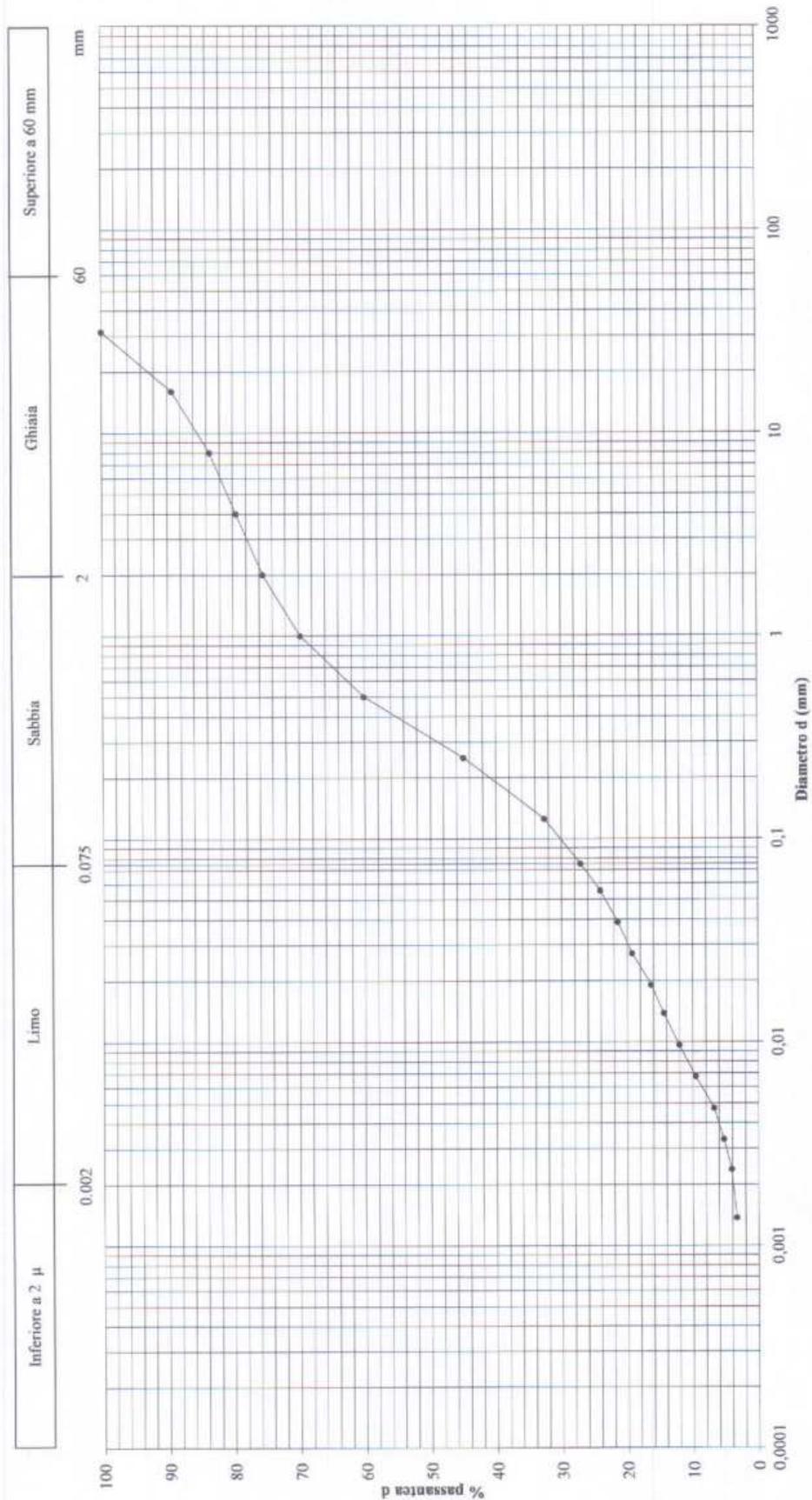
Data inizio/fine prova: 27/11-12/12/2017

Pag. 2/2

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422)

Certificato di prova n° 877 del 12/12/2017 - Parte 1 di 1

Campione	Ubicazione prelievo	<2 μ %	Limo %	Sabbia %	Ghiaia %	60-120 %	120-240 %	D60 mm	D30 mm	D10 mm	U D60/D10	C D ₃₀ /(D60*10)
39/4	Sondaggio SG4-C4 (18,80-19,20)	4	23	48	25			0,5	0,1	0,0070	71	2,9



Il Direttore
(Dott. S. Bonifacio)

LABORATORIO
GEOTECNOLOGICO PAVIA s.r.l.

Lo Sperimentatore
(S. Bonomini)

Certificato di prova n° 878 del 12/12/2017 - Parte 1 di 1

Pag. 1/2

Verbale di accettazione N° 39 del 14/11/2017

ANALISI GRANULOMETRICA DI UNA TERRA (ASTM D 422)

Committente:	Dott. Geol. Maurizio Visconti Vigevano (PV)	Data consegna:	24/11/2017
Cantiere:	AIPO Paderno	Data inizio/fine prova:	27/11-12/12/2017
Ubicazione prelievo:	Sondaggio SG4-C5 (24,00-24,20)		
Campione N.:	39/5		

Descrizione del campione:

Campione rimaneggiato. Sabbia con ghiaia limosa.

RISULTATO DELLA PROVA

Analisi granulometrica eseguita: *per via secca*
per via umida

ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA

Crivelli (mm)	Setacci (mm)	Trattenuto parziale %	Trattenuto progressivo %	Passante progressivo %
	63			100,0
	31,5	10,3	10,3	89,7
	16	7,0	17,3	82,7
	8	6,7	24,0	76,0
	4	5,8	29,8	70,2
	2	6,3	36,1	63,9
	1	7,6	43,7	56,3
	0,5	10,0	53,7	46,3
	0,25	9,3	63,0	37,0
	0,125	8,7	71,7	28,3
	0,075	4,9	76,5	23,5
	<	23,5	100,0	0,0

ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE

Diametro equiv. (mm)	Totale passante %
0,0552	20,8
0,0386	17,6
0,0270	15,4
0,0190	13,0
0,0137	10,9
0,0096	9,2
0,0067	7,0
0,0047	5,2
0,0033	4,3
0,0024	3,1
0,0014	2,1

LABORATORIO

Lo Sperimentatore **GEOTECNOLOGICO PAVIA s.r.l.** Il Direttore
(S. Bonomini) (Dott. S. Bonfoco)

S. Bonomini

S. Bonfoco



Committente:
Dott. Geol. Maurizio Visconti
Vigevano (PV)
AIPO Paderno

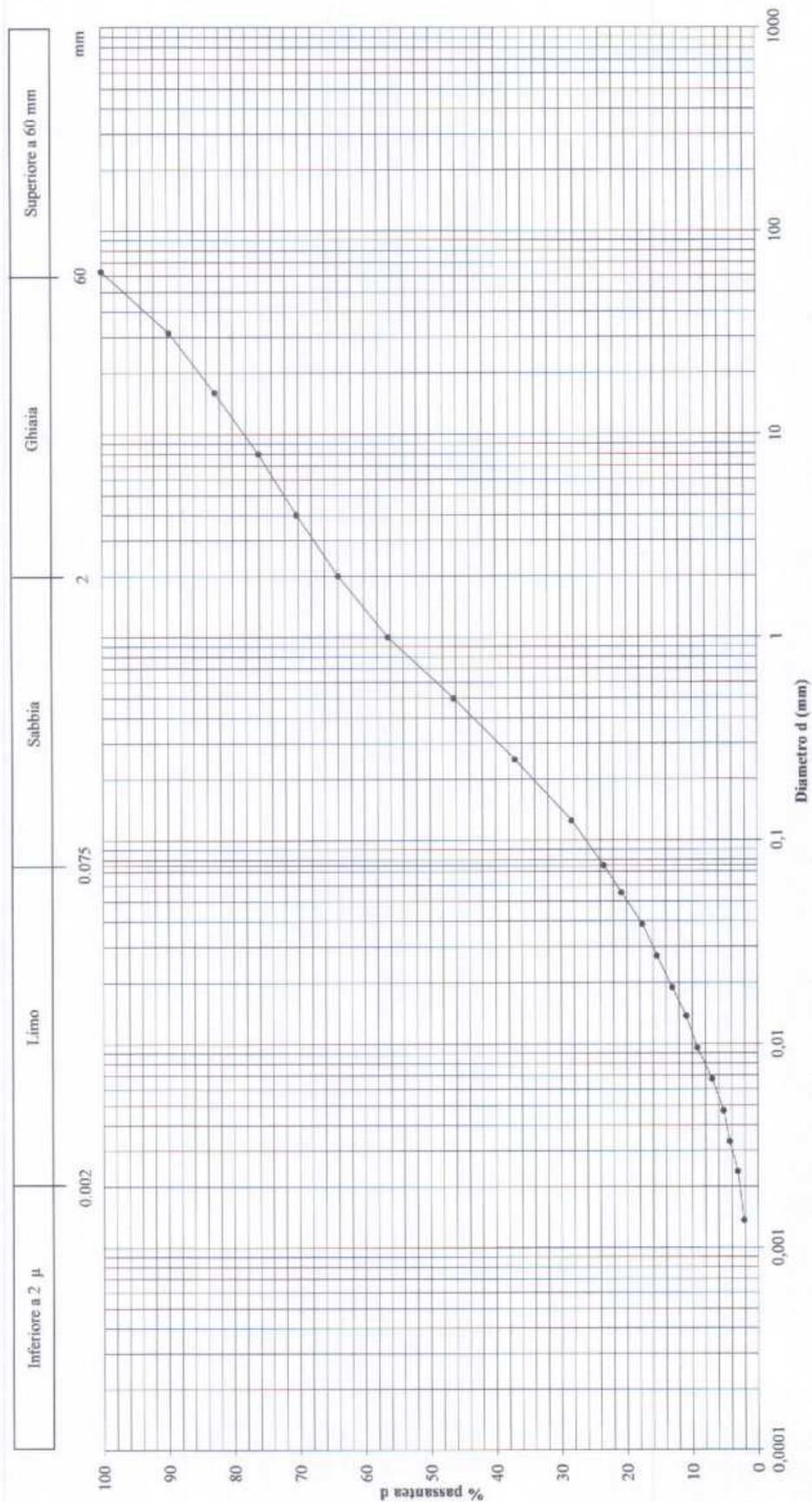
Cantiere:
Data inizio/fine prova: 27/11-12/12/2017

ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422)

Certificato di prova n° 878 del 12/12/2017 - Parte 1 di 1

Pag. 2/2

Campione	Ubicazione prelievo	<2 μ %	Limo %	Sabbia %	Ghiaia %	60-120 %	120-240 %	D60 mm	D30 mm	D10 mm	U D60/D10	C D ³⁰ /(D60*10)
39/S	Sondaggio SG4-C5 (24,00-24,20)	3	20	41	36			1,4	0,15	0,012	117	1,3



Il Direttore
(Dott. S. Bonfoco)
S. Bonfoco

LABORATORIO
GEOTECNOLOGICO PAVIA S.r.l.

Lo Sperimentatore
(S. Bonomini)
S. Bonomini

Certificato di prova n° 879 del 12/12/2017 - Parte 1 di 1

Pag. 1/2

Verbale di accettazione N° 39 del 14/11/2017

ANALISI GRANULOMETRICA DI UNA TERRA
(ASTM D 422)

Committente: Dott. Geol. Maurizio Visconti Data consegna: 24/11/2017
Vigevano (PV) Data inizio/fine prova: 27/11-12/12/2017
Cantiere: AIPO Paderno
Ubicazione prelievo: Sondaggio SG4-C6 (28,30-28,50)
Campione N. : 39/6

Descrizione del campione:

Campione rimaneggiato. Sabbia con ghiaia e con limo debolmente argillosa.

RISULTATO DELLA PROVA

Analisi granulometrica eseguita: per via secca
per via umida

ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA				
Crivelli (mm)	Setacci (mm)	Trattenuto parziale %	Trattenuto progressivo %	Passante progressivo %
	31,5			100,0
	16	9,0	9,0	91,0
	8	8,2	17,2	82,8
	4	6,0	23,2	76,8
	2	6,6	29,8	70,2
	1	8,5	38,4	61,6
	0,5	9,2	47,6	52,4
	0,25	8,0	55,5	44,5
	0,125	8,1	63,6	36,4
	0,075	5,1	68,7	31,3
	<	31,3	100,0	0,0

ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE		
	Diametro equiv. (mm)	Totale passante %
	0,0552	27,7
	0,0387	24,4
	0,0272	22,1
	0,0191	19,8
	0,0138	17,4
	0,0097	14,8
	0,0068	12,3
	0,0048	9,7
	0,0034	8,6
	0,0024	6,2
	0,0014	3,6

LABORATORIO
GEOTECNOLOGICO PAVIA s.r.l.
Lo Sperimentatore (S. Bonomini) Il Direttore (Dott. S. Bonfovi)



Committente:
Dott. Geol. Maurizio Visconti
Vigevano (PV)
AIPO Paderno

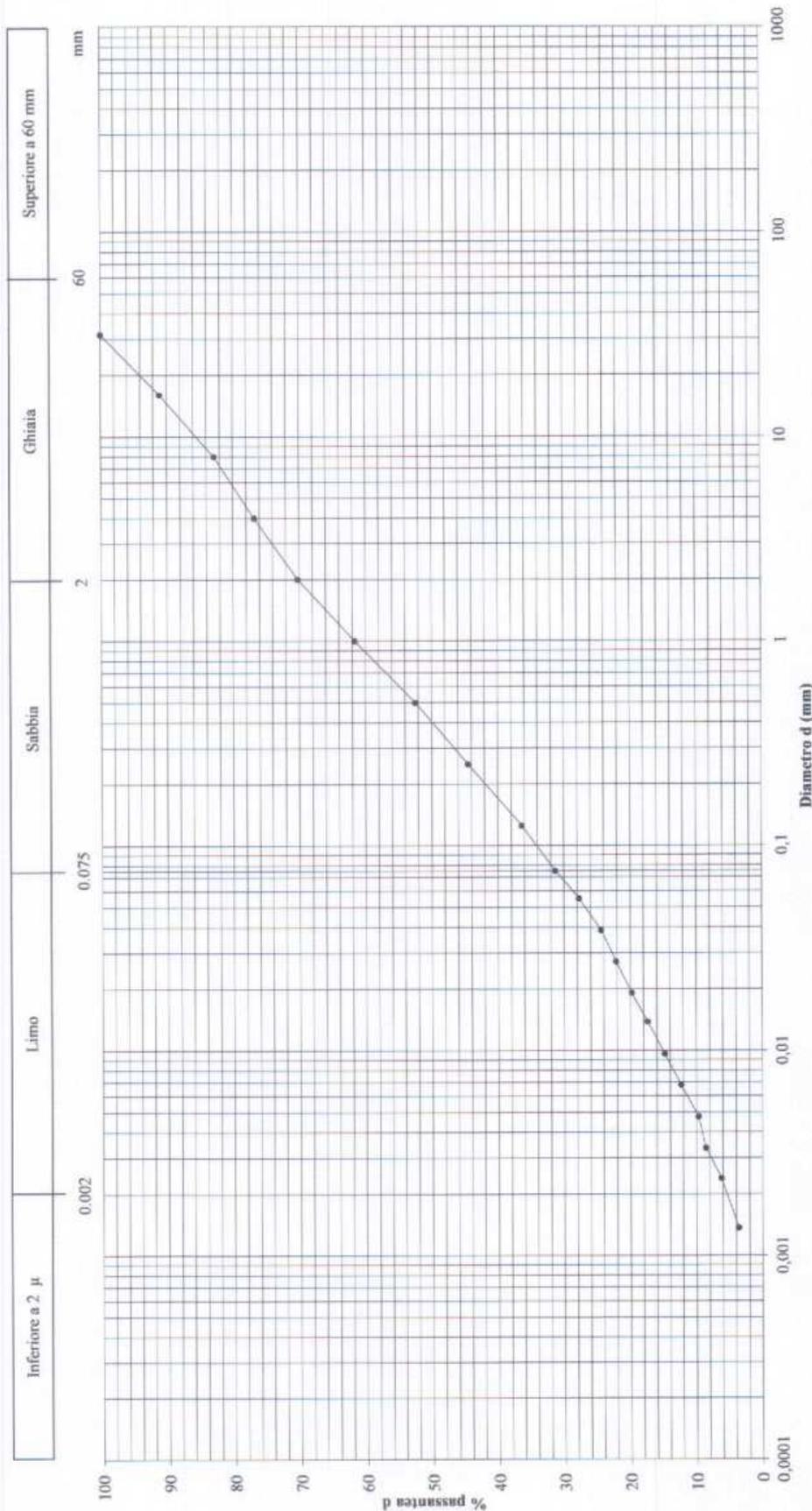
ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422)

Cantiere:
Data inizio/fine prova: 27/11-12/12/2017

Pag. 2/2

Certificato di prova n° 879 del 12/12/2017 - Parte 1 di 1

Campione	Ubicazione prelievo	<2 μ %	Limo %	Sabbia %	Ghiaia %	60-120 %	120-240 %	D60 mm	D30 mm	D10 mm	U	C
39/6	Sondaggio SG4-C6 (28,30-28,50)	6	25	39	30			0,9	0,068	0,004	225	D ³⁰ /(D ₆₀ *10) 1,3



Il Direttore
(Dott. S. Bonfedeo)
S. Bonfedeo

LABORATORIO
GEOTECNOLOGICO PAVIA s.r.l.

Lo Sperimentatore
(S. Bonomini)
S. Bonomini

Certificato di prova n° 880 del 12/12/2017 - Parte 1 di 1

Pag. 1/2

Verbale di accettazione N° 39 del 14/11/2017

**ANALISI GRANULOMETRICA DI UNA TERRA
(ASTM D 422)**

Committente: Dott. Geol. Maurizio Visconti Data consegna: 14/11/2017
Vigevano (PV) Data inizio/fine prova: 17/11-12/12/2017
Cantiere: AIPO Paderno
Ubicazione prelievo: Sondaggio SG4-C7 (32,00-33,00)
Campione N. : 39/7

Descrizione del campione:

Campione rimaneggiato. Ghiaia con sabbia limosa.

RISULTATO DELLA PROVA

Analisi granulometrica eseguita:

per via secca

per via umida

ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA

Crivelli (mm)	Setacci (mm)	Trattenuto parziale %	Trattenuto progressivo %	Passante progressivo %
	63			100,0
	31,5	8,0	8,0	92,0
	16	19,4	27,4	72,6
	8	9,7	37,1	62,9
	4	7,1	44,2	55,8
	2	6,6	50,8	49,2
	1	6,4	57,3	42,7
	0,5	7,2	64,4	35,6
	0,25	7,6	72,0	28,0
	0,125	5,9	78,0	22,0
	0,075	3,0	81,0	19,0
	<	19,0	100,0	0,0

Lo Sperimentatore
(S. Bonomini)

S. Bonomini

LABORATORIO
GEOTECNOLOGICO PAVIA s.r.l.

Il Direttore
(Dott. S. Borfoco)

S. Borfoco

Dott. Geol. Maurizio Visconti
Vigevano (PV)
AIPO Paderno

Committente:
Cantiere:

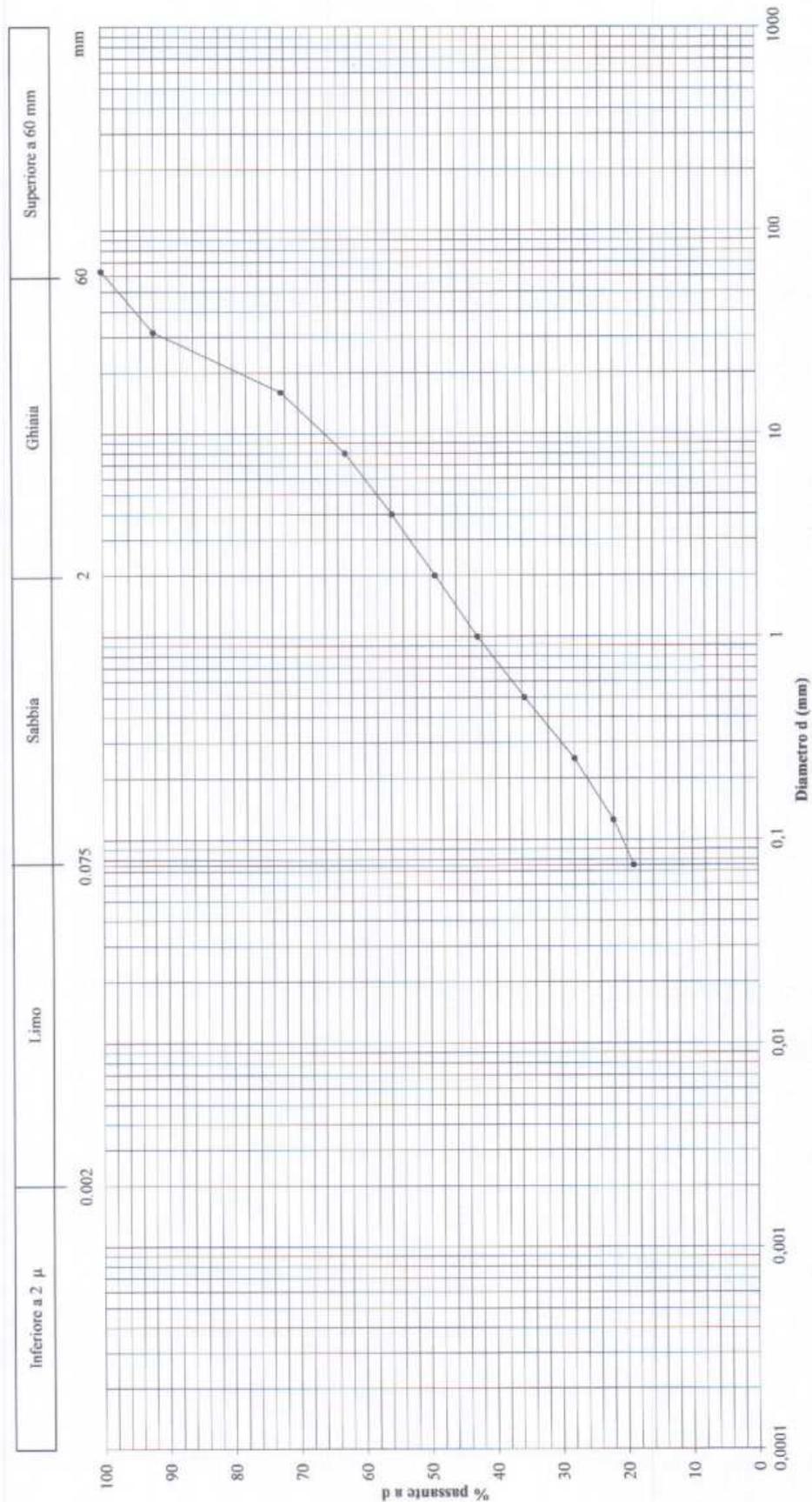
ANALISI GRANULOMETRICA
(ASTM D 422)

Data inizio/fine prova: 17/11-12/12/2017

Pag. 2/2

Certificato di prova n° 880 del 12/12/2017 - Parte 1 di 1

Campione	Ubicazione prelievo	< 2 μ %	Limo %	Sabbia %	Ghiaia %	60-120 %	120-240 %	D60 mm	D30 mm	D10 mm	U D60/D10	C D ³⁰ /(D60*10)
39/7	Sondaggio SG4-C7 (32,00-33,00)		19	30	51			6	0,3	0,02	375	0,9



Il Direttore
(Dott. S. Bonifazi)
S. Bonifazi

LABORATORIO
GEOTECNOLOGICO PAVIA S.r.l.

Lo Sperimentatore
(S. Bonomini)
S. Bonomini



Certificato di prova n° 881 del 12/12/2017 - Parte 1 di 1

Pag. 1/2

Verbale di accettazione N° 39 del 14/11/2017

ANALISI GRANULOMETRICA DI UNA TERRA (ASTM D 422)

Committente:	Dott. Geol. Maurizio Visconti Vigevano (PV)	Data consegna:	24/11/2017
Cantiere:	AIPO Paderno	Data inizio/fine prova:	27/11-12/12/2017
Ubicazione prelievo:	Sondaggio SG4-C8 (38,00-39,00)		
Campione N. :	39/8		

Descrizione del campione:

Campione rimaneggiato. Sabbia limosa debolmente ghiaioso-argillosa.

RISULTATO DELLA PROVA

Analisi granulometrica eseguita: *per via secca*
per via umida

ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA				
Crivelli (mm)	Setacci (mm)	Trattenuto parziale %	Trattenuto progressivo %	Passante progressivo %
	31,5			100,0
	16	3,2	3,2	96,8
	8	1,4	4,6	95,4
	4	1,4	6,0	94,0
	2	1,5	7,6	92,4
	1	2,9	10,5	89,5
	0,5	8,9	19,3	80,7
	0,25	24,7	44,0	56,0
	0,125	19,9	63,9	36,1
	0,075	6,2	70,1	29,9
	<	29,9	100,0	0,0

ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE		
	Diametro equiv. (mm)	Totale passante %
	0,0552	26,5
	0,0386	23,0
	0,0272	21,6
	0,0191	19,0
	0,0138	16,6
	0,0096	13,9
	0,0068	12,2
	0,0048	9,7
	0,0034	8,2
	0,0024	6,2
	0,0014	4,9

LABORATORIO
GEOTECNOLOGICO PAVIA s.r.l.

Lo Sperimentatore
(S. Bonomini)
S. Bonomini

Il Direttore
(Dott. S. Bonfoco)
S. Bonfoco

Committente:
Dott. Geol. Maurizio Visconti
Vigevano (PV)
AIPO Paderno

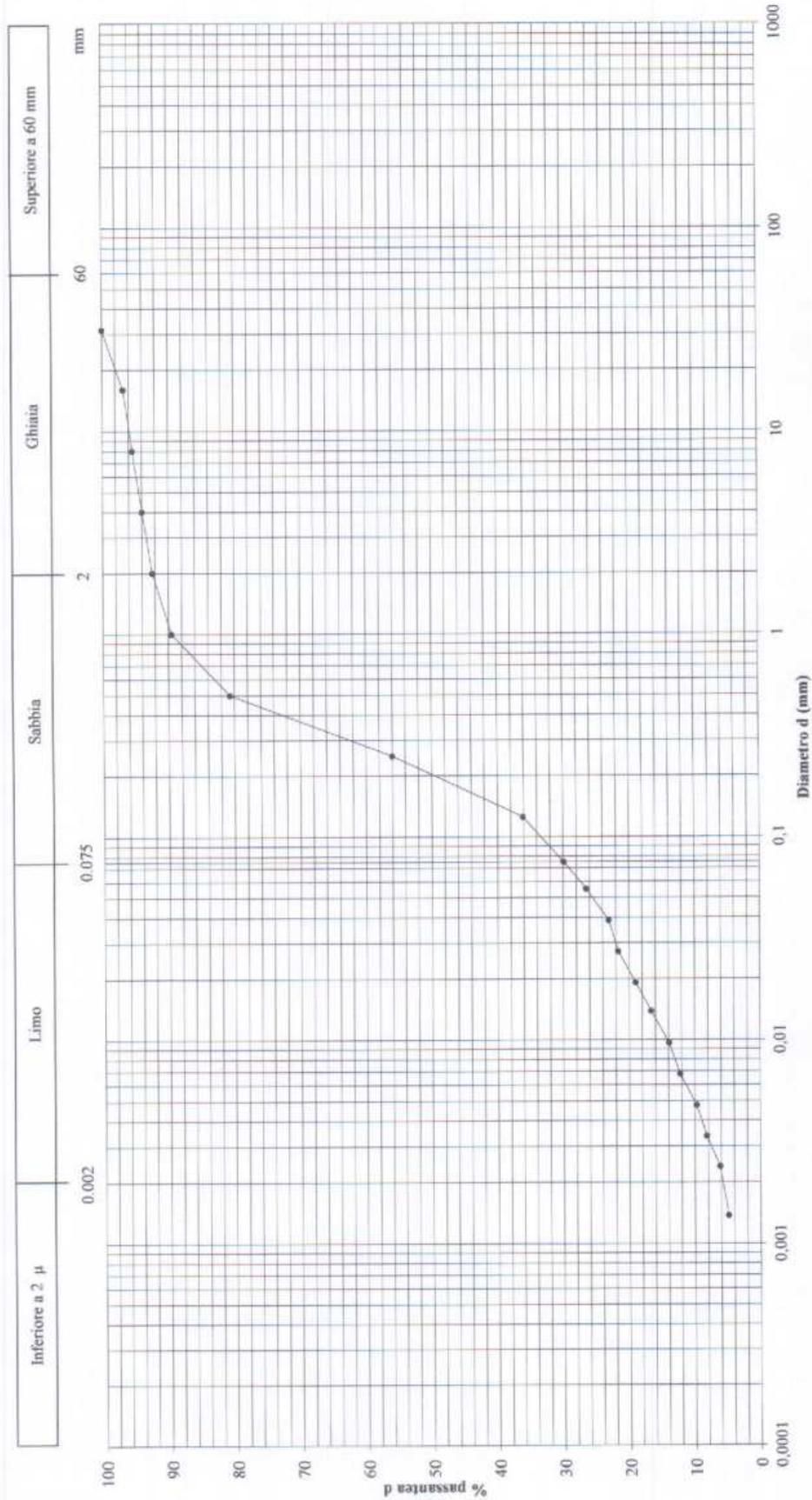
ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422)

Data inizio/fine prova: 27/11-12/12/2017

Pag. 2/2

Certificato di prova n° 881 del 12/12/2017 - Parte 1 di 1

Campione	Ubicazione prelievo	<2 μ %	Limo %	Sabbia %	Ghiaia %	60-120 %	120-240 %	D60 mm	D30 mm	D10 mm	U D60/D10	C D ³ 30/(D60*10)
39/8	Sondaggio SG4-C8 (38,00-39,00)	6	24	62	8			0,28	0,075	0,005	56	4,0



Il Direttore
(Dott. S. Bonfoco)
S. Bonfoco

LABORATORIO
GEOTECNOLOGICO PAVIA s.r.l.

Lo Sperimentatore
(S. Bonomini)
S. Bonomini



ALLEGATO B – Risultati sondaggi ambientali



S.In.Ge.A. S.r.l.
INDAGINI GEOGNOSTICHE E AMBIENTALI

CQOP SOA
COSTRUTTORI QUALIFICATI OPERE PUBBLICHE



Laboratorio per l'esecuzione e la certificazione di indagini geognostiche, prelievo campioni e prove in sito ai sensi della Circ. 7619/STC
Concessione del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Presidenza del Consiglio Superiore dei LL.PP.- **Decreto n. 11244 del 30.11.2011**

VASCHE DI LAMINAZIONE TORRENTE SEVESO, VAREDO (MB)

ESECUZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE RELAZIONE TECNICO-ILLUSTRATIVA

COMMITTENTE: Agenzia Interregionale per il fiume Po
Strada Giuseppe Garibaldi, 75
43121 Parma (PR)

Carpenedolo, dicembre 2017

Pagina 1 di 20

Sede Legale: Via Mantova, 307 - 25018 Montichiari (BS) - Partita I.V.A. e C.F. n. 02323360988

Sede operativa : Via Enrico Fermi, 18 - 25013 Carpenedolo (BS)

Uffici : Via Antonio Meucci, 26 - 25013 Carpenedolo (BS)

Tel.: 030.9983413 - Fax: 030.9698872 - web: <http://www.singea.it> - E-mail: info@singea.it - PEC: singea@pec.singea.it

INDICE

1. GENERALITA'	3
1.1. Introduzione	3
1.2. Elaborati	4
2. CAMPAGNA GEOGNOSTICA MEDIANTE SONDAGGI.....	5
2.1. Sondaggi meccanici	5
2.2. Completamento fori	6
2.3. Prove geotecniche in situ e prelievo di campioni.....	6
2.3.1 Prove penetrometriche dinamiche tipo S.P.T. (Standard Penetration Test).....	7
2.3.2 Prove di permeabilità tipo Lefranc.....	8
2.3.3 Prelievo campioni rimaneggiati di tipo geotecnico.....	11
2.3.4 Prelievo campioni rimaneggiati di tipo ambientale.....	12
2.3.5 Prelievo campioni di acqua	14
2.4. Parametri geotecnici desunti dalle prove S.P.T.	15
3. SCHEDA TECNICA SONDA DI PERFORAZIONE	19

ALLEGATI

Allegato n° 1: Stratigrafie sondaggi

Allegato n° 2: Relazione fotografica

Allegato n°3: Certificati prove di permeabilità tipo Lefranc

Allegato n°4: Catene di custodia campioni di terreno ambientali e campioni di acqua di falda



1. GENERALITA'

1.1. Introduzione

La presente relazione si riferisce alla campagna di indagini geognostiche eseguite a supporto delle attività di progettazione delle vasche di laminazione delle piene del Torrente Seveso nell'area Ex Snia, ubicata a cavallo del confine fra i comuni di Paderno Dugnano (MI) e Varedo (MB).

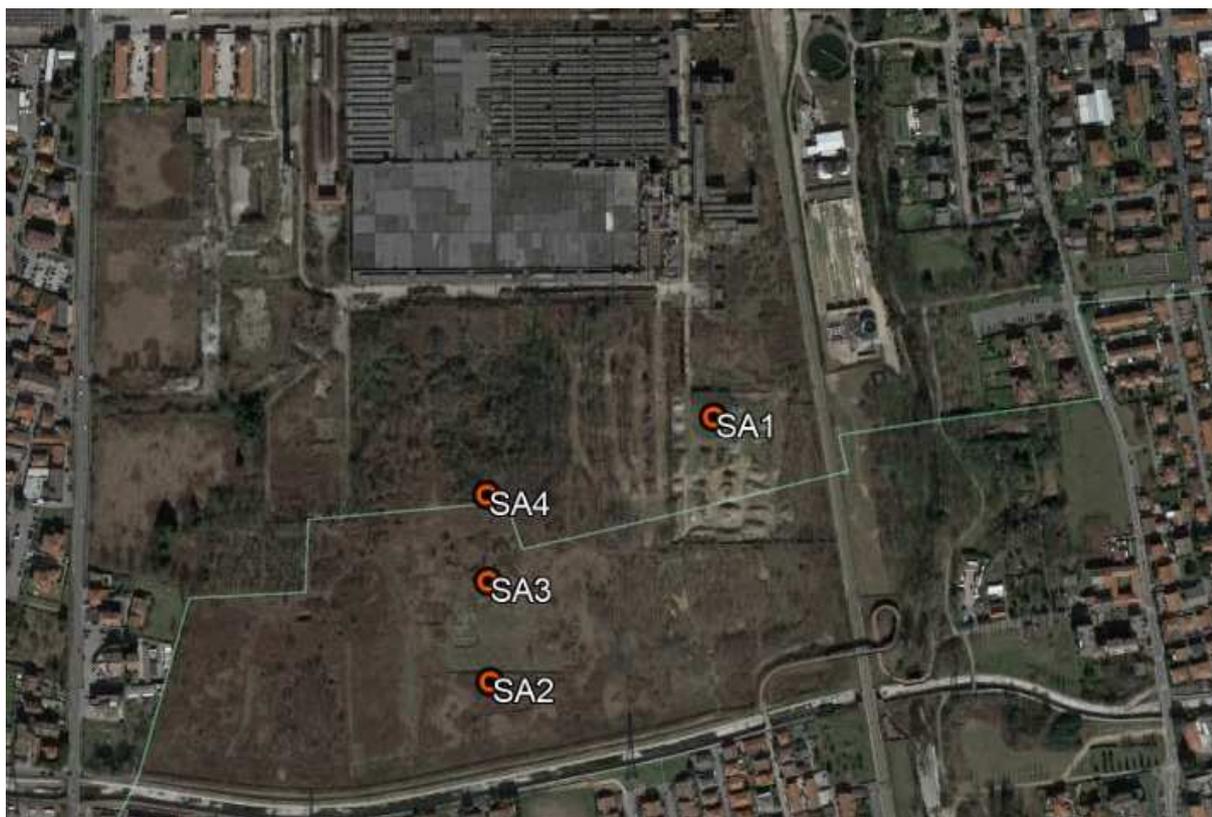
Per la caratterizzazione geologico-geotecnica sono state svolte le seguenti attività:

- Esecuzione di n.4 sondaggi verticali, realizzati a carotaggio continuo, spinti sino alla profondità di -40.00 m da p.c. e -45.00 m da p.c.;
- Esecuzione di prove penetrometriche dinamiche in foro tipo S.P.T.;
- Esecuzione di prove di permeabilità in foro tipo Lefranc;
- Installazione di n.4 piezometri a tubo aperto per il monitoraggio della falda acquifera;
- Prelievo di campioni di terreno rimaneggiati di tipo geotecnico da sottoporre a prove di caratterizzazione fisica e meccanica di laboratorio;
- Prelievo di campioni di terreno rimaneggiati di tipo ambientale da sottoporre ad analisi chimiche di laboratorio;
- Prelievi di campioni delle acque di falda da sottoporre ad analisi chimiche di laboratorio.

Nella tabella successiva sono sinteticamente riassunte le caratteristiche dei fori eseguiti.

SINTESI INDAGINI GEOGNOSTICHE							
SOND.	PROFONDITA' (m da p.c.)	n. prove SPT	n. prove LEFRANC	n. camp. geotecnici	n. camp. ambientali	n. camp. acqua	Completa- mento foro
SA1	45.00	5	3	8	8	1	Piezometro PVC 3"
SA2	45.00	5	3	8	8	1	Piezometro PVC 3"
SA3	40.00	5	3	8	8	1	Piezometro PVC 3"
SA4	40.00	5	3	8	8	1	Piezometro PVC 3"

Nella pagina seguente è riportata la planimetria di insieme dell'area con l'ubicazione dei punti di indagine.



La relazione è redatta in conformità con quanto prescritto dalle norme del Decreto del Ministero LL. PP. 11-03-88 e successive integrazioni.

1.2. Elaborati

Tutti i dati raccolti ed analizzati sono stati utilizzati per la stesura della presente relazione, corredata dai seguenti elaborati:

Allegato n° 1: Stratigrafie sondaggi.

Allegato n° 2: Relazione fotografica.

Allegato n°3: Certificati prove di permeabilità tipo Lefranc

Allegato n°4: Catene di custodia campioni di terreno ambientali e campioni di acqua di falda



2. CAMPAGNA GEOGNOSTICA MEDIANTE SONDAGGI

2.1. Sondaggi meccanici

La perforazione è stata eseguita con sonda cingolata a rotazione autocarrata PX850, su Mercedes Unimog U500, di cui viene allegata alla presente relazione la scheda tecnica.

La rotazione è fornita da mandrino montato nella parte superiore dell'antenna, il tiro e la spinta sono assicurati da un motore oleodinamico con trasmissione a catena; la morsa è di tipo doppio con sistema di controllo oleodinamico. Il controllo della verticalità è assicurato tramite quattro stabilizzatori a pistone, con controllo tramite livella a bolla posta nella parte posteriore.

Il materiale prelevato durante le perforazioni è stato depositato, in modo continuo ed ordinato, in apposite cassette catalogatrici in PVC (capacità 5,00 m), siglate ognuna temporaneamente con l'identificativo del sondaggio, la profondità di prelievo di riferimento, la profondità di esecuzione delle prove geotecniche in situ, il committente e la data di perforazione.

Gli utensili utilizzati per l'avanzamento della perforazione e per l'esecuzione delle prove in foro sono:

- Aste di perforazione con filettatura tronco conica APIR 2" 3/8 $\phi_{EST}=76$ mm, L=1.50÷3.00 m;
- Tubi di rivestimento $\phi_{EST}=152$ mm, L=1.50 m;
- Carotiere "semplice" con valvola in testa a sfera a calice $\phi_{EST}=131$ mm, L=1.50 m;
- Dispositivo di battitura con maglio a sganciamento automatico del tipo Plicon-Nenzi (63.50 kg), con caduta libera da H=75 cm e testa di battuta in acciaio;
- Aste di collegamento fra testa di battuta e campionatore Raymond L=3.00 m, $\phi=50$ mm, giunte a nipplo m/m;
- Campionatore Raymond a punta aperta/chiusa;
- Corone in widia;
- Scandaglio con scala graduata centimetrica;
- Freatimetro con scala graduata centimetrica da 50.0 m e segnalatore acustico e luminoso;
- Cronometro, dispositivo conta litri analogico con precisione pari a 0.01 l.

Nel corso dei sondaggi sono state eseguite prove in foro quali prove penetrometriche dinamiche tipo S.P.T. e prove di permeabilità tipo Lefranc a carico costante e variabile.



Le stratigrafie sono state eseguite in cantiere da geologo abilitato.

La documentazione fotografica e le stratigrafie dei sondaggi sono allegate alla presente di cui costituiscono parte integrante (Allegato n.1 e Allegato n.2).

2.2. Completamento fori

Al termine delle lavorazioni, tutti i fori sono stati attrezzati con piezometro in PVC 3" a tubo aperto, secondo lo schema di seguito riportato.

SONDAGGIO	TRATTO CIECO (m da p.c.)	TRATTO MICROFESSURATO (m da p.c.)	INTERCAPEDINE FORO-TUBAZIONE		
			TRATTO CEMENTATO (m da p.c.)	TRATTO IMPERMEAB. (m da p.c.)	TRATTO DRENANTE (m da p.c.)
SA1	0.00-21.00	21.00-45.00	0.00-19.50	19.50-20.75	21.00-45.00
SA2	0.00-21.00	21.00-45.00	0.00-19.50	19.50-20.75	21.00-45.00
SA3	0.00-21.00	21.00-45.00	0.00-19.50	19.50-20.75	21.00-45.00
SA4	0.00-21.00	21.00-45.00	0.00-19.50	19.50-20.75	21.00-45.00

Nell'intercapedine fra foro e tubazione in PVC, fra 20.75 m da p.c e 21.00 m da p.c., è stata riempita con uno strato di sabbia silicea selezionata ϕ 0.1 mm

L'intercapedine è stata riempita in corrispondenza del tratto filtrante con ghiaietto siliceo calibrato ϕ 2.0-3.5 mm, al di sopra è stato posato uno strato in sabbia silicea calibrata ϕ 0.1 di spessore pari a 0.25 cm.

Il tappo impermeabile è stato creato mediante posa di pellet di bentonite per uno spessore superiore a 1.00 m e la cementazione del tratto cieco è stata effettuata mediante iniezione di miscela acqua-cemento-bentonite (in polvere) in rapporto 1:1:0.04.

La testa di tutti i piezometri installati è stata protetta mediante installazione di chiusino metallico preverniciato (rosso) fuori terra, cementato alla base, con predisposizione per lucchetto.

2.3. Prove geotecniche in situ e prelievo di campioni

Nei fori di sondaggio oggetto della presente relazione, come già accennato precedentemente, sono state eseguite prove penetrometriche dinamiche tipo S.P.T., prove di permeabilità tipo Lefranc.

Oltre alle prove in foro di cui sopra, al termine delle lavorazioni, sono stati prelevati campioni di terreno rimaneggiati di tipo geotecnico e ambientale, nonché campioni di acqua dai piezometri realizzati.



Le modalità di esecuzione delle prove in situ e di campionamento sono descritte nei paragrafi seguenti.

2.3.1 Prove penetrometriche dinamiche tipo S.P.T. (Standard Penetration Test)

Si tratta di prove che vengono eseguite in avanzamento sul fondo del foro di sondaggio dalle quali si ricava la resistenza alla penetrazione in funzione della profondità.

Le prove S.P.T. sono state eseguite seguendo le modalità standard suggerite dall'A.G.I. (Associazione Geotecnica Italiana) ed hanno fornito i dati necessari per determinare le caratteristiche meccaniche dei terreni.

Le prove penetrometriche dinamiche tipo S.P.T. sono state eseguite, previa pulizia del foro, tramite impiego di apposita attrezzatura di battitura, costituita da un maglio a sganciamento automatico del tipo Plicon-Nenzi (peso maglio 63.50 kg), con caduta libera da un'altezza di 75 cm, che scorre lungo aste di collegamento ($L = 3.00$ m, $\varnothing = 50$ mm, giunte a nipplo m/m) al terminale di infissione.

La prova S.P.T. consiste quindi nell'infissione a percussione di un apposito campionatore (campionatore Raymond a punta aperta, dove la stratigrafia lo ha consentito, o a punta chiusa), che penetrando nel terreno, consente di valutarne la resistenza meccanica alla penetrazione (numero di colpi N necessario ad attraversare tre tratti da 15 cm ognuno, per una lunghezza totale di 45 cm).

L'esecuzione avviene secondo le modalità contenute nella normativa ASTM n° D 1586/68 e compresa nelle "Raccomandazioni ISSMFE" per la standardizzazione delle prove penetrometriche in Europa (1976).

Il numero di colpi N_{SPT} è la somma dei valori relativi agli ultimi due tratti di prova (30 cm) e consente la definizione, con buon grado di precisione, dei principali parametri meccanici del terreno; i valori riferiti ai primi 15 cm, generalmente non vengono considerati in quanto rappresentativi di un terreno disturbato dalla perforazione.

Per i terreni nel quale si è registrato il rifiuto della prova non esistono in letteratura correlazioni con l'angolo di attrito e/o con la coesione. Indicativamente è possibile individuare un valore di massima ponendo in tale caso $N_{SPT} = 50$.

Nei sondaggi oggetto della presente relazione le prove S.P.T. sono state effettuate con campionatore Raymond a punta chiusa, a causa delle caratteristiche granulometriche dei materiali incontrato (presenza di abbondanti ghiaie e di ciottoli).



Nella tabella seguente sono sintetizzati i dati ottenuti dalle prove eseguite.

Numero sondaggio	Sonda utilizzata	Profondità Sondaggio (m da p.c.)	Profondità prove SPT (m)	Numero di colpi
SA1	PX 850	45.00	3.00÷3.45 6.00÷6.45 9.00÷9.45 12.00÷12.45 15.00÷15.45	10-15-17 25-31-34 19-R(8) 9-15-16 12-15-15
SA2	PX 850	45.00	3.00÷3.45 6.00÷6.45 9.00÷9.45 12.00÷12.45 15.00÷15.45	17-21-26 19-24-33 R(9) 25-R(8) 19-20-18
SA3	PX 850	40.00	3.00÷3.45 6.00÷6.45 9.00÷9.45 12.00÷12.45 15.00÷15.45	R(7) 27-R(10) 8-12-17 9-15-18 10-13-16
SA4	PX 850	40.00	3.00÷3.45 6.00÷6.45 9.00÷9.45 12.00÷12.45 15.00÷15.45	11-16-19 17-R(13) 22-R(10) 10-18-23 8-15-20

2.3.2 Prove di permeabilità tipo Lefranc

Nel corso delle lavorazioni, sono state eseguite n.12 prove di permeabilità in foro tipo Lefranc, al fine di valutare la conducibilità idraulica dei depositi sciolti presenti nel sottosuolo.

La prova di permeabilità consente di ricavare la conducibilità idraulica del terreno interessato dalla tasca di prova dalla misura del quantitativo di acqua nel tempo introdotto nel foro necessario al mantenimento di un livello idraulico costante all'interno della tubazione di rivestimento (prova a carico costante), o dalla misura dell'abbassamento nel tempo del livello idrico all'interno della colonna di rivestimento rispetto a un piano di riferimento (prova a carico variabile).

La tipologia di prova adottata dipende essenzialmente dalla capacità di drenaggio del deposito investigato; in linea generale si esegue una prova a carico costante quando il terreno investigato drena velocemente l'acqua introdotta, in caso contrario si esegue una prova a carico variabile.

Tutte le prove eseguite durante la campagna di indagini sono state effettuate per immissione di acqua nel foro utilizzando una tasca cilindrica creata dall'utensile di perforazione o direttamente dalla tubazione di rivestimento, i valori di conducibilità idraulica ricavati sono



relativi alla componente orizzontale (k_H), in quanto per ogni prova eseguita il rapporto fra lunghezza della tasca di prova e diametro del foro è superiore a 3.8.

Di seguito sono descritte le due tipologie di prove Lefranc utilizzate nel corso delle lavorazioni.

a. Prove Lefranc a carico costante

In funzione della profondità da p.c. della prova, la tasca è stata eseguita mediante utensile di perforazione (carotiere $\varnothing=131$ mm) o mediante rivestimento ($\varnothing=152$ mm).

In entrambi i casi, nelle manovre di rivestimento precedenti all'esecuzione della tasca di prova è stata utilizzata acqua pulita (senza l'aggiunta di polimeri), al fine di non inficiare i risultati di prova.

Una volta creata la tasca di prova, quest'ultima è stata riempita mediante ghiaietto siliceo calibrato dopo aver verificato a mezzo di scandaglio l'effettiva profondità della tasca stessa.

Successivamente alla verifica del completo riempimento della tasca di prova, sono state annotate tutte le informazioni geometriche della prova (profondità della colonna di rivestimento, sporgenza del rivestimento dal piano campagna, diametro della tasca di prova, diametro dei rivestimenti) e, in caso di prova eseguita al di sopra del livello statico della falda, si è proceduto alla saturazione del terreno di prova mediante immissione di acqua nel foro per un tempo variabile fra 20:00 minuti e 30:00 minuti.

Durante la prova, mediante conta litri collegato alla tubazione di mandata, sono state annotate le letture del volume di acqua immessa nel foro necessario a mantenere il livello idrico costante all'interno della colonna di rivestimento ogni cinque minuti, per un totale di 12 letture (durata della prova pari a 60:00 minuti).

I valori misurati vengono riportati su un grafico volume d'acqua introdotto-tempo, che indica l'eventuale insorgimento di fenomeni di intasamento o erosione dei pori del terreno in corrispondenza della tasca di prova.

Il coefficiente di conducibilità idraulica viene calcolato con la seguente relazione:

$$k = \frac{Q}{F \times h}$$

Dove:

- Q: portata immessa (m^3/s);



- F: fattore di forma dipendente dalla geometria della tasca di prova (m) (Hvorslev, 1951);
- h: livello idraulico nel foro, dato dall'altezza della colonna d'acqua al di sopra della falda (m)

b. Prove Lefranc a carico variabile

Le modalità di esecuzione della tasca di prova e tutti gli accorgimenti per l'eventuale saturazione del terreno sottoposto a prova sono i medesimi della prova a carico costante (si veda paragrafo precedente).

Durante la prova vengono misurati mediante freatimetro con segnalatore acustico e luminoso, gli abbassamenti della colonna d'acqua introdotta nella colonna di rivestimento, secondo una scala di tempi logaritmica (10", 20", 30", 60" ecc.) per almeno un'ora o fino al termine degli abbassamenti.

I valori misurati nel corso della prova vengono riportati su un grafico abbassamento-tempo e su un grafico carico idraulico normalizzato (H/H_0 , dove H carico idraulico nel foro al tempo t, H_0 carico idraulico nel foro al tempo 0)-tempo in scala semi logaritmica.

Il coefficiente di conducibilità idraulica viene calcolato con il metodo del tempo di riequilibrio (Hvorslev, 1951), secondo la relazione:

$$k = \frac{A}{F \times T}$$

Dove:

- A: area trasversale della tubazione di rivestimento (m^2);
- F: fattore di forma dipendente dalla geometria della tasca di prova (m) (Hvorslev, 1951);
- T: tempo di riequilibrio, calcolato dal diagramma carico idraulico normalizzato-tempo (s); rappresenta il tempo corrispondente al valore di $H/H_0=0.37$, ricavato sulla retta che meglio interpola la curva sperimentale, riportata all'origine degli assi ($H/H_0=1$ e $t=0$).

Nella tabella successiva sono sinteticamente riassunte le caratteristiche delle prove Lefranc eseguite e i risultati ottenuti dall'elaborazione dei dati.



SONDAGGIO	PROVA	TIPOLOGIA	PROFONDITA' TASCA (m da p.c.)	K (cm/s)	NOTE
SA1	LFK-01	Carico Costante	5.50-6.00	3.40 E-03	-
	LFK-02	Carico Costante	10.50-11.00	8.38 E-04	-
	LFK-03	Carico Costante	15.00-15.50	4.85 E-04	-
SA2	LFK-01	Carico Costante	5.50-6.00	1.66 E-02	-
	LFK-02	Carico Costante	10.50-11.00	8.48 E-03	-
	LFV-03	Carico Variabile	15.00-15.50	5.18 E-05	-
SA3	LFK-01	Carico Costante	5.50-6.00	8.03 E-03	-
	LFK-02	Carico Costante	10.50-11.00	7.73 E-03	-
	LFV-03	Carico Variabile	15.00-15.50	1.61 E-04	-
SA4	LFK-01	Carico Costante	5.50-6.00	5.16 E-03	I° tratto (0-35 min)
				7.05 E-03	II° tratto (35-60 min)
				5.95 E-03	Prova completa
	LFK-02	Carico Costante	12.00-12.50	9.80 E-04	I° tratto (0-10 min)
				1.26 E-04	II° tratto (10-60 min)
				1.22 E-04	Prova completa
LFV-03	Carico Variabile	15.00-15.50	1.71 E-04	-	

In Allegato n.3 sono riportati i certificati di ogni singola prova eseguita, i quali costituiscono parte integrante della presente.

2.3.3 Prelievo campioni rimaneggiati di tipo geotecnico

Il prelievo dei campioni rimaneggiati è stato effettuato direttamente dalla cassetta catalogatrice una volta riempita completamente e dopo averla fotografata.

Il materiale prelevato è stato posto in un sacchetto in plastica trasparente opportunamente sigillato, contrassegnato da etichette con l'identificativo del sondaggio, la profondità di riferimento, il committente e la data di prelievo.

Successivamente al prelievo i campioni sono stati spediti a mezzo corriere al laboratorio chimico incaricato delle analisi.

Il numero, le sigle e le quote dei campioni rimaneggiati prelevati sono riportati negli schemi stratigrafici allegati.

Nella tabella successiva sono sinteticamente riportate le caratteristiche dei campioni rimaneggiati prelevati.



SONDAGGIO	SIGLA CAMPIONE	PROFONDITA' PRELIEVO (m da p.c.)
SA1	CR1	1.50-2.00
	CR2	3.00-3.50
	CR3	4.50-5.00
	CR4	7.50-8.00
	CR5	10.50-11.00
	CR6	13.50-14.00
	CR7	18.50-19.00
	CR8	21.50-22.00
SA2	CR1	1.50-2.00
	CR2	3.00-3.50
	CR3	4.50-5.00
	CR4	7.50-8.00
	CR5	10.50-11.00
	CR6	13.50-14.00
	CR7	18.50-19.00
	CR8	21.50-22.00
SA3	CR1	1.50-2.00
	CR2	3.00-3.50
	CR3	4.50-5.00
	CR4	7.50-8.00
	CR5	10.50-11.00
	CR6	13.50-14.00
	CR7	18.50-19.00
	CR8	21.50-22.00
SA4	CR1	1.50-2.00
	CR2	3.00-3.50
	CR3	4.50-5.00
	CR4	7.50-8.00
	CR5	10.50-11.00
	CR6	13.50-14.00
	CR7	18.50-19.00
	CR8	21.50-22.00

2.3.4 Prelievo campioni rimaneggiati di tipo ambientale

Il prelievo dei campioni ambientali, è stato effettuato direttamente dalla cassetta catalogatrice, una volta riempita completamente e dopo averla fotografata.

Per ogni campione è stata prelevata una quantità minima superiore a 1 kg all'interno di un intervallo di spessore pari a 1.00 m.

Il campionamento è avvenuto mediante operazioni di omogeneizzazione e quartatura in sito del materiale di risulta della perforazione; previa setacciatura del terreno per eliminare la frazione granulometrica con diametro superiore ai 20 mm. Il materiale setacciato,



omogeneizzato e quartato è stato successivamente riposto all'interno di contenitore in vetro idoneo opportunamente sigillato mediante tappo metallico.

Successivamente al prelievo i campioni sono stati spediti a mezzo corriere al laboratorio chimico incaricato delle analisi.

Il numero, le sigle e le quote dei campioni rimaneggiati prelevati sono riportati negli schemi stratigrafici allegati.

Nella tabella successiva sono sinteticamente riportate le caratteristiche dei campioni rimaneggiati prelevati.

SONDAGGIO	SIGLA CAMPIONE	PROFONDITA' PRELIEVO (m da p.c.)
SA1	CA1	0.00-1.00
	CA2	1.00-2.00
	CA3	2.00-3.00
	CA4	3.00-4.00
	CA5	5.00-6.00
	CA6	10.00-11.00
	CA7	15.00-16.00
	CA8	21.00-22.00
SA2	CA1	0.00-1.00
	CA2	1.00-2.00
	CA3	2.00-3.00
	CA4	3.00-4.00
	CA5	5.00-6.00
	CA6	10.00-11.00
	CA7	15.00-16.00
	CA8	21.00-22.00
SA3	CA1	0.00-1.00
	CA2	1.00-2.00
	CA3	2.00-3.00
	CA4	3.00-4.00
	CA5	5.00-6.00
	CA6	10.00-11.00
	CA7	15.00-16.00
	CA8	21.00-22.00
SA4	CA1	0.00-1.00
	CA2	1.00-2.00
	CA3	2.00-3.00
	CA4	3.00-4.00
	CA5	5.00-6.00
	CA6	10.00-11.00
	CA7	15.00-16.00
	CA8	21.00-22.00



2.3.5 Prelievo campioni di acqua

Il prelievo dei campioni di acqua è stato effettuato mediante l'utilizzo di una elettropompa sommersa da 2", tipo Grundfos MP1, ad azionamento elettrico mediante ns. generatore, avviata tramite un convertitore regolabile BMI/MP 1, con frequenza compresa tra 50 e 400 Hz e a prestazioni nominali conseguenti di 1 m³/h alla prevalenza di 75 m.

L'attrezzatura necessaria per l'esecuzione delle attività di campionamento è stata accuratamente pulita prima dell'intervento.

Lo spurgo dei piezometri, propedeutico al campionamento, e il successivo campionamento, sono stati eseguiti mediante l'utilizzo di una elettropompa sommersa da 2", tipo Grundfos MP1, ad azionamento elettrico mediante ns. generatore, avviata tramite un convertitore regolabile BMI/MP 1, con frequenza compresa tra 50 e 400 Hz e a prestazioni nominali conseguenti di 1 m³/h alla prevalenza di 75 m.

La quantità di acqua estratta in fase di spurgo è stata pari minimo tre volumi di acqua contenuta nel piezometro e comunque fino a completa chiarificazione dell'acqua stessa; la portata di emungimento in fase di spurgo con portata di circa 15.0 l/min

Prima dell'inizio della fase di spurgo dei piezometri, è stata effettuata la misura del livello statico della falda mediante l'utilizzo di sonda elettrica centimetrata, che emette un segnale acustico e luminoso al contatto con la superficie piezometrica.

Il campionamento è stato effettuato in modo dinamico, con portata di emungimento pari a 0.5 l/min.

Il prelievo dei campioni è stato effettuato a seguito dello spurgo del piezometro e dopo aver verificato e accertato la limpidezza dell'acqua emunta.

Per ogni campione sono state prelevate le quantità in singola aliquota di seguito descritte, secondo quanto indicato dai tecnici del laboratorio chimico incaricato delle analisi:

- n.3 bottiglie in vetro scuro da 1.0 l ciascuna;
- n.2 PET da 500 ml ciascuno (campione filtrato e acidificato con HNO₃);
- n. 3 vials da 40 ml in vetro, chiuse con un tappo a vite con setto in Teflon (campione additivato con solfato acido di sodio).

Ogni campione è stato conservato entro l'apposito contenitore siglato in modo indelebile con l'identificativo del sito di indagine, il committente, la sigla di progetto, il codice identificativo del sondaggio, la profondità di prelievo, e la data di prelievo.



Nella tabella seguente sono sintetizzate le informazioni e i parametri misurati in sito all'atto dello spurgo dei piezometri.

PIEZOMETRO	DATA	SOGGIACENZA (m da p.c.)	PORTATA DI SPURGO (l/min)	PORTATA DI CAMPIONAMENTO (l/min)
SA1	21.12.2017	27.75	15.0	0.5
SA2	21.12.2017	25.94	15.0	0.5
SA3	21.12.2017	26.27	15.0	0.5
SA4	21.12.2017	26.55	15.0	0.5

Tutti i campioni confezionati sono stati consegnati in breve tempo, previa conservazione in appositi contenitori rigidi refrigerati, al laboratorio incaricato sotto Catena di Custodia, copia della quale è stata allegata alla presente (Allegato n.4).

2.4. Parametri geotecnici desunti dalle prove S.P.T.

Per avere una conoscenza accurata del sottosuolo e per ottenere le caratteristiche geotecniche del terreno in corrispondenza dell'intervento in progetto è stata condotta una campagna di indagini geognostiche.

Il riconoscimento delle caratteristiche geologiche permette di definire l'assetto stratigrafico dei terreni presenti nell'area investigata. Vengono, infatti, individuate le singole unità litologiche e le loro caratteristiche geotecniche.

Di seguito si riportano le correlazioni utilizzate per la determinazione delle caratteristiche geotecniche dei terreni dalle prove S.P.T. effettuate durante l'indagine.

- Densità relativa: determinata secondo le indicazioni riportate nella seguente tabella sia definendo con un aggettivo il grado di addensamento (**Terzaghi-Peck**) sia individuando il corrispondente valore numerico (**Gibbs-Holtz**).

N_{SPT} colpi/30 cm	DENSITA' RELATIVA	
	Terzaghi-Peck (1948)	Gibbs-Holtz (1957)
0-4	Sciolto	0-15 %
4-10	Poco addensato	15-35 %
10-30	Moderatamente addensato	35-65 %
30-50	Addensato	65-85 %
> 50	Molto addensato	85-100 %



- Angolo di attrito efficace: determinato utilizzando la correlazione per terreni granulari “PECK-HANSON-THORBURN (1953-1974)”.

Terreni granulari							
N _{SPT}	φ (°)	N _{SPT}	φ (°)	N _{SPT}	φ (°)	N _{SPT}	φ (°)
5	28,0	30	36,0	55	41,8	80	44,5
10	30,0	35	37,3	60	42,5	85	44,8
15	31,5	40	38,5	65	43,3	90	45,0
20	33,0	45	39,8	70	44,0	95	45,0
25	34,5	50	41,0	75	44,3	100	45,0

- Coesione non drenata: La coesione non drenata è stata determinata utilizzando la correlazione di **Terzaghi & Peck (1948-1967)**, valida solo per le argille di media plasticità, in cui la coesione non drenata è calcolata in funzione del numero di colpi N_{SPT} ed è espressa in kg/cm².

$$c_U = 0.067 \times N_{SPT}$$

Terreni coesivi							
N _{SPT}	C _U (kg/cm ²)	N _{SPT}	C _U (kg/cm ²)	N _{SPT}	C _U (kg/cm ²)	N _{SPT}	C _U (kg/cm ²)
2	0,13	12	0,75	22	1,38	32	2,00
4	0,25	14	0,88	24	1,50	34	2,13
6	0,38	16	1,00	26	1,63	36	2,25
8	0,50	18	1,13	28	1,75	38	2,38
10	0,63	20	1,25	30	1,88	40	2,50

Di seguito si riportano altre correlazioni, che permettono di calcolare la coesione non drenata (espressa in kg/cm²) in funzione del numero di colpi N_{SPT}, per diversi gradi di plasticità del terreno.

Design manual for soil mechanics:

Per le argille a bassa plasticità: $C_u = 0.038 \times N_{SPT}$

Per le argille a media plasticità: $C_u = 0.074 \times N_{SPT}$

Per le argille ad alta plasticità: $C_u = 0.125 \times N_{SPT}$

Sanglerat:

Per le argille a media plasticità: $C_u = 0.125 \times N_{SPT}$

Per le argille limose: $C_u = 0.100 \times N_{SPT}$

Per le argille limo-sabbiose: $C_u = 0.067 \times N_{SPT}$

Shioi & Fukui:

Per le argille a media plasticità: $C_u = 0.025 \times N_{SPT}$

Per le argille ad alta plasticità: $C_u = 0.050 \times N_{SPT}$



- Modulo di deformazione drenato: determinato utilizzando la correlazione per terreni granulari "D'APPOLONIA et Al. (1970)".

SABBIE e GHIAIE N.C. (normalmente consolidate)							
N_{SPT}	E' (kg/cm ²)	N_{SPT}	E' (kg/cm ²)	N_{SPT}	E' (kg/cm ²)	N_{SPT}	E' (kg/cm ²)
5	229,8	30	422,6	55	615,3	80	808,1
10	268,4	35	461,1	60	653,9	85	746,6
15	306,9	40	499,7	65	692,4	90	885,2
20	345,5	45	538,2	70	731,0	95	923,7
25	384,0	50	576,8	75	769,5	100	962,3

- Peso di volume: stimato utilizzando le seguenti correlazioni:

TERRENI GRANULARI (Terzaghi-Peck 1948/1967): correlazione valida per peso specifico del materiale (G) pari a circa 2,65 t/m³ e per indici dei vuoti (e) variabile da 1 a 1/3.

N_{SPT}	γ_{SAT} (t/m ³)	γ_D (t/m ³)	N_{SPT}	γ_{SAT} (t/m ³)	γ_D (t/m ³)	N_{SPT}	γ_{SAT} (t/m ³)	γ_D (t/m ³)	N_{SPT}	γ_{SAT} (t/m ³)	γ_D (t/m ³)
0	1,83	1,33	25	2,02	1,64	50	2,15	1,85	75	2,20	1,93
5	1,88	1,41	30	2,05	1,69	55	2,16	1,87	80	2,21	1,95
10	1,93	1,50	35	2,08	1,73	60	2,17	1,88	85	2,23	1,97
15	1,96	1,54	40	2,10	1,77	65	2,18	1,90	90	2,24	1,99
20	1,99	1,59	45	2,13	1,81	70	2,19	1,92	95	2,24	1,99

TERRENI COESIVI (Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967): correlazione valida per peso specifico del materiale (G) pari a circa 2,70 t/mc.

N_{SPT}	γ_{SAT} (t/m ³)	W (%)	E (-)	N_{SPT}	γ_{SAT} (t/m ³)	W (%)	E (-)	N_{SPT}	γ_{SAT} (t/m ³)	W (%)	E (-)
0	1,60	68	1,833	10	1,90	33	0,892	20	2,02	25	0,667
2	1,75	47	1,267	12	1,92	31	0,842	22	2,04	23	0,628
4	1,80	42	1,125	14	1,95	29	0,795	24	2,07	22	0,591
6	1,85	37	1,000	16	1,97	28	0,750	26	2,09	21	0,556
8	1,87	35	0,945	18	2,00	26	0,708	28	2,10	20	0,545

Dove:

- γ_{SAT} [t/m³]: peso di volume saturo;
- γ_D [t/m³]: peso di volume secco;
- W [%]: umidità %;
- e [-]: indice vuoti.



Di seguito sono riportate le tabelle di sintesi dei risultati delle prove S.P.T. effettuate ed i corrispondenti parametri geotecnici ricavati dalle stesse per elaborazione, utilizzando le correlazioni sopracitate.

SONDAGGIO SA1

Profondità (m)	Valori S.P.T.	N _{SPT} colpi/30 cm	TERRENI GRANULARI					TERRENI COESIVI	
			Dr (%)	φ (°)	E' (Kg/cm ²)	γ _{SAT} (t/m ³)	γ _D (t/m ³)	γ _{SAT} (t/m ³)	C _u (Kg/cm ²)
3.00÷3.45	10/15/17	32	67.0	36.5	438	2.06	1.71	2.17	2.00
6.00÷6.45	25/31/34	65	90.6	43.3	692	2.18	1.9	2.57	4.06
9.00÷9.45	19/R(8)	Rifiuto	>85.0	>41.0	>577	>2.15	>1.85	>2.38	>3.13
12.00÷12.45	9/15/16	31	66.0	36.3	430	2.06	1.7	2.15	1.94
15.00÷15.45	12/15/15	30	65.0	36.0	423	2.05	1.69	2.14	1.88

SONDAGGIO SA2

Profondità (m)	Valori S.P.T.	N _{SPT} colpi/30 cm	TERRENI GRANULARI					TERRENI COESIVI	
			Dr (%)	φ (°)	E' (Kg/cm ²)	γ _{SAT} (t/m ³)	γ _D (t/m ³)	γ _{SAT} (t/m ³)	C _u (Kg/cm ²)
3.00÷3.45	17/21/26	47	82.0	40.3	554	2.14	1.82	2.35	2.94
6.00÷6.45	19/24/33	57	87.6	42.1	631	2.17	1.87	2.47	3.56
9.00÷9.45	R(9)	Rifiuto	>85.0	>41.0	>577	>2.15	>1.85	>2.38	>3.13
12.00÷12.45	25/R(8)	Rifiuto	>85.0	>41.0	>577	>2.15	>1.85	>2.38	>3.13
15.00÷15.45	19/20/18	38	73.0	38.0	484	2.09	1.75	2.24	2.38

SONDAGGIO SA3

Profondità (m)	Valori S.P.T.	N _{SPT} colpi/30 cm	TERRENI GRANULARI					TERRENI COESIVI	
			Dr (%)	φ (°)	E' (Kg/cm ²)	γ _{SAT} (t/m ³)	γ _D (t/m ³)	γ _{SAT} (t/m ³)	C _u (Kg/cm ²)
3.00÷3.45	R(7)	Rifiuto	>85.0	>41.0	>577	>2.15	>1.85	>2.38	>3.13
6.00÷6.45	27/R(10)	Rifiuto	>85.0	>41.0	>577	>2.15	>1.85	>2.38	>3.13
9.00÷9.45	8/12/17	29	63.5	35.7	415	2.05	1.68	2.13	1.81
12.00÷12.45	9/15/18	33	68.0	36.8	446	2.07	1.71	2.18	2.06
15.00÷15.45	10/13/16	29	63.5	35.7	415	2.05	1.68	2.13	1.81

SONDAGGIO SA4

Profondità (m)	Valori S.P.T.	N _{SPT} colpi/30 cm	TERRENI GRANULARI					TERRENI COESIVI	
			Dr (%)	φ (°)	E' (Kg/cm ²)	γ _{SAT} (t/m ³)	γ _D (t/m ³)	γ _{SAT} (t/m ³)	C _u (Kg/cm ²)
3.00÷3.45	11/16/19	35	70.0	37.3	461	2.08	1.73	2.2	2.19
6.00÷6.45	17/R(13)	Rifiuto	>85.0	>41.0	>577	>2.15	>1.85	>2.38	>3.13
9.00÷9.45	22/R(10)	Rifiuto	>85.0	>41.0	>577	>2.15	>1.85	>2.38	>3.13
12.00÷12.45	10/18/23	41	76.0	38.8	507	2.1	1.77	2.27	2.56
15.00÷15.45	8/15/20	35	70.0	37.3	461	2.08	1.73	2.2	2.19



3. SCHEDA TECNICA SONDA DI PERFORAZIONE

PERFORATRICE AUTOCARRATA PX 850 SU MERCEDES UNIMOG U500

UNITA' BASE

Telaio 4x4 mercedes Unimog U500
Stabilizzatori idraulici per una perfetta stabilizzazione della macchina su ogni tipo di terreno.
Cilindri di innalzamento mast.
Cilindro di scorrimento mast 2500 mm

MAST

Azionamento tramite cilindro idraulico a catena Fleyer.
Lunghezza 6000 mm Corsa utile 3700 mm
Tiro max 6400 kg
Spinta max 4500 kg

TESTA DI ROTAZIONE

Testa di rotazione comandata da cambio ZF41r meccanico a sei velocità azionato tramite motore idraulico a cilindrata fissa. La testa di rotazione è provvista di albero ammortizzato tramite molle elicoidali e testina di adduzione aria acqua.
Passaggio testa 92 mm
Diametro albero 45 mm
Diametro testina 45 mm



PRESTAZIONI A 250 BAR DI ESERCIZIO

Marcia	Velocità (rpm)	Coppia (kgm)
1	65	1180
2	120	638
3	160	474
4	310	250
5	500	160
6	1300	64

MORSA E SVITATORE + ESTRATTORE CORSA 600 mm ZHR10/25

Diametro min 50 mm



Diametro max 320mm
Forzo di Chiusura 15000 kg
Coppia svitatore 4500 kgm

ARGANO

Tiro I° strato 3000 kg
Capacità fune 50 m diam. 14 mm
Velocità max 40 m/min

ARGANO WIRE LINE

Capacità fune 800 m diam. 6 mm
Tiro 500 kg
Velocità fune 100 m/min

POMPA ACQUA

Pompa Nenzi TR200 l/min P max 45 bar
Pompa a vite tipo Bellini 500 litri

Prese registrazione parametri di perforazione
Generatore 380/220Kw con quadro a norma e 4 prese
Mola idraulica





S.In.Ge.A. s.r.l.
INDAGINI GEOGNOSTICHE E AMBIENTALI

CQOP SOA
COSTRUTTORI QUALIFICATI OPERE PUBBLICHE



Sistema Certificato
UNI EN ISO 9001
SC 09-1847EA-20-28

Laboratorio per l'esecuzione e la certificazione di indagini geognostiche, prelievo campioni e prove in sito ai sensi della Circ. 7619/STC
Concessione del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Presidenza del Consiglio Superiore dei LL.PP. - **Decreto n. 11244 del 30.11.2011**

VASCHE DI LAMINAZIONE TORRENTE SEVESO, VAREDO (MB)

ESECUZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE

STRATIGRAFIE SONDAGGI

Sede Legale: Via Mantova, 307 - 25018 Montichiari (BS) - Partita I.V.A. e C.F. n. 02323360988

Sede operativa : Via Enrico Fermi, 18 - 25013 Carpenedolo (BS)

Uffici : Via Antonio Meucci, 26 - 25013 Carpenedolo (BS)

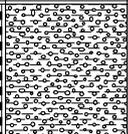
Tel.: 030.9983413 - Fax: 030.9698872 - web: <http://www.singea.it> - E-mail: info@singea.it - PEC: singea@pec.singea.it

Committente: Aipo	Sondaggio: SA1
Riferimento: Vasche di laminazione Torrente Seveso, Varedo (MB)	Data: 23-24.10.2017
Coordinate: -	Quota:
Perforazione: a carotaggio continuo	

SCALA 1:100

STRATIGRAFIA - SA1

Pagina 3/3

Ø mm	R v	A metri	LITOLOGIA	prof. m	Spess. m	DESCRIZIONE	Standard Penetration Test			Lefranc CC cm/sec	Lefranc CV cm/sec	Prel. % 0 --- 100	Pz
							m	S.P.T.	N				
		41				Sabbia con limo, argillosa, localmente con argilla, da con ghiaia a ghiaiosa, rari ciottoli, di colore marrone, satura. Clasti poligenici poco alterati, da arrotondati a sub arrotondati, sfericità bassa, Dmax=80 mm, Dmed=20-30 mm.							
		42		42,0	10,2	Ghiaia e sabbia con ciottoli, limosa, deb. argillosa, localmente con limo, di colore grigio chiaro, satura. Clasti poligenici poco alterati, da arrotondati a sub arrotondati, localmente sub angolosi sfericità bassa, Dmax=85 mm, Dmed=40 mm.							
		43		43,6	1,6								
		44				Sabbia limosa ghiaiosa, rari ciottoli, di colore marrone, satura. Clasti poligenici poco alterati, sub arrotondati, sfericità bassa, Dmax=60 mm, Dmed=35-40 mm.							
131		45		45,0	1,4								

PIEZOMETRO: Installazione piezometro a tubo aperto in PVC 3" da 45 m, fessurato da 21 m a 45 m.
 Dreno, da 21 m a 45 m, costituito da ghiaietto siliceo, lavato e calibrato (diametro 2÷3,5 mm).
 Tappo impermeabile in bentonite da 19.50 a 20.75 m, posato su strato di sabbia silicea calibrata (diametro 0,1 mm).
 Cementazione del tratto cieco da 0 m a 19.50 m mediante iniezione di miscela acqua-cemento-bentonite 1:1:0.04.
 Installazione di chiusino metallico fuori terra prevernicciato rosso, con predisposizione per lucchetto.

CAMPIONI DI TERRENO AMBIENTALI : prelievo di n.8 campioni di terreno rimaneggiati ambientali a seguito di operazioni di setacciatura (passante 20 mm), omogeneizzazione e quartatura del materiale.
 CA1 (0.0-1.0 m), CA2 (1.0-2.0 m); CA3 (2.0-3.0 m), CA4 (3.0-4.0 m), CA5 (5.0-6.0 m), CA6 (10.0-11.0 m), CA7 (15.0-16.0), CA8(21.0-22.0).

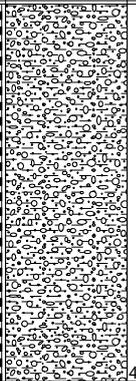
CAMPIONI DI ACQUA DI FALDA: prelievo di n.1 campione di acqua con pompa sommersa (metodo dinamico); sono state prelevate le seguenti quantità in singola aliquota:
 -n.3 bottiglie di vetro da 1.0 l;
 -n.2 PET da 500 ml (campione filtrato e acidificato con HN03);
 -n.3 vials da 40 ml in vetro (campione con solfato acido di sodio).

Committente: Aipo	Sondaggio: SA2
Riferimento: Vasche di laminazione Torrente Seveso, Varedo (MB)	Data: 04-06.09.2017
Coordinate: -	Quota: -
Perforazione: a carotaggio continuo	

SCALA 1 :100

STRATIGRAFIA - SA2

Pagina 3/3

Ø mm	R v	A metri	LITOLOGIA	prof. m	Spess. m	DESCRIZIONE	Standard Penetration Test			Lefranc CC cm/sec	Lefranc CV cm/sec	Prel. % 0 --- 100	Pz
							m	S.P.T.	N				
		41				Sabbia limosa, localmente deb. argillosa, localmente da deb. ghiaiosa a ghiaiosa, rari ciottoli (Dmax 65 mm) di colore marrone da scuro a chiaro, satura. Clasti poligenici poco alterati, sub arrotondati, localmente sub angolosi, sfericità bassa, Dmax=55 mm, Dmed=30-35 mm. Presenti locali noduli e livelli maldefiniti centimetrici di sabbia con limo e argilla di colore grigio, satura. Da 41.00 a 42.00 m e da 44.00 a 45.00 m livelli di sabbia con limo e argilla deb. ghiaiosi, di colore marrone chiaro, saturi.							
		42											
		43											
		44											
131		45			45.0	11.5							

PIEZOMETRO: Installazione piezometro a tubo aperto in PVC 3" da 45 m, fessurato da 21 m a 45 m.
 Dreno, da 21 m a 45 m, costituito da ghiaietto siliceo, lavato e calibrato (diametro 2÷3,5 mm).
 Tappo impermeabile in bentonite da 19.50 a 20.75 m, posato su strato di sabbia silicea calibrata (diametro 0,1 mm).
 Cementazione del tratto cieco da 0 m a 19.50 m mediante iniezione di miscela acqua-cemento-bentonite 1:1:0.04.
 Installazione di chiusino metallico fuori terra prevertniciato rosso, con predisposizione per lucchetto.

CAMPIONI DI TERRENO AMBIENTALI : prelievo di n.8 campioni di terreno rimaneggiati ambientali a seguito di operazioni di setacciatura (passante 20 mm), omogeneizzazione e quartatura del materiale.
 CA1 (0.0-1.0 m), CA2 (1.0-2.0 m); CA3 (2.0-3.0 m), CA4 (3.0-4.0 m), CA5 (5.0-6.0 m), CA6 (10.0-11.0 m), CA7 (15.0-16.0), CA8(21.0-22.0).

CAMPIONI DI ACQUA DI FALDA: prelievo di n.1 campione di acqua con pompa sommersa (metodo dinamico); sono state prelevate le seguenti quantità in singola aliquota:
 -n.3 bottiglie di vetro da 1.0 l;
 -n.2 PET da 500 ml (campione filtrato e acidificato con HN03);
 -n.3 vials da 40 ml in vetro (campione con solfato acido di sodio).

Committente: Aipo	Sondaggio: SA3
Riferimento: Vasche di laminazione Torrente Seveso, Varedo (MB)	Data: 06-08.09.2017
Coordinate: -	Quota: -
Perforazione: a carotaggio continuo	

SCALA 1 :100

STRATIGRAFIA - SA3

Pagina 3/3

PIEZOMETRO: Installazione piezometro a tubo aperto in PVC 3" da 40 m, fessurato da 21 m a 40 m.
Dreno, da 21 m a 45 m, costituito da ghiaietto siliceo, lavato e calibrato (diametro 2÷3,5 mm).
Tappo impermeabile in bentonite da 19.50 a 20.75 m, posato su strato di sabbia silicea calibrata (diametro 0,1 mm).
Cementazione del tratto cieco da 0 m a 19.50 m mediante iniezione di miscela acqua-cemento-bentonite 1:1:0.04.
Installazione di chiusino metallico fuori terra prevertniciato rosso, con predisposizione per lucchetto.

CAMPIONI DI TERRENO AMBIENTALI : prelievo di n.8 campioni di terreno rimaneggiati ambientali a seguito di operazioni di setacciatura (passante 20 mm), omogeneizzazione e quartatura del materiale.
CA1 (0.0-1.0 m), CA2 (1.0-2.0 m); CA3 (2.0-3.0 m), CA4 (3.0-4.0 m), CA5 (5.0-6.0 m), CA6 (10.0-11.0 m), CA7 (15.0-16.0), CA8(21.0-22.0).

CAMPIONI DI ACQUA DI FALDA: prelievo di n.1 campione di acqua con pompa sommersa (metodo dinamico); sono state prelevate le seguenti quantità in singola aliquota:

- n.3 bottiglie di vetro da 1.0 l;
- n.2 PET da 500 ml (campione filtrato e acidificato con HN03);
- n.3 vials da 40 ml in vetro (campione con solfato acido di sodio).

Committente: Aipo	Sondaggio: SA4
Riferimento: Vasche di laminazione Torrente Seveso, Varedo (MB)	Data: 12-13.09/19-20.10.2017
Coordinate: -	Quota: -
Perforazione: a carotaggio continuo	

SCALA 1 :100

STRATIGRAFIA - SA4

Pagina 3/3

PIEZOMETRO: Installazione piezometro a tubo aperto in PVC 3" da 40 m, fessurato da 21 m a 40 m.
Dreno, da 21 m a 45 m, costituito da ghiaietto siliceo, lavato e calibrato (diametro 2÷3,5 mm).
Tappo impermeabile in bentonite da 19.50 a 20.75 m, posato su strato di sabbia silicea calibrata (diametro 0,1 mm).
Cementazione del tratto cieco da 0 m a 19.50 m mediante iniezione di miscela acqua-cemento-bentonite 1:1:0.04.
Installazione di chiusino metallico fuori terra prevertniciato rosso, con predisposizione per lucchetto.

CAMPIONI DI TERRENO AMBIENTALI : prelievo di n.8 campioni di terreno rimaneggiati ambientali a seguito di operazioni di setacciatura (passante 20 mm), omogeneizzazione e quartatura del materiale.
CA1 (0.0-1.0 m), CA2 (1.0-2.0 m); CA3 (2.0-3.0 m), CA4 (3.0-4.0 m), CA5 (5.0-6.0 m), CA6 (10.0-11.0 m), CA7 (15.0-16.0), CA8(21.0-22.0).

CAMPIONI DI ACQUA DI FALDA: prelievo di n.1 campione di acqua con pompa sommersa (metodo dinamico); sono state prelevate le seguenti quantità in singola aliquota:

- n.3 bottiglie di vetro da 1.0 l;
- n.2 PET da 500 ml (campione filtrato e acidificato con HN03);
- n.3 vials da 40 ml in vetro (campione con solfato acido di sodio).

N.B. per le prove lefranc a carico costante è stato riportato il risultato relativo all'interpretazione della prova completa (unico tratto).



Laboratorio per l'esecuzione e la certificazione di indagini geognostiche, prelievo campioni e prove in sito ai sensi della Circ. 7619/STC
Concessione del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Presidenza del Consiglio Superiore dei LL.PP.- **Decreto n. 11244 del 30.11.2011**

VASCHE DI LAMINAZIONE TORRENTE SEVESO, VAREDO (MB)

ESECUZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE

RELAZIONE FOTOGRAFICA

Sede Legale: Via Mantova, 307 – 25018 Montichiari (BS) - Partita I.V.A. e C.F. n. 02323360988

Sede operativa : Via Enrico Fermi, 18 – 25013 Carpenedolo (BS)

Uffici : Via Antonio Meucci, 26 – 25013 Carpenedolo (BS)

Tel.: 030.9983413 - Fax: 030.9698872 - web: <http://www.singea.it> - E-mail: info@singea.it - PEC: singea@pec.singea.it



SONDAGGIO SA1



SONDAGGIO SA1 – Postazione



SONDAGGIO SA1 – Cassa n.1 da 0.00 m a 5.00 m



SONDAGGIO SA1 – Cassa n.2 da 5.00 m a 10.00 m



SONDAGGIO SA1 – Cassa n.3 da 10.00 m a 15.00 m



SONDAGGIO SA1 – Cassa n.4 da 15.00 m a 20.00 m



SONDAGGIO SA1 – Cassa n.5 da 20.00 m a 25.00 m



SONDAGGIO SA1 – Cassa n.6 da 25.00 m a 30.00 m



SONDAGGIO SA1 – Cassa n.7 da 30.00 m a 35.00 m



SONDAGGIO SA1 – Cassa n.8 da 35.00 m a 40.00 m



SONDAGGIO SA1 – Cassa n.9 da 40.00 m a 45.00 m



SONDAGGIO SA1 – Piezometro



SONDAGGIO SA2



SONDAGGIO SA2 – Postazione



SONDAGGIO SA2 – Cassa n.1 da 0.00 m a 5.00 m



SONDAGGIO SA2 – Cassa n.2 da 5.00 m a 10.00 m



SONDAGGIO SA2 – Cassa n.3 da 10.00 m a 15.00 m



SONDAGGIO SA2 – Cassa n.4 da 15.00 m a 20.00 m



SONDAGGIO SA2 – Cassa n.5 da 20.00 m a 25.00 m



SONDAGGIO SA2 – Cassa n.6 da 25.00 m a 30.00 m



SONDAGGIO SA2 – Cassa n.7 da 30.00 m a 35.00 m



SONDAGGIO SA2 – Cassa n.8 da 35.00 m a 40.00 m



SONDAGGIO SA2 – Cassa n.9 da 40.00 m a 45.00 m



SONDAGGIO SA2 - Piezometro



SONDAGGIO SA3



SONDAGGIO SA3 – Postazione



SONDAGGIO SA3 – Cassa n.1 da 0.00 m a 5.00 m



SONDAGGIO SA3 – Cassa n.2 da 5.00 m a 10.00 m



SONDAGGIO SA3 – Cassa n.3 da 10.00 m a 15.00 m



SONDAGGIO SA3 – Cassa n.4 da 15.00 m a 20.00 m



SONDAGGIO SA3 – Cassa n.5 da 20.00 m a 25.00 m



SONDAGGIO SA3 – Cassa n.6 da 25.00 m a 30.00 m



SONDAGGIO SA3 – Cassa n.7 da 30.00 m a 35.00 m



SONDAGGIO SA3 – Cassa n.8 da 35.00 m a 40.00 m



SONDAGGIO SA3 – Piezometro



SONDAGGIO SA4



SONDAGGIO SA4 – Postazione



SONDAGGIO SA4 – Cassa n.1 da 0.00 m a 5.00 m



SONDAGGIO SA4 – Cassa n.2 da 5.00 m a 10.00 m



SONDAGGIO SA4 – Cassa n.3 da 10.00 m a 15.00 m



SONDAGGIO SA4 – Cassa n.4 da 15.00 m a 20.00 m



SONDAGGIO SA4 – Cassa n.5 da 20.00 m a 25.00 m



SONDAGGIO SA4 – Cassa n.6 da 25.00 m a 30.00 m



SONDAGGIO SA4 – Cassa n.7 da 30.00 m a 35.00 m



SONDAGGIO SA4 – Cassa n.8 da 35.00 m a 40.00 m



SONDAGGIO SA4 – Piezometro



S.In.Ge.A. s.r.l.
INDAGINI GEOGNOSTICHE E AMBIENTALI

CQOP SOA
COSTRUTTORI QUALIFICATI OPERE PUBBLICHE



Sistema Certificato
UNI EN ISO 9001
SC 09-1847EA-20-28

Laboratorio per l'esecuzione e la certificazione di indagini geognostiche, prelievo campioni e prove in sito ai sensi della Circ. 7619/STC
Concessione del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Presidenza del Consiglio Superiore dei LL.PP. - **Decreto n. 11244 del 30.11.2011**

VASCHE DI LAMINAZIONE TORRENTE SEVESO, VAREDO (MB)

ESECUZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE

CERTIFICATI PROVE DI PERMEABILITA' TIPO LEFRANC

Sede Legale: Via Mantova, 307 - 25018 Montichiari (BS) - Partita I.V.A. e C.F. n. 02323360988

Sede operativa : Via Enrico Fermi, 18 - 25013 Carpenedolo (BS)

Uffici : Via Antonio Meucci, 26 - 25013 Carpenedolo (BS)

Tel.: 030.9983413 - Fax: 030.9698872 - web: <http://www.singea.it> - E-mail: info@singea.it - PEC: singea@pec.singea.it

COMMITTENTE: Aipo

CANTIERE: Varedo - Vasche di laminazione T. Seveso

LOCALITA': Varedo (MB)

SONDAGGIO: SA1

PROVA n°: LFK-01

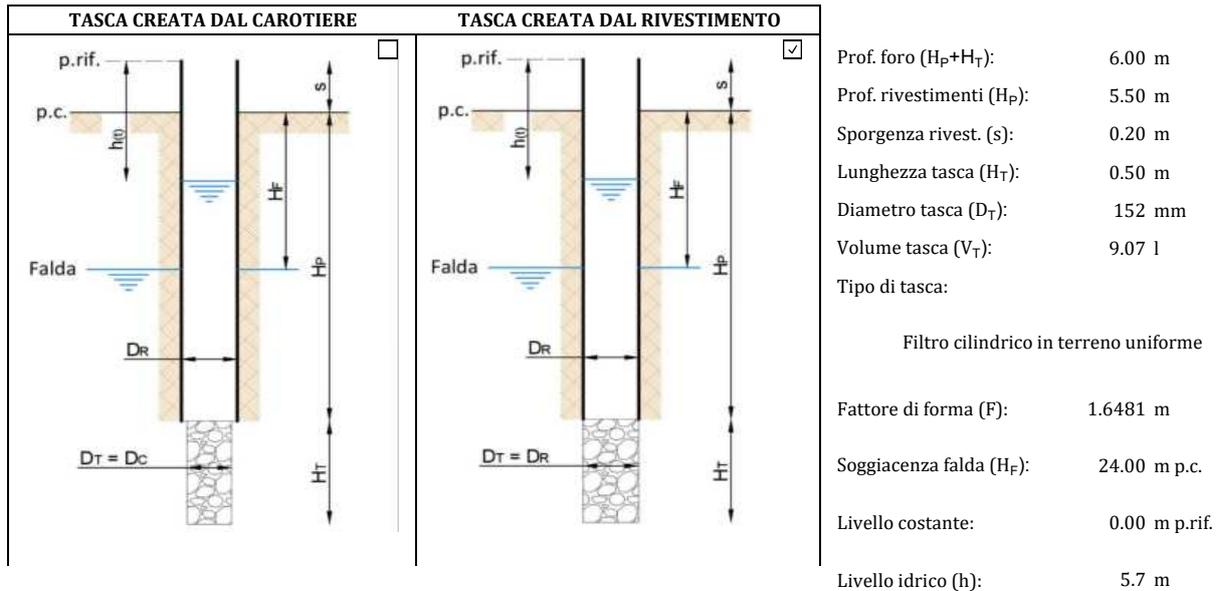
DATA : 23.10.2017

DA m 5.50 **A m** 6.00

CARATTERISTICHE ATTREZZATURA DI SONDAGGIO:

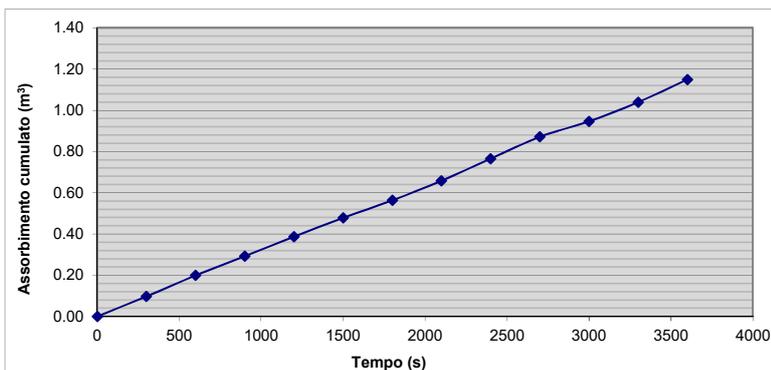
 Perforatrice : PX 850 \varnothing rivestimenti (D_R) [mm]: 152 \varnothing carotiere (D_C) [mm]: 131

Pompa acqua: Nenzi 200 l Tipo carotiere: Semplice

SCHEMA DI PROVA E CARATTERISTICHE GEOMETRICHE:

Note: il fattore di forma è stato calcolato con le formulazioni proposte da Hvorslev (1951) in funzione del tipo di tasca.

PROVA A LIVELLO COSTANTE - VALORI SPERIMENTALI

Tempo		Lecture contatore	Assorb. Cumulato	Assorb. Parziale	CONDUCIBILITA' IDRAULICA	
(min)	(s)	(l)	(l)	(l)	(m/s)	(cm/s)
0	0	450.0	0.0	0.0	-	-
5	300	547.0	97.0	97.0	3.44E-05	3.44E-03
10	600	649.0	199.0	102.0	3.53E-05	3.53E-03
15	900	742.0	292.0	93.0	3.45E-05	3.45E-03
20	1200	837.0	387.0	95.0	3.43E-05	3.43E-03
25	1500	928.0	478.0	91.0	3.39E-05	3.39E-03
30	1800	1013.0	563.0	85.0	3.33E-05	3.33E-03
35	2100	1108.0	658.0	95.0	3.34E-05	3.34E-03
40	2400	1215.0	765.0	107.0	3.39E-05	3.39E-03
45	2700	1321.0	871.0	106.0	3.43E-05	3.43E-03
50	3000	1396.0	946.0	75.0	3.36E-05	3.36E-03
55	3300	1489.0	1039.0	93.0	3.35E-05	3.35E-03
60	3600	1599.0	1149.0	110.0	3.40E-05	3.40E-03


I° TRATTO DI PROVA

k= - m/s

k= - cm/s

II° TRATTO DI PROVA

k= - m/s

k= - cm/s

PROVA COMPLETA

k= 3.40E-05 m/s

k= 3.40E-03 cm/s

Note:

COMMITTENTE: Aipo

CANTIERE: Varedo - Vasche di laminazione T. Seveso

LOCALITA': Varedo (MB)

SONDAGGIO: SA1

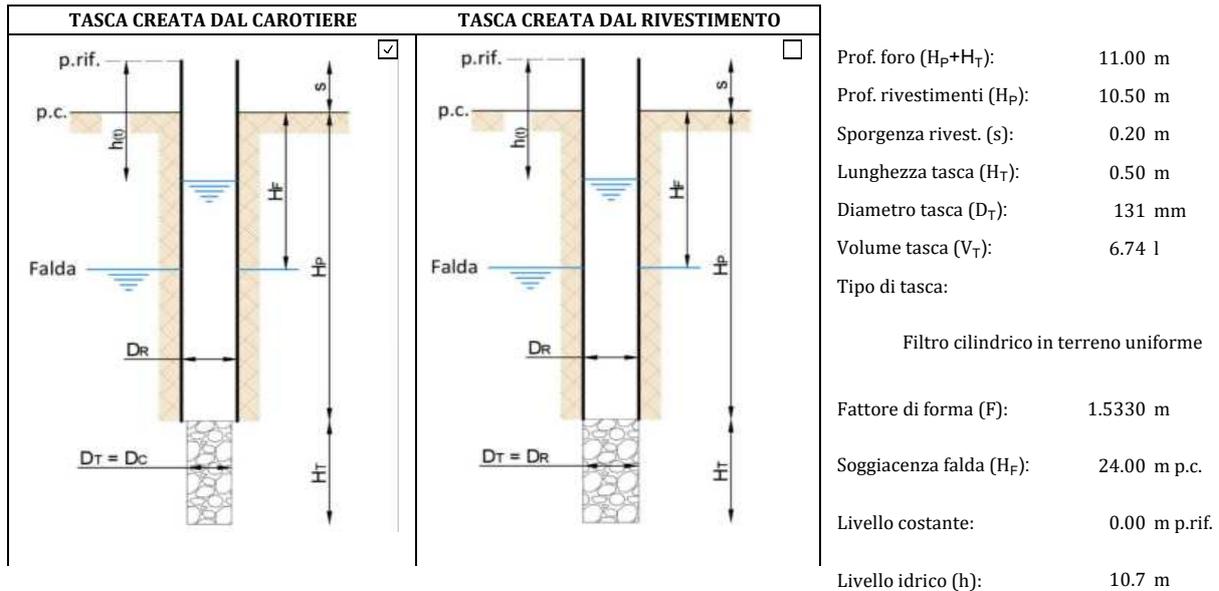
PROVA n°: LFK-02

DATA : 23.10.2017

DA m 10.50 **A m** 11.00

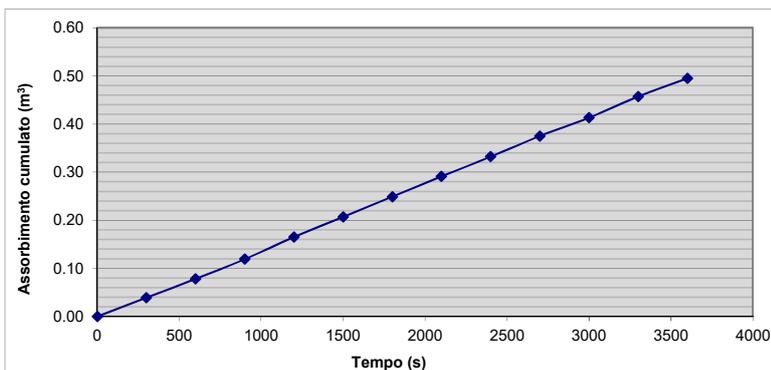
CARATTERISTICHE ATTREZZATURA DI SONDAGGIO:

 Perforatrice : PX 850 \varnothing rivestimenti (D_R) [mm]: 152 \varnothing carotiere (D_C) [mm]: 131
 Pompa acqua: Nenzi 200 l Tipo carotiere: Semplice

SCHEMA DI PROVA E CARATTERISTICHE GEOMETRICHE:

Note: il fattore di forma è stato calcolato con le formulazioni proposte da Hvorslev (1951) in funzione del tipo di tasca.

PROVA A LIVELLO COSTANTE - VALORI SPERIMENTALI

Tempo		Letture contatore	Assorb. Cumulato	Assorb. Parziale	CONDUCIBILITA' IDRAULICA	
(min)	(s)	(l)	(l)	(l)	(m/s)	(cm/s)
0	0	1620.0	0.0	0.0	-	-
5	300	1659.0	39.0	39.0	7.93E-06	7.93E-04
10	600	1698.0	78.0	39.0	7.93E-06	7.93E-04
15	900	1739.0	119.0	41.0	8.06E-06	8.06E-04
20	1200	1785.0	165.0	46.0	8.38E-06	8.38E-04
25	1500	1827.0	207.0	42.0	8.41E-06	8.41E-04
30	1800	1869.0	249.0	42.0	8.43E-06	8.43E-04
35	2100	1911.0	291.0	42.0	8.45E-06	8.45E-04
40	2400	1952.0	332.0	41.0	8.43E-06	8.43E-04
45	2700	1995.0	375.0	43.0	8.47E-06	8.47E-04
50	3000	2033.0	413.0	38.0	8.39E-06	8.39E-04
55	3300	2077.0	457.0	44.0	8.44E-06	8.44E-04
60	3600	2115.0	495.0	38.0	8.38E-06	8.38E-04


I° TRATTO DI PROVA

k= - m/s

k= - cm/s

II° TRATTO DI PROVA

k= - m/s

k= - cm/s

PROVA COMPLETA

k= 8.38E-06 m/s

k= 8.38E-04 cm/s

Note:

COMMITTENTE: Aipo

CANTIERE: Varedo - Vasche di laminazione T. Seveso

LOCALITA': Varedo (MB)

SONDAGGIO: SA1

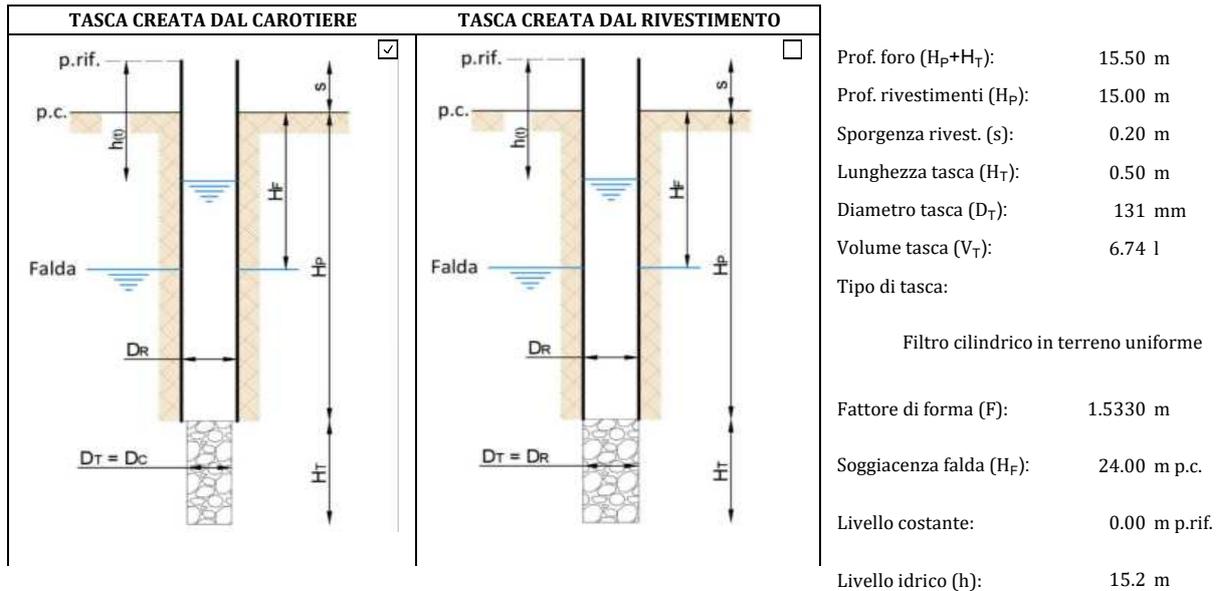
PROVA n°: LFK-03

DATA : 23.10.2017

DA m 15.00 **A m** 15.50

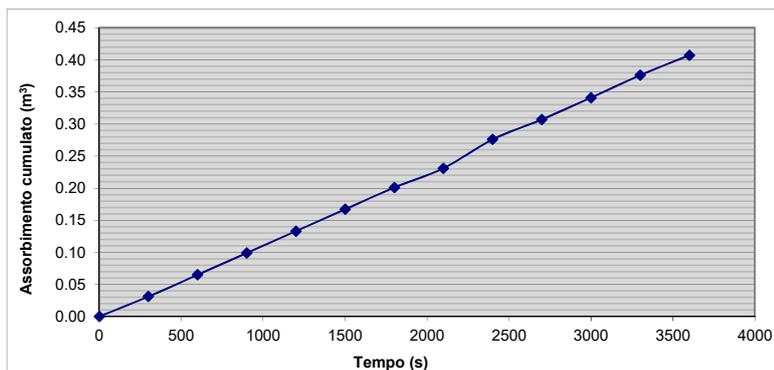
CARATTERISTICHE ATTREZZATURA DI SONDAGGIO:

 Perforatrice : PX 850 \varnothing rivestimenti (D_R) [mm]: 152 \varnothing carotiere (D_C) [mm]: 131
 Pompa acqua: Nenzi 200 l Tipo carotiere: Semplice

SCHEMA DI PROVA E CARATTERISTICHE GEOMETRICHE:

Note: il fattore di forma è stato calcolato con le formulazioni proposte da Hvorslev (1951) in funzione del tipo di tasca.

PROVA A LIVELLO COSTANTE - VALORI SPERIMENTALI

Tempo		Letture contatore	Assorb. Cumulato	Assorb. Parziale	CONDUCIBILITA' IDRAULICA	
(min)	(s)	(l)	(l)	(l)	(m/s)	(cm/s)
0	0	2170.0	0.0	0.0	-	-
5	300	2201.0	31.0	31.0	4.43E-06	4.43E-04
10	600	2235.0	65.0	34.0	4.65E-06	4.65E-04
15	900	2269.0	99.0	34.0	4.72E-06	4.72E-04
20	1200	2303.0	133.0	34.0	4.76E-06	4.76E-04
25	1500	2337.0	167.0	34.0	4.78E-06	4.78E-04
30	1800	2371.0	201.0	34.0	4.79E-06	4.79E-04
35	2100	2401.0	231.0	30.0	4.72E-06	4.72E-04
40	2400	2446.0	276.0	45.0	4.94E-06	4.94E-04
45	2700	2477.0	307.0	31.0	4.88E-06	4.88E-04
50	3000	2511.0	341.0	34.0	4.88E-06	4.88E-04
55	3300	2546.0	376.0	35.0	4.89E-06	4.89E-04
60	3600	2577.0	407.0	31.0	4.85E-06	4.85E-04


I° TRATTO DI PROVA
k= - m/s

k= - cm/s

II° TRATTO DI PROVA
k= - m/s

k= - cm/s

PROVA COMPLETA
k= 4.85E-06 m/s

k= 4.85E-04 cm/s

Note:

COMMITTENTE: Aipo

CANTIERE: Varedo - Vasche di laminazione T. Seveso

LOCALITA': Paderno Dugnano (MI)

SONDAGGIO: SA2

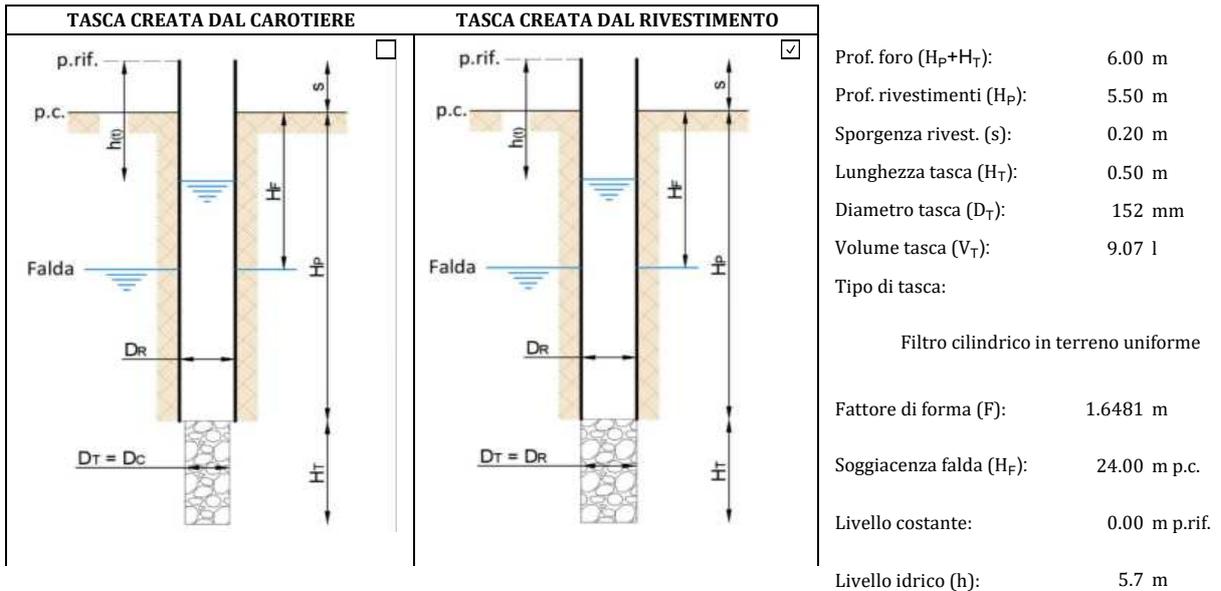
PROVA n°: LFK-01

DATA : 04.09.2017

DA m 5.50 **A m** 6.00

CARATTERISTICHE ATTREZZATURA DI SONDAGGIO:

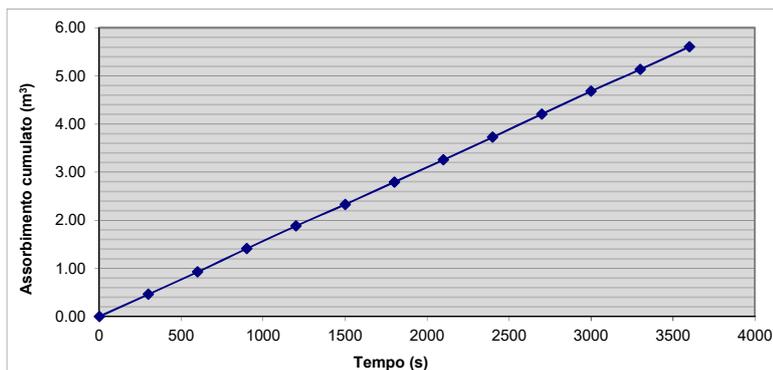
 Perforatrice : PX 850 \varnothing rivestimenti (D_R) [mm]: 152 \varnothing carotiere (D_C) [mm]: 131
 Pompa acqua: Nenzi 200 l Tipo carotiere: Semplice

SCHEMA DI PROVA E CARATTERISTICHE GEOMETRICHE:


Note: il fattore di forma è stato calcolato con le formulazioni proposte da Hvorslev (1951) in funzione del tipo di tasca.

PROVA A LIVELLO COSTANTE - VALORI SPERIMENTALI

Tempo		Lecture contatore	Assorb. Cumulato	Assorb. Parziale	CONDUCIBILITA' IDRAULICA	
(min)	(s)	(l)	(l)	(l)	(m/s)	(cm/s)
0	0	380.0	0.0	0.0	-	-
5	300	841.0	461.0	461.0	1.64E-04	1.64E-02
10	600	1305.0	925.0	464.0	1.64E-04	1.64E-02
15	900	1790.0	1410.0	485.0	1.67E-04	1.67E-02
20	1200	2261.0	1881.0	471.0	1.67E-04	1.67E-02
25	1500	2707.0	2327.0	446.0	1.65E-04	1.65E-02
30	1800	3173.0	2793.0	466.0	1.65E-04	1.65E-02
35	2100	3634.0	3254.0	461.0	1.65E-04	1.65E-02
40	2400	4105.0	3725.0	471.0	1.65E-04	1.65E-02
45	2700	4585.0	4205.0	480.0	1.66E-04	1.66E-02
50	3000	5061.0	4681.0	476.0	1.66E-04	1.66E-02
55	3300	5513.0	5133.0	452.0	1.66E-04	1.66E-02
60	3600	5985.0	5605.0	472.0	1.66E-04	1.66E-02


I° TRATTO DI PROVA

k= - m/s

k= - cm/s

II° TRATTO DI PROVA

k= - m/s

k= - cm/s

PROVA COMPLETA

k= 1.66E-04 m/s

k= 1.66E-02 cm/s

Note:

COMMITTENTE: Aipo

CANTIERE: Varedo - Vasche di laminazione T. Seveso

LOCALITA': Paderno Dugnano (MI)

SONDAGGIO: SA2

PROVA n°: LFK-02

DATA: 04.09.2017

DA m 10.50

A m 11.00

CARATTERISTICHE ATTREZZATURA DI SONDAGGIO:

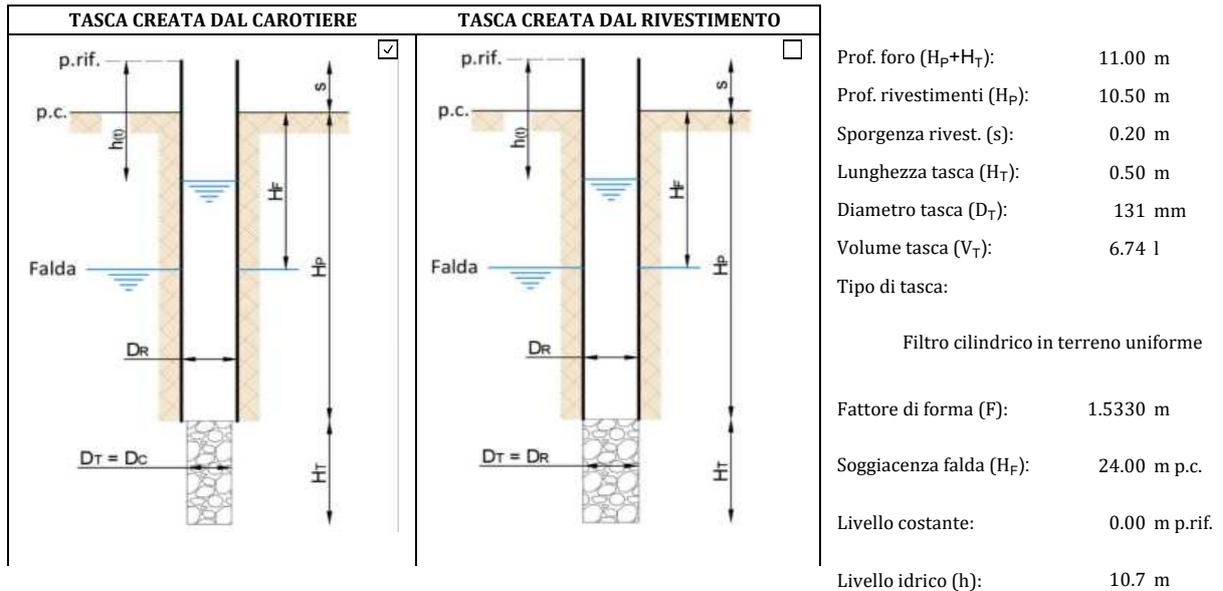
Perforatrice : PX 850

 \varnothing rivestimenti (D_R) [mm]: 152

 \varnothing carotiere (D_C) [mm]: 131

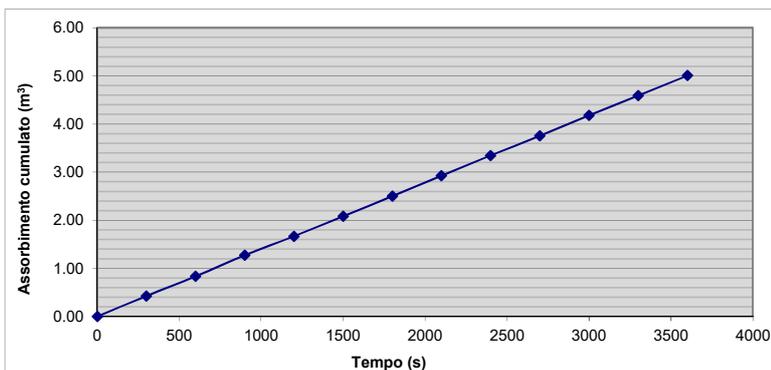
Pompa acqua: Nenzi 200 l

Tipo carotiere: Semplice

SCHEMA DI PROVA E CARATTERISTICHE GEOMETRICHE:

Note: il fattore di forma è stato calcolato con le formulazioni proposte da Hvorslev (1951) in funzione del tipo di tasca.

PROVA A LIVELLO COSTANTE - VALORI SPERIMENTALI

Tempo		Letture contatore	Assorb. Cumulato	Assorb. Parziale	CONDUCIBILITA' IDRAULICA	
(min)	(s)	(l)	(l)	(l)	(m/s)	(cm/s)
0	0	6050	0.0	0.0	-	-
5	300	6475	425.0	425.0	8.64E-05	8.64E-03
10	600	6883	833.0	408.0	8.46E-05	8.46E-03
15	900	7322	1272.0	439.0	8.62E-05	8.62E-03
20	1200	7717	1667.0	395.0	8.47E-05	8.47E-03
25	1500	8131	2081.0	414.0	8.46E-05	8.46E-03
30	1800	8548	2498.0	417.0	8.46E-05	8.46E-03
35	2100	8975	2925.0	427.0	8.49E-05	8.49E-03
40	2400	9395	3345.0	420.0	8.50E-05	8.50E-03
45	2700	9806	3756.0	411.0	8.48E-05	8.48E-03
50	3000	10230	4180.0	424.0	8.49E-05	8.49E-03
55	3300	10642	4592.0	412.0	8.48E-05	8.48E-03
60	3600	11055	5005.0	413.0	8.48E-05	8.48E-03


I° TRATTO DI PROVA

k= - m/s

k= - cm/s

II° TRATTO DI PROVA

k= - m/s

k= - cm/s

PROVA COMPLETA

k= 8.48E-05 m/s

k= 8.48E-03 cm/s

Note:

COMMITTENTE: Aipo

CANTIERE: Varedo-Vasche di laminazione T.Seveso

LOCALITA': Paderno Dugnano (MI)

SONDAGGIO: SA2

PROVA n°: LFV-03

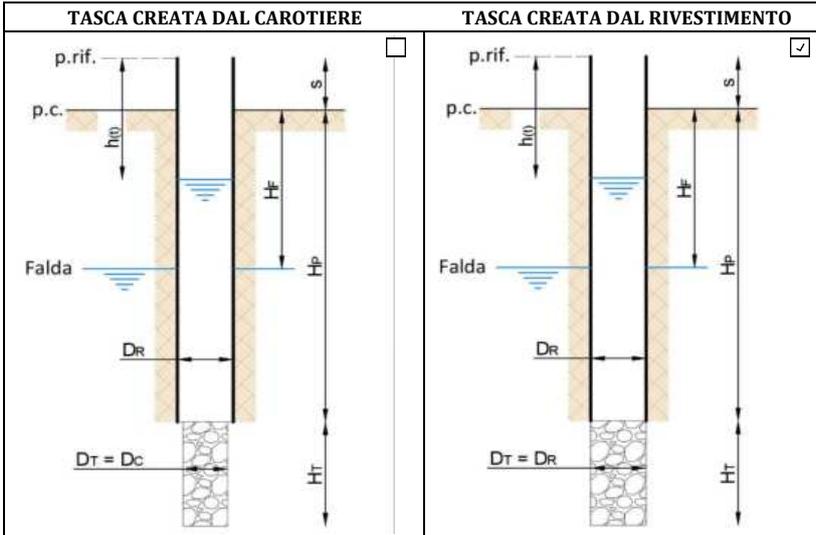
DATA: 04.09.2017

DA m 15.00 **A m** 15.50

CARATTERISTICHE ATTREZZATURA DI SONDAGGIO:

 Perforatrice : PX 850 ø rivestimenti (D_R) [mm]: 152 ø carotiere (D_C) [mm]: 131

Pompa acqua: Nenzi 200 l Tipo carotiere: Semplice

SCHEMA DI PROVA E CARATTERISTICHE GEOMETRICHE:

 Prof. foro (H_p+H_T): 15.50 m

 Prof. rivestimenti (H_p): 15.00 m

 Sporgenza rivest. (s): 0.20 m

 Lunghezza tasca (H_T): 0.50 m

 Diametro tasca (D_T): 131 mm

 Volume tasca (V_T): 6.74 l

Tipo di tasca:

Filtro cilindrico in terreno uniforme

 Fattore di forma (F): 1.5330 m

 Soggiacenza falda (H_F): 24.00 m p.c.

 Liv. idrico iniziale (H_0): 15.70 m

Note: il fattore di forma è stato calcolato con le formulazioni proposte da Hvorslev (1951) in funzione del tipo di tasca.

PROVA A LIVELLO VARIABILE - VALORI SPERIMENTALI - (Livello acqua nel foro rispetto al piano riferimento misure)

MISURE	t (sec/min)	h (cm)								
	0"	0.00	1'30"	27.00	4'30"	75.00	15'	135.00	45'	235.00
	10'	1.00	2	35.00	5'	80.00	20'	153.00	50'	250.00
	20"	4.00	2'30"	44.00	6'	87.00	25'	170.00	55'	264.00
	30"	7.00	3	51.00	7'	93.00	30'	184.00	60'	277.00
	45"	12.00	3'30"	60.00	8'	99.00	35'	201.00		
60"	19.00	4	68.00	10'	110.00	40'	219.00			
MISURE	t (sec/min)	h (cm)								

COMMITTENTE: Aipo

CANTIERE: Varedo-Vasche di laminazione T.Seveso

LOCALITA': Paderno Dugnano (MI)

SONDAGGIO: SA2

PROVA n°: Lfv-03

DATA: 04.09.2017

DA m 15.00 **A m** 15.50

DATI DI PERFORAZIONE
Perforatrice: PX 850

Pompa acqua: Nenzi 200 l

Diam. Rivestimento: Ø 152 mm

Soggiacenza falda: 24.00 m **s =** 0.20 m

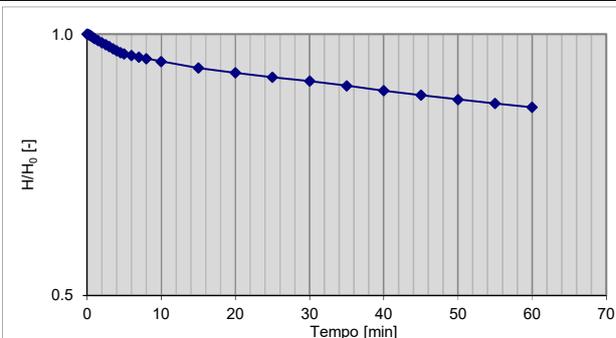
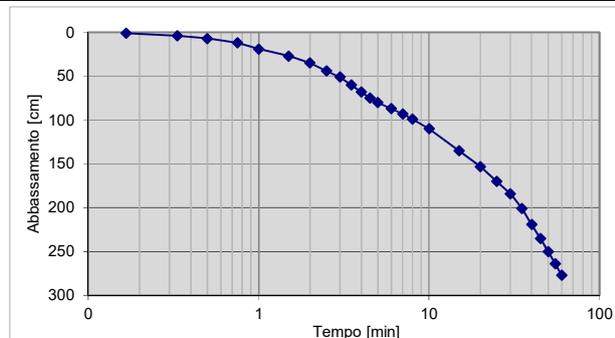
Diam. Carotiere: Ø 131 mm

Livello acqua prova (H₀): 15.70 m **D_T =** 0.131 m

Tipo carotiere: Semplice

Volume tasca di prova: 6.74 l **A_T =** 0.013 m²

TEMPO		Δt	LETTURE	ABBASSAM	PORTATA	LIVELLO (H)	ln H1/H ₂	H/H ₀	COND. IDR.	COND. IDR.
[min]	[sec]	[sec]	(cm)	[m]	[l]	[m]	[-]		[m/s]	[cm/s]
0	0	0	0	0.00	0.000	15.70	-	1.00	-	-
0.17	10	10	1	0.01	0.181	15.69	0.0006	1.00	5.60E-07	5.60E-05
0.33	20	10	4	0.03	0.544	15.66	0.0019	1.00	1.68E-06	1.68E-04
0.50	30	10	7	0.03	0.544	15.63	0.0019	1.00	1.69E-06	1.69E-04
0.75	45	15	12	0.05	0.907	15.58	0.0032	0.99	1.88E-06	1.88E-04
1.00	60	15	19	0.07	1.270	15.51	0.0045	0.99	2.64E-06	2.64E-04
1.50	90	30	27	0.08	1.452	15.43	0.0052	0.98	1.52E-06	1.52E-04
2.00	120	30	35	0.08	1.452	15.35	0.0052	0.98	1.52E-06	1.52E-04
2.50	150	30	44	0.09	1.633	15.26	0.0059	0.97	1.72E-06	1.72E-04
3.00	180	30	51	0.07	1.270	15.19	0.0046	0.97	1.35E-06	1.35E-04
3.50	210	30	60	0.09	1.633	15.10	0.0059	0.96	1.74E-06	1.74E-04
4.00	240	30	68	0.08	1.452	15.02	0.0053	0.96	1.56E-06	1.56E-04
4.50	270	30	75	0.07	1.270	14.95	0.0047	0.95	1.37E-06	1.37E-04
5.00	300	30	80	0.05	0.907	14.90	0.0034	0.95	9.82E-07	9.82E-05
6.00	360	60	87	0.07	1.270	14.83	0.0047	0.94	6.90E-07	6.90E-05
7.00	420	60	93	0.06	1.089	14.77	0.0041	0.94	5.94E-07	5.94E-05
8.00	480	60	99	0.06	1.089	14.71	0.0041	0.94	5.96E-07	5.96E-05
10.00	600	120	110	0.11	1.996	14.60	0.0075	0.93	5.50E-07	5.50E-05
15.00	900	300	135	0.25	4.536	14.35	0.0173	0.91	5.06E-07	5.06E-05
20.00	1200	300	153	0.18	3.266	14.17	0.0126	0.90	3.70E-07	3.70E-05
25.00	1500	300	170	0.17	3.085	14.00	0.0121	0.89	3.54E-07	3.54E-05
30.00	1800	300	184	0.14	2.540	13.86	0.0101	0.88	2.95E-07	2.95E-05
35.00	2100	300	201	0.17	3.085	13.69	0.0123	0.87	3.62E-07	3.62E-05
40.00	2400	300	219	0.18	3.266	13.51	0.0132	0.86	3.88E-07	3.88E-05
45.00	2700	300	235	0.16	2.903	13.35	0.0119	0.85	3.49E-07	3.49E-05
50.00	3000	300	250	0.15	2.722	13.20	0.0113	0.84	3.31E-07	3.31E-05
55.00	3300	300	264	0.14	2.540	13.06	0.0107	0.83	3.12E-07	3.12E-05
60.00	3600	300	277	0.13	2.359	12.93	0.0100	0.82	2.93E-07	2.93E-05

CONDUCIBILITA' IDRAULICA

T₀ = 282.65 min
k = 5.18E-07 m/s
k = 5.18E-05 cm/s
Note:

 Conducibilità idraulica calcolata con il metodo del tempo di riequilibrio (t₀).

 Valori interpolati per il calcolo di t₀ selezionati nell'intervallo 6:00÷60:00 min.

COMMITTENTE: Aipo

CANTIERE: Varedo - Vasche di laminazione T. Seveso

LOCALITA': Paderno Dugnano (MI)

SONDAGGIO: SA3

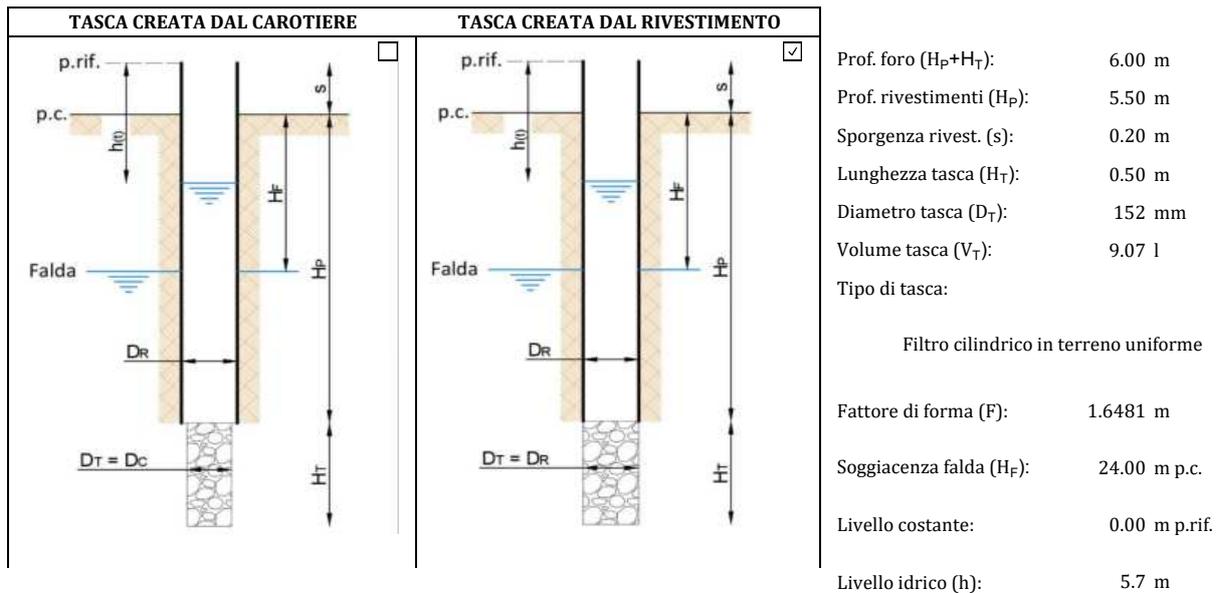
PROVA n°: LFK-01

DATA : 07.09.2017

DA m 5.50 **A m** 6.00

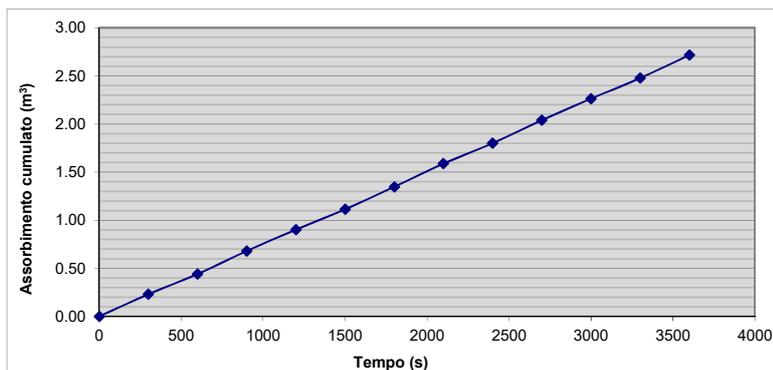
CARATTERISTICHE ATTREZZATURA DI SONDAGGIO:

 Perforatrice : PX 850 \varnothing rivestimenti (D_R) [mm]: 152 \varnothing carotiere (D_C) [mm]: 131
 Pompa acqua: Nenzi 200 l Tipo carotiere: Semplice

SCHEMA DI PROVA E CARATTERISTICHE GEOMETRICHE:

Note: il fattore di forma è stato calcolato con le formulazioni proposte da Hvorslev (1951) in funzione del tipo di tasca.

PROVA A LIVELLO COSTANTE - VALORI SPERIMENTALI

Tempo		Lecture contatore	Assorb. Cumulato	Assorb. Parziale	CONDUCIBILITA' IDRAULICA	
(min)	(s)	(l)	(l)	(l)	(m/s)	(cm/s)
0	0	11110.0	0.0	0.0	-	-
5	300	11341.0	231.0	231.0	8.20E-05	8.20E-03
10	600	11551.0	441.0	210.0	7.82E-05	7.82E-03
15	900	11791.0	681.0	240.0	8.05E-05	8.05E-03
20	1200	12012.0	902.0	221.0	8.00E-05	8.00E-03
25	1500	12224.0	1114.0	212.0	7.91E-05	7.91E-03
30	1800	12457.0	1347.0	233.0	7.97E-05	7.97E-03
35	2100	12698.0	1588.0	241.0	8.05E-05	8.05E-03
40	2400	12910.0	1800.0	212.0	7.98E-05	7.98E-03
45	2700	13149.0	2039.0	239.0	8.04E-05	8.04E-03
50	3000	13373.0	2263.0	224.0	8.03E-05	8.03E-03
55	3300	13587.0	2477.0	214.0	7.99E-05	7.99E-03
60	3600	13826.0	2716.0	239.0	8.03E-05	8.03E-03


I° TRATTO DI PROVA

k= - m/s

k= - cm/s

II° TRATTO DI PROVA

k= - m/s

k= - cm/s

PROVA COMPLETA

k= 8.03E-05 m/s

k= 8.03E-03 cm/s

Note:

COMMITTENTE: Aipo

CANTIERE: Varedo - Vasche di laminazione T. Seveso

LOCALITA': Paderno Dugnano (MI)

SONDAGGIO: SA4

PROVA n°: LFK-02

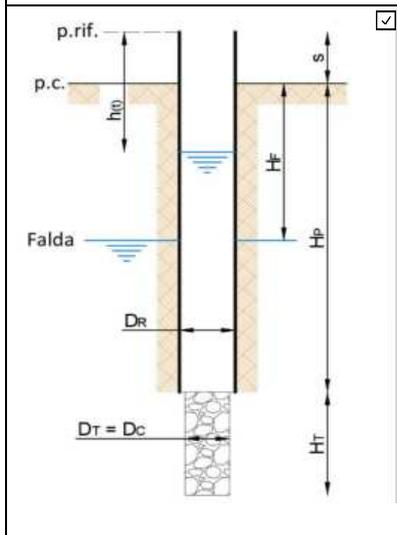
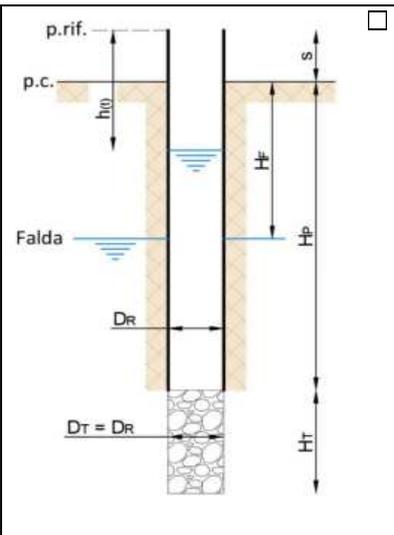
DATA : 07.09.2017

DA m 10.50 **A m** 11.00

CARATTERISTICHE ATTREZZATURA DI SONDAGGIO:

 Perforatrice : PX 850 \varnothing rivestimenti (D_R) [mm]: 152 \varnothing carotiere (D_C) [mm]: 131

Pompa acqua: Nenzi 200 l Tipo carotiere: Semplice

SCHEMA DI PROVA E CARATTERISTICHE GEOMETRICHE:
TASCA CREATA DAL CAROTIERE

TASCA CREATA DAL RIVESTIMENTO

 Prof. foro (H_P+H_T): 11.00 m

 Prof. rivestimenti (H_P): 10.50 m

Sporgenza rivest. (s): 0.20 m

 Lunghezza tasca (H_T): 0.50 m

 Diametro tasca (D_T): 131 mm

 Volume tasca (V_T): 6.74 l

Tipo di tasca:

Filtro cilindrico in terreno uniforme

Fattore di forma (F): 1.5330 m

 Soggiacenza falda (H_F): 24.00 m p.c.

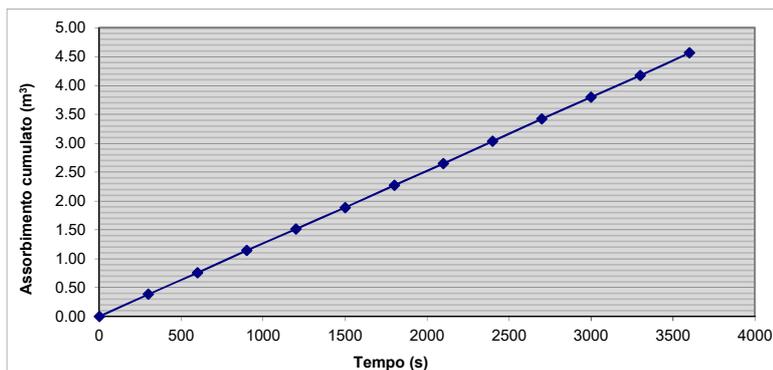
Livello costante: 0.00 m p.rif.

Livello idrico (h): 10.7 m

Note: il fattore di forma è stato calcolato con le formulazioni proposte da Hvorslev (1951) in funzione del tipo di tasca.

PROVA A LIVELLO COSTANTE - VALORI SPERIMENTALI

Tempo		Lettura contatore	Assorb. Cumulato	Assorb. Parziale	CONDUCIBILITA' IDRAULICA	
(min)	(s)	(l)	(l)	(l)	(m/s)	(cm/s)
0	0	13875	0.0	0.0	-	-
5	300	14258	383.0	383.0	7.78E-05	7.78E-03
10	600	14632	757.0	374.0	7.69E-05	7.69E-03
15	900	15017	1142.0	385.0	7.74E-05	7.74E-03
20	1200	15390	1515.0	373.0	7.70E-05	7.70E-03
25	1500	15762	1887.0	372.0	7.67E-05	7.67E-03
30	1800	16146	2271.0	384.0	7.69E-05	7.69E-03
35	2100	16524	2649.0	378.0	7.69E-05	7.69E-03
40	2400	16910	3035.0	386.0	7.71E-05	7.71E-03
45	2700	17296	3421.0	386.0	7.72E-05	7.72E-03
50	3000	17673	3798.0	377.0	7.72E-05	7.72E-03
55	3300	18048	4173.0	375.0	7.71E-05	7.71E-03
60	3600	18439	4564.0	391.0	7.73E-05	7.73E-03


I° TRATTO DI PROVA

k= - m/s

k= - cm/s

II° TRATTO DI PROVA

k= - m/s

k= - cm/s

PROVA COMPLETA

k= 7.73E-05 m/s

k= 7.73E-03 cm/s

Note:

COMMITTENTE: Aipo

CANTIERE: Varedo-Vasche di laminazione T.Seveso

LOCALITA': Paderno Dugnano (MI)

SONDAGGIO: SA4

PROVA n°: LFV-03

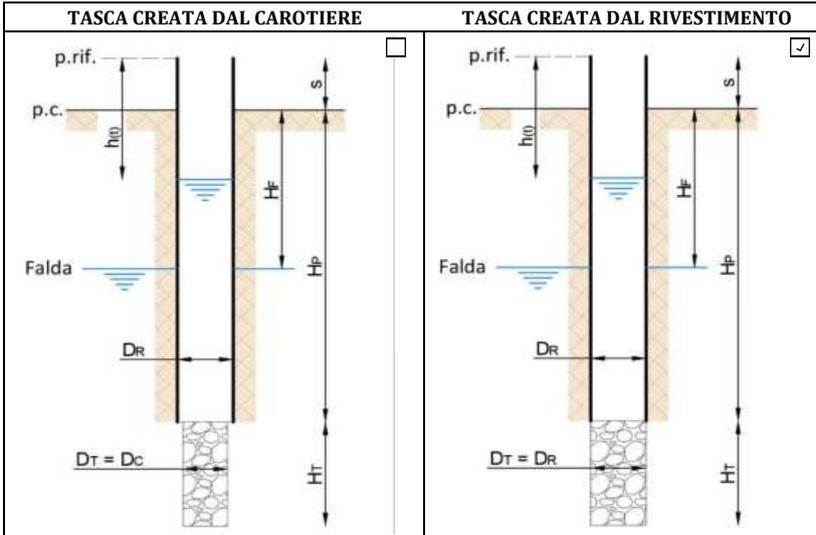
DATA: 07.09.2017

DA m 15.00 **A m** 15.50

CARATTERISTICHE ATTREZZATURA DI SONDAGGIO:

 Perforatrice : PX 850 \varnothing rivestimenti (D_R) [mm]: 152 \varnothing carotiere (D_C) [mm]: 131

Pompa acqua: Nenzi 200 l Tipo carotiere: Semplice

SCHEMA DI PROVA E CARATTERISTICHE GEOMETRICHE:

 Prof. foro ($H_p + H_T$): 15.50 m

 Prof. rivestimenti (H_p): 15.00 m

Sporgenza rivest. (s): 0.20 m

 Lunghezza tasca (H_T): 0.50 m

 Diametro tasca (D_T): 131 mm

 Volume tasca (V_T): 6.74 l

Tipo di tasca:

Filtro cilindrico in terreno uniforme

Fattore di forma (F): 1.5330 m

 Soggiacenza falda (H_F): 24.00 m p.c.

 Liv. idrico iniziale (H_0): 15.70 m

Note: il fattore di forma è stato calcolato con le formulazioni proposte da Hvorslev (1951) in funzione del tipo di tasca.

PROVA A LIVELLO VARIABILE - VALORI SPERIMENTALI - (Livello acqua nel foro rispetto al piano riferimento misure)

MISURE	t (sec/min)	h (cm)								
		0"	0.00	1'30"	89.00	4'30"	188.00	15'	351.00	45'
	10'	13.00	2	115.00	5'	201.00	20'	424.00	50'	721.00
	20"	22.00	2'30"	143.00	6'	218.00	25'	489.00	55'	748.00
	30"	34.00	3	152.00	7'	233.00	30'	552.00	60'	781.00
	45"	43.00	3'30"	171.00	8'	255.00	35'	591.00		
	60"	61.00	4	179.00	10'	287.00	40'	633.00		
MISURE	t (sec/min)	h (cm)								

COMMITTENTE: Aipo

CANTIERE: Varedo-Vasche di laminazione T.Seveso

LOCALITA': Paderno Dugnano (MI)

SONDAGGIO: SA4

PROVA n°: LFV-03

DATA: 07.09.2017

DA m 15.00 **A m** 15.50

DATI DI PERFORAZIONE
Perforatrice: PX 850

Pompa acqua: Nenzi 200 l

Diam. Rivestimento: Ø 152 mm

Soggiacenza falda: 24.00 m **s =** 0.20 m

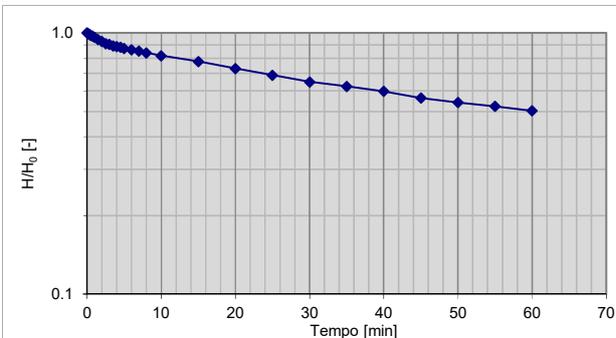
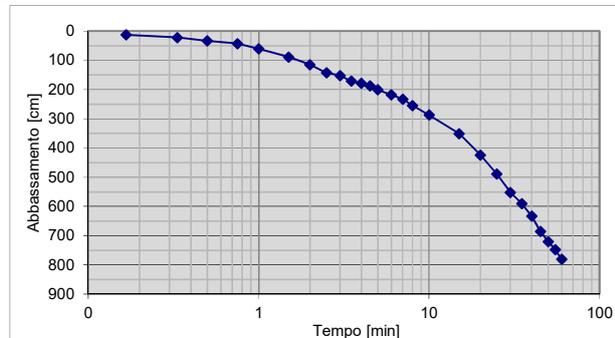
Diam. Carotiere: Ø 131 mm

Livello acqua prova (H₀): 15.70 m **D_T =** 0.131 m

Tipo carotiere: Semplice

Volume tasca di prova: 6.74 l **A_T =** 0.013 m²

TEMPO		Δt	LETTURE	ABBASSAM	PORTATA	LIVELLO (H)	ln H1/H ₂	H/H ₀	COND. IDR.	COND. IDR.
[min]	[sec]	[sec]	(cm)	[m]	[l]	[m]	[-]		[m/s]	[cm/s]
0	0	0	0	0.00	0.000	15.70	-	1.00	-	-
0.17	10	10	13	0.13	2.359	15.57	0.0083	0.99	7.31E-06	7.31E-04
0.33	20	10	22	0.09	1.633	15.48	0.0058	0.99	5.10E-06	5.10E-04
0.50	30	10	34	0.12	2.178	15.36	0.0078	0.98	6.84E-06	6.84E-04
0.75	45	15	43	0.09	1.633	15.27	0.0059	0.97	3.44E-06	3.44E-04
1.00	60	15	61	0.18	3.266	15.09	0.0119	0.96	6.95E-06	6.95E-04
1.50	90	30	89	0.28	5.081	14.81	0.0187	0.94	5.49E-06	5.49E-04
2.00	120	30	115	0.26	4.718	14.55	0.0177	0.93	5.19E-06	5.19E-04
2.50	150	30	143	0.28	5.081	14.27	0.0194	0.91	5.69E-06	5.69E-04
3.00	180	30	152	0.09	1.633	14.18	0.0063	0.90	1.85E-06	1.85E-04
3.50	210	30	171	0.19	3.448	13.99	0.0135	0.89	3.95E-06	3.95E-04
4.00	240	30	179	0.08	1.452	13.91	0.0057	0.89	1.68E-06	1.68E-04
4.50	270	30	188	0.09	1.633	13.82	0.0065	0.88	1.90E-06	1.90E-04
5.00	300	30	201	0.13	2.359	13.69	0.0095	0.87	2.77E-06	2.77E-04
6.00	360	60	218	0.17	3.085	13.52	0.0125	0.86	1.83E-06	1.83E-04
7.00	420	60	233	0.15	2.722	13.37	0.0112	0.85	1.63E-06	1.63E-04
8.00	480	60	255	0.22	3.992	13.15	0.0166	0.84	2.43E-06	2.43E-04
10.00	600	120	287	0.32	5.807	12.83	0.0246	0.82	1.80E-06	1.80E-04
15.00	900	300	351	0.64	11.613	12.19	0.0512	0.78	1.50E-06	1.50E-04
20.00	1200	300	424	0.73	13.246	11.46	0.0618	0.73	1.81E-06	1.81E-04
25.00	1500	300	489	0.65	11.795	10.81	0.0584	0.69	1.71E-06	1.71E-04
30.00	1800	300	552	0.63	11.432	10.18	0.0600	0.65	1.76E-06	1.76E-04
35.00	2100	300	591	0.39	7.077	9.79	0.0391	0.62	1.14E-06	1.14E-04
40.00	2400	300	633	0.42	7.621	9.37	0.0438	0.60	1.29E-06	1.29E-04
45.00	2700	300	686	0.53	9.617	8.84	0.0582	0.56	1.71E-06	1.71E-04
50.00	3000	300	721	0.35	6.351	8.49	0.0404	0.54	1.18E-06	1.18E-04
55.00	3300	300	748	0.27	4.899	8.22	0.0323	0.52	9.47E-07	9.47E-05
60.00	3600	300	781	0.33	5.988	7.89	0.0410	0.50	1.20E-06	1.20E-04

CONDUCIBILITA' IDRAULICA

T₀ = 90.98 min
k = 1.61E-06 m/s
k = 1.61E-04 cm/s
Note:

 Conducibilità idraulica calcolata con il metodo del tempo di riequilibrio (t₀).

 Valori interpolati per il calcolo di t₀ selezionati nell'intervallo 6:00=60:00 min.

COMMITTENTE: Aipo

CANTIERE: Varedo - Vasche di laminazione T. Seveso

LOCALITA': Varedo (MB)

SONDAGGIO: SA4

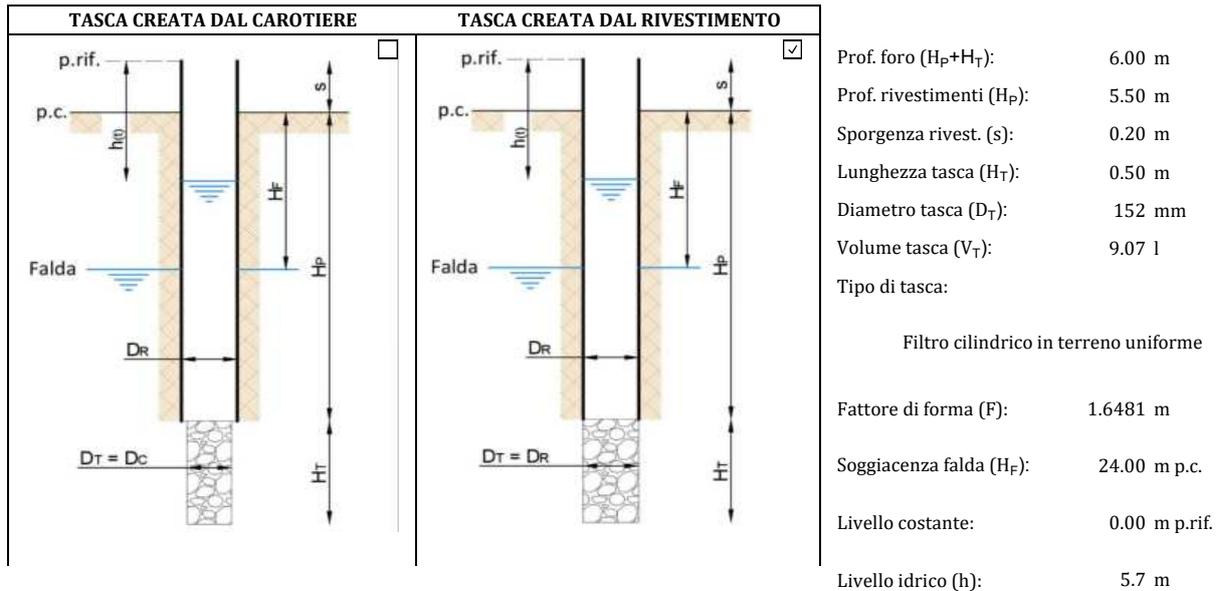
PROVA n°: LFK-01

DATA : 12.09.2017

DA m 5.50 **A m** 6.00

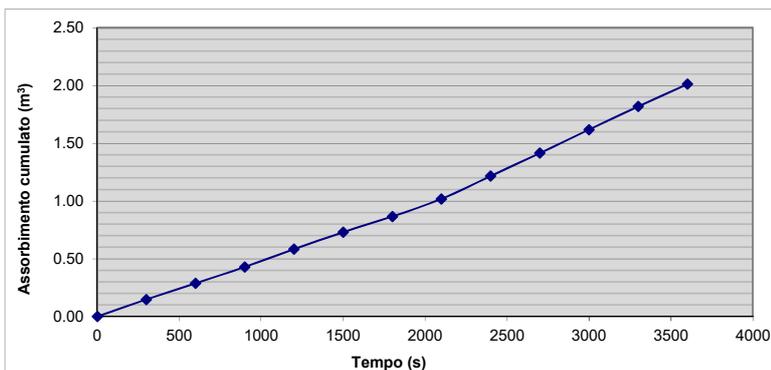
CARATTERISTICHE ATTREZZATURA DI SONDAGGIO:

 Perforatrice : PX 850 \varnothing rivestimenti (D_R) [mm]: 152 \varnothing carotiere (D_C) [mm]: 131
 Pompa acqua: Nenzi 200 l Tipo carotiere: Semplice

SCHEMA DI PROVA E CARATTERISTICHE GEOMETRICHE:

Note: il fattore di forma è stato calcolato con le formulazioni proposte da Hvorslev (1951) in funzione del tipo di tasca.

PROVA A LIVELLO COSTANTE - VALORI SPERIMENTALI

Tempo		Letture contatore	Assorb. Cumulato	Assorb. Parziale	CONDUCIBILITA' IDRAULICA	
(min)	(s)	(l)	(l)	(l)	(m/s)	(cm/s)
0	0	18500.0	0.0	0.0	-	-
5	300	18647.0	147.0	147.0	5.22E-05	5.22E-03
10	600	18787.0	287.0	140.0	5.09E-05	5.09E-03
15	900	18929.0	429.0	142.0	5.07E-05	5.07E-03
20	1200	19082.0	582.0	153.0	5.16E-05	5.16E-03
25	1500	19230.0	730.0	148.0	5.18E-05	5.18E-03
30	1800	19366.0	866.0	136.0	5.12E-05	5.12E-03
35	2100	19518.0	1018.0	152.0	5.16E-05	5.16E-03
40	2400	19716.0	1216.0	198.0	5.39E-05	5.39E-03
45	2700	19914.0	1414.0	198.0	5.57E-05	5.57E-03
50	3000	20118.0	1618.0	204.0	5.74E-05	5.74E-03
55	3300	20318.0	1818.0	200.0	5.86E-05	5.86E-03
60	3600	20511.0	2011.0	193.0	5.95E-05	5.95E-03


I° TRATTO DI PROVA
k= 5.16E-05 m/s

k= 5.16E-03 cm/s

II° TRATTO DI PROVA
k= 7.05E-05 m/s

k= 7.05E-03 cm/s

PROVA COMPLETA
k= 5.95E-05 m/s

k= 5.95E-03 cm/s

Note:

Primo tratto di prova compreso fra 0+2100 s, secondo tratto di prova compreso fra 2100+3600 s.

COMMITTENTE: Aipo

CANTIERE: Varedo - Vasche di laminazione T. Seveso

LOCALITA': Varedo (MB)

SONDAGGIO: SA4

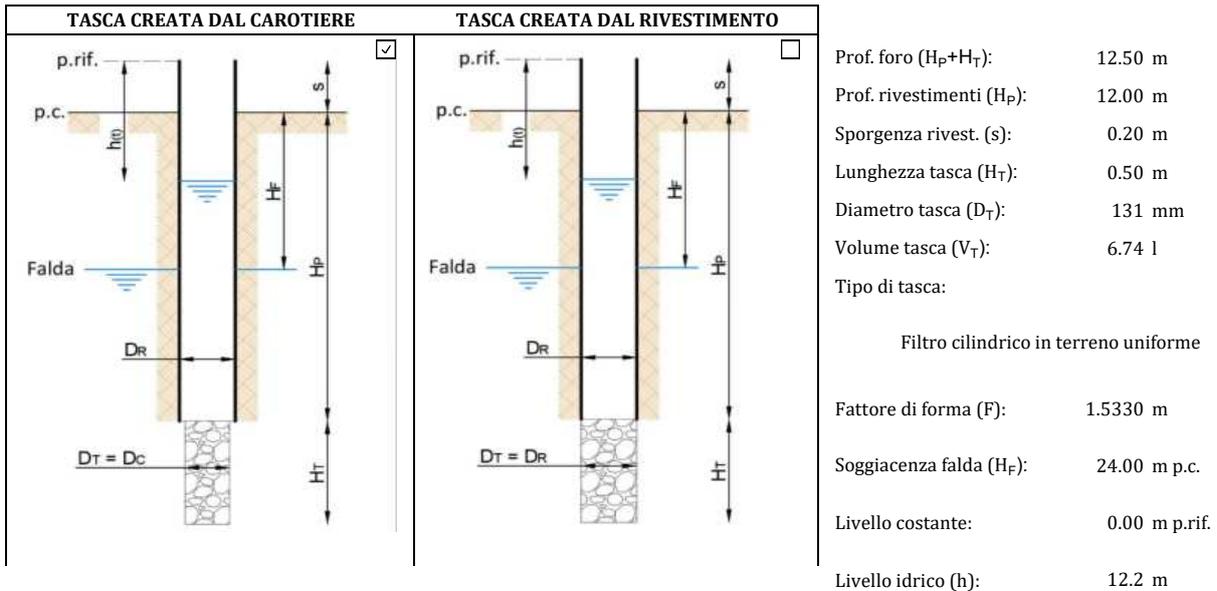
PROVA n°: LFK-02

DATA: 12.09.2017

DA m 12.00 **A m** 12.50

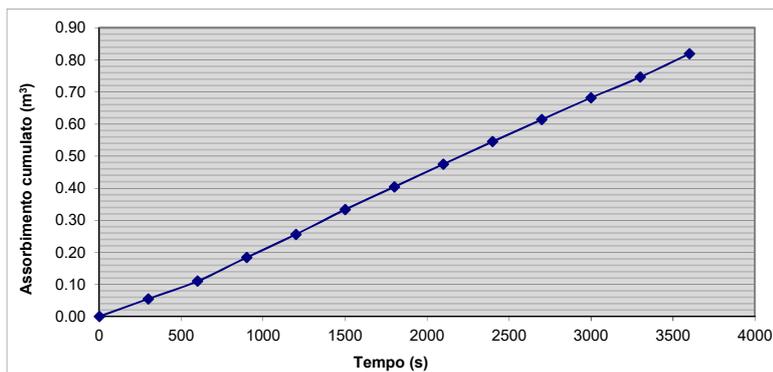
CARATTERISTICHE ATTREZZATURA DI SONDAGGIO:

 Perforatrice : PX 850 \varnothing rivestimenti (D_R) [mm]: 152 \varnothing carotiere (D_C) [mm]: 131
 Pompa acqua: Nenzi 200 l Tipo carotiere: Semplice

SCHEMA DI PROVA E CARATTERISTICHE GEOMETRICHE:

Note: il fattore di forma è stato calcolato con le formulazioni proposte da Hvorslev (1951) in funzione del tipo di tasca.

PROVA A LIVELLO COSTANTE - VALORI SPERIMENTALI

Tempo		Letture contatore	Assorb. Cumulato	Assorb. Parziale	CONDUCIBILITA' IDRAULICA	
(min)	(s)	(l)	(l)	(l)	(m/s)	(cm/s)
0	0	20560.0	0.0	0.0	-	-
5	300	20615.0	55.0	55.0	9.80E-06	9.80E-04
10	600	20670.0	110.0	55.0	9.80E-06	9.80E-04
15	900	20744.0	184.0	74.0	1.09E-05	1.09E-03
20	1200	20816.0	256.0	72.0	1.14E-05	1.14E-03
25	1500	20893.0	333.0	77.0	1.19E-05	1.19E-03
30	1800	20964.0	404.0	71.0	1.20E-05	1.20E-03
35	2100	21035.0	475.0	71.0	1.21E-05	1.21E-03
40	2400	21105.0	545.0	70.0	1.21E-05	1.21E-03
45	2700	21174.0	614.0	69.0	1.22E-05	1.22E-03
50	3000	21242.0	682.0	68.0	1.22E-05	1.22E-03
55	3300	21306.0	746.0	64.0	1.21E-05	1.21E-03
60	3600	21379.0	819.0	73.0	1.22E-05	1.22E-03


I° TRATTO DI PROVA
k= 9.80E-06 m/s

k= 9.80E-04 cm/s

II° TRATTO DI PROVA
k= 1.26E-05 m/s

k= 1.26E-03 cm/s

PROVA COMPLETA
k= 1.22E-05 m/s

k= 1.22E-03 cm/s

Note:

Primo tratto di prova compreso fra 0÷600 s, secondo tratto di prova compreso fra 600÷3600 s.

COMMITTENTE: Aipo

CANTIERE: Varedo-Vasche di laminazione T.Seveso

LOCALITA': Paderno Dugnano (MI)

SONDAGGIO: SA4

PROVA n°: LFV-03

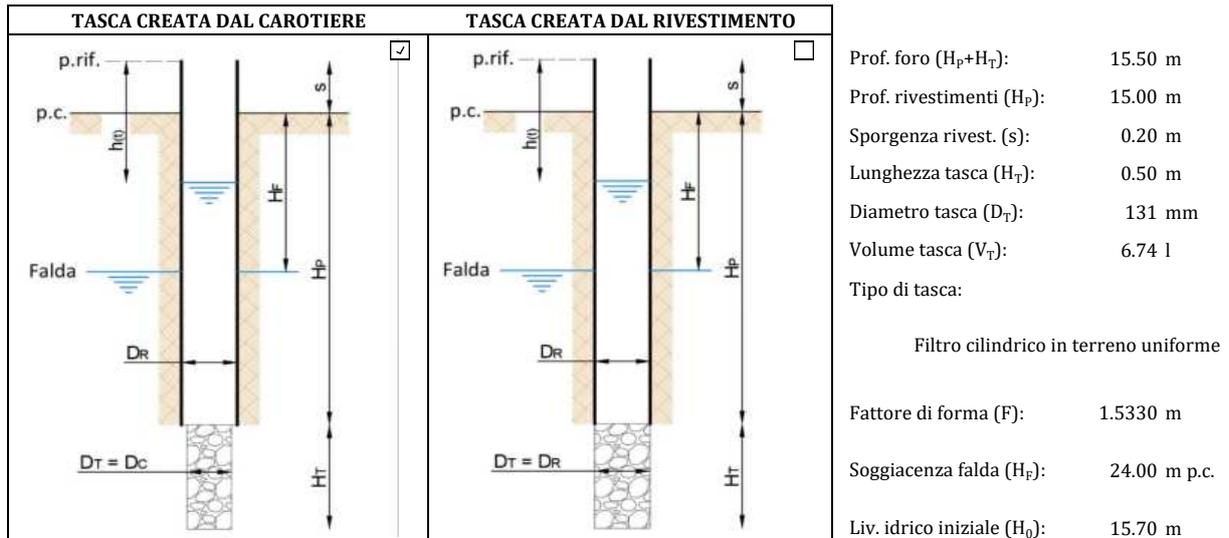
DATA: 12.09.2017

DA m 15.00 **A m** 15.50

CARATTERISTICHE ATTREZZATURA DI SONDAGGIO:

 Perforatrice : PX 850 \varnothing rivestimenti (D_R) [mm]: 152 \varnothing carotiere (D_C) [mm]: 131

Pompa acqua: Nenzi 200 l Tipo carotiere: Semplice

SCHEMA DI PROVA E CARATTERISTICHE GEOMETRICHE:


Note: il fattore di forma è stato calcolato con le formulazioni proposte da Hvorslev (1951) in funzione del tipo di tasca.

PROVA A LIVELLO VARIABILE - VALORI SPERIMENTALI - (Livello acqua nel foro rispetto al piano riferimento misure)

MISURE	t (sec/min)	h (cm)								
	0"	0.00	1'30"	82.00	4'30"	185.00	15'	364.00	45'	707.00
	10'	8.00	2	108.00	5'	197.00	20'	432.00	50'	751.00
	20"	15.00	2'30"	127.00	6'	219.00	25'	496.00	55'	787.00
	30"	27.00	3	144.00	7'	239.00	30'	557.00	60'	819.00
	45"	37.00	3'30"	159.00	8'	257.00	35'	611.00		
60"	55.00	4	172.00	10'	291.00	40'	660.00			
MISURE	t (sec/min)	h (cm)								

COMMITTENTE: Aipo

CANTIERE: Varedo-Vasche di laminazione T.Seveso

LOCALITA': Paderno Dugnano (MI)

SONDAGGIO: SA4

PROVA n°: LFV-03

DATA: 12.09.2017

DA m 15.00 **A m** 15.50

DATI DI PERFORAZIONE
Perforatrice: PX 850

Pompa acqua: Nenzi 200 l

Diam. Rivestimento: Ø 152 mm

Soggiacenza falda: 24.00 m **s =** 0.20 m

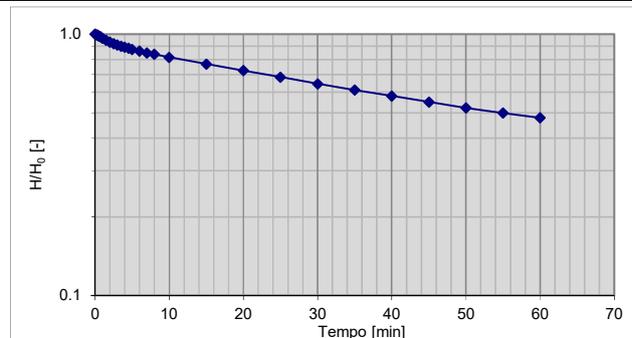
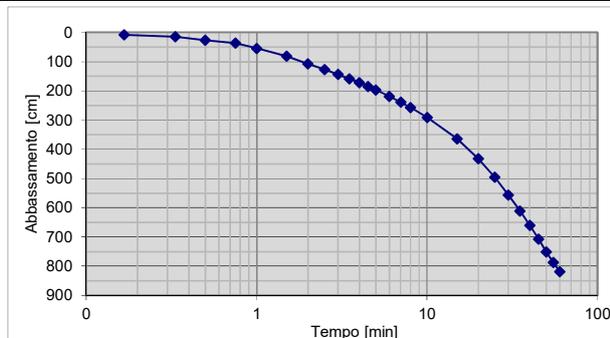
Diam. Carotiere: Ø 131 mm

Livello acqua prova (H₀): 15.70 m **D_T =** 0.131 m

Tipo carotiere: Semplice

Volume tasca di prova: 6.74 l **A_T =** 0.013 m²

TEMPO		Δt	LETTURE	ABBASSAM	PORTATA	LIVELLO (H)	ln H1/H ₂	H/H ₀	COND. IDR.	COND. IDR.
[min]	[sec]	[sec]	(cm)	[m]	[l]	[m]	[-]		[m/s]	[cm/s]
0	0	0	0	0.00	0.000	15.70	-	1.00	-	-
0.17	10	10	8	0.08	1.452	15.62	0.0051	0.99	4.49E-06	4.49E-04
0.33	20	10	15	0.07	1.270	15.55	0.0045	0.99	3.95E-06	3.95E-04
0.50	30	10	27	0.12	2.178	15.43	0.0077	0.98	6.81E-06	6.81E-04
0.75	45	15	37	0.10	1.815	15.33	0.0065	0.98	3.81E-06	3.81E-04
1.00	60	15	55	0.18	3.266	15.15	0.0118	0.96	6.92E-06	6.92E-04
1.50	90	30	82	0.27	4.899	14.88	0.0180	0.95	5.27E-06	5.27E-04
2.00	120	30	108	0.26	4.718	14.62	0.0176	0.93	5.17E-06	5.17E-04
2.50	150	30	127	0.19	3.448	14.43	0.0131	0.92	3.83E-06	3.83E-04
3.00	180	30	144	0.17	3.085	14.26	0.0119	0.91	3.47E-06	3.47E-04
3.50	210	30	159	0.15	2.722	14.11	0.0106	0.90	3.10E-06	3.10E-04
4.00	240	30	172	0.13	2.359	13.98	0.0093	0.89	2.71E-06	2.71E-04
4.50	270	30	185	0.13	2.359	13.85	0.0093	0.88	2.74E-06	2.74E-04
5.00	300	30	197	0.12	2.178	13.73	0.0087	0.87	2.55E-06	2.55E-04
6.00	360	60	219	0.22	3.992	13.51	0.0162	0.86	2.37E-06	2.37E-04
7.00	420	60	239	0.20	3.629	13.31	0.0149	0.85	2.19E-06	2.19E-04
8.00	480	60	257	0.18	3.266	13.13	0.0136	0.84	2.00E-06	2.00E-04
10.00	600	120	291	0.34	6.170	12.79	0.0262	0.81	1.92E-06	1.92E-04
15.00	900	300	364	0.73	13.246	12.06	0.0588	0.77	1.72E-06	1.72E-04
20.00	1200	300	432	0.68	12.339	11.38	0.0580	0.72	1.70E-06	1.70E-04
25.00	1500	300	496	0.64	11.613	10.74	0.0579	0.68	1.70E-06	1.70E-04
30.00	1800	300	557	0.61	11.069	10.13	0.0585	0.65	1.71E-06	1.71E-04
35.00	2100	300	611	0.54	9.799	9.59	0.0548	0.61	1.61E-06	1.61E-04
40.00	2400	300	660	0.49	8.891	9.10	0.0524	0.58	1.54E-06	1.54E-04
45.00	2700	300	707	0.47	8.529	8.63	0.0530	0.55	1.55E-06	1.55E-04
50.00	3000	300	751	0.44	7.984	8.19	0.0523	0.52	1.53E-06	1.53E-04
55.00	3300	300	787	0.36	6.533	7.83	0.0450	0.50	1.32E-06	1.32E-04
60.00	3600	300	819	0.32	5.807	7.51	0.0417	0.48	1.22E-06	1.22E-04

CONDUCIBILITA' IDRAULICA

T₀ = 85.67 min
k = 1.71E-06 m/s
k = 1.71E-04 cm/s
Note:

 Conducibilità idraulica calcolata con il metodo del tempo di riequilibrio (t₀).

 Valori interpolati per il calcolo di t₀ selezionati nell'intervallo 5:00÷60:00 min.

**VASCHE DI LAMINAZIONE TORRENTE
SEVESO, VAREDO (MB)
ESECUZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE**

**CATENE DI CUSTODIA CAMPIONI DI
TERRENO AMBIENTALI E CAMPIONI
ACQUE DI FALDA**

Catena di Custodia Terreni

N. Progetto:	G.005.2017
Laboratorio:	Labanalysis S.r.l.
Committente:	AIPO Pavia
Cantiere:	Realizzazione area di laminazione del T. Seveso - Varedo (MB)

Compilatore: Mauro Baldini	
Data compilazione: 09/11/2017	Pag.: 1/4

Soil Package #1:

Caratteristiche fisiche dei terreni: Analisi granulometrica; Residuo fisso a 105°C; Determinazione del pH
 METALLI: arsenico (As), cadmio (Cd), cromo totale (Cr tot), cromo esavalente (Cr VI), mercurio (Hg), nichel (Ni), piombo (Pb), rame (Cu) e zinco (Zn);
 IDROCARBURI LEGGERI (C<12);
 IDROCARBURI PESANTI(C>12);
 IDROCARBURI POLICLICI AROMATICI (IPA);
 PCB

Soil Package #2:

Test di cessione

ID CAMPIONE	Terreni			Data di prelievo	Tipologia campione	Soil Package #1	Soil Package #2
	Vasetti 1000 ml	Vials con Metanolo	Barattolo				
1 SA1-CA1 (0.00÷1.00 m)	1			07/11/2017	terreno	X	X
2 SA1-CA2 (1.00÷2.00 m)	1			07/11/2017	terreno	X	X
3 SA1-CA3 (2.00÷3.00 m)	1			07/11/2017	terreno	X	X
4 SA1-CA4 (3.00÷4.00 m)	1			07/11/2017	terreno	X	X
5 SA1-CA5 (5.00÷6.00 m)	1			07/11/2017	terreno	X	X
6 SA1-CA6 (10.00÷11.00 m)	1			07/11/2017	terreno	X	X
7 SA1-CA7 (15.00÷16.00 m)	1			07/11/2017	terreno	X	X
8 SA1-CA8 (21.00÷22.00 m)	1			07/11/2017	terreno	X	X
9 SA2-CA1 (0.00÷1.00 m)	1			07/11/2017	terreno	X	X
10 SA2-CA2 (1.00÷2.00 m)	1			07/11/2017	terreno	X	X
11 SA2-CA3 (2.00÷3.00 m)	1			07/11/2017	terreno	X	X
12 SA2-CA4 (3.00÷4.00 m)	1			07/11/2017	terreno	X	X
13 SA2-CA5 (5.00÷6.00 m)	1			07/11/2017	terreno	X	X
14 SA2-CA6 (10.00÷11.00 m)	1			07/11/2017	terreno	X	X
15 SA2-CA7 (15.00÷16.00 m)	1			07/11/2017	terreno	X	X
16 SA2-CA8 (21.00÷22.00 m)	1			07/11/2017	terreno	X	X
17 SA3-CA1 (0.00÷1.00 m)	1			07/11/2017	terreno	X	X
18 SA3-CA2 (1.00÷2.00 m)	1			07/11/2017	terreno	X	X
19 SA3-CA3 (2.00÷3.00 m)	1			07/11/2017	terreno	X	X
20 SA3-CA4 (3.00÷4.00 m)	1			07/11/2017	terreno	X	X
10 SA2-CA2 (1.00÷2.00 m)	1			07/11/2017	terreno	X	X
21 SA3-CA5 (5.00÷6.00 m)	1			07/11/2017	terreno	X	X

NOTE:

1) Prima di procedere al confezionamento dei campioni, il materiale è stato omogeneizzato, quartato e vagliato al setaccio di maglia 20 mm.

Catena di Custodia Acque Sotterranee

N. Progetto:	G.005.2017	Compilatore: Mauro Baldini	
Laboratorio:	Labanalysis S.r.l.		
Committente:	AIPO Pavia	Data compilazione: 21/12/2017	Pag.: 1/1
Cantiere:	Realizzazione area di laminazione del T. Seveso - Varedo (MB)		

Water Package: Metalli pesanti (As, Cd, Cr tot, Cr VI, Hg, Ni, Pb, Cu, Zn); Composti organici aromatici; Idrocarburi policiclici aromatici; Alifatici clorurati cancerogeni e non cancerogeni, Alifatici alogenati cancerogeni; Idrocarburi totali (espressi come n-esano); PCB; PCB.								Water Package
ID CAMPIONE	Soggiacenza falda nel piezometro (m da b.f.)	Acque di falda			Data di prelievo	Tipologia campionamento		
		Bottiglia in vetro 1.0 l	Barattolo in PET 50 ml	Vials				
1 SA1	27.75	3	2	3	21/12/2017	Dinamico	X	
2 SA2	25.94	3	2	3	21/12/2017	Dinamico	X	
3 SA3	26.27	3	2	3	21/12/2017	Dinamico	X	
4 SA4	26.55	3	2	3	21/12/2017	Dinamico	X	
TOTALE		12	8	12				

Note:

 I campioni dei barattoli in PET sono stati filtrati e acidificati con HNO₃; i campioni nei vials sono stati additivati con solfato acido di sodio.

ALLEGATO C – Risultati indagini geofisiche



**Lavori di realizzazione di un'area di laminazione
Torrente Seveso**

Comuni di Paderno Dugnano e Varedo (MB)

**Committente:
A.i.Po - Ufficio Di Pavia**

**INDAGINI GEOFISICHE
ANALISI DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE
PARAMETRI GEOMECCANICI DINAMICI**

NOVEMBRE 2017

CIS GEOFISICA s.r.l.

Sede legale: Viale Cadorna 5, – 21052 Busto Arsizio (Va)

email: info@cis-geofisica.it

Cell. +39 348-2531683 +39 348-8949828
Fax 02-700520970
www.cis-geofisica.it

INDICE

Indice	2
1.0 INTRODUZIONE	3
2.0 METODOLOGIA SISMICA A RIFRAZIONE	5
3.1 Introduzione.....	5
3.2 Cenni teorici sull'inversione tomografica	8
3.0 ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI	11
4.1 Strumentazione utilizzata	11
4.2 Interpretazione dei dati	12
4.0 CORRELAZIONE TRA LE VELOCITÀ DELLE ONDE SISMICHE E I PARAMETRI ELASTICI E GEOMECCANICI	14
5.0 METODOLOGIA DI INDAGINE GRADIOMETRICA	20
6.0 RISULTATI	23
6.1 Sezioni geosismiche	23
6.2 Misure Gradiometriche.....	33

Tavole

- Allegato 1 Ubicazione delle indagini
- Allegati 2/a - 2/b Interpretazione stese sismiche a rifrazione
- Allegato 3 Mappe gradiometriche
- Allegato 4 Interpretazione delle anomalie gradiometriche

1.0 INTRODUZIONE

Nei mesi di settembre e ottobre 2017 sono state eseguite alcune prospezioni geofisiche nell'area ex Snia di Varedo in relazione ai lavori di realizzazione di un'area di laminazione del Torrente Seveso nei Comuni di Varedo e Paderno Dugnano (MB). In particolare sono stati registrati due allineamenti di circa 500 metri cadauno di tomografie sismiche a rifrazione in onde compressive e di taglio ed è stata effettuata l'analisi con gradiometro di tutte le superfici accessibili.

Le attività sono state eseguite da CIS Geofisica S.r.l., su incarico di A.I.Po ufficio di Pavia.

Le suddette prove sismiche sono state realizzate allo scopo di investigare in maniera indiretta il sottosuolo del sito in oggetto, con particolare riguardo alla ricostruzione delle caratteristiche geomeccaniche dei terreni ed alla verifica della categoria di suolo.

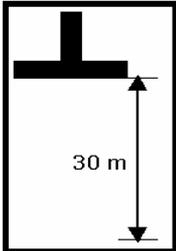
Al fine di caratterizzare la composizione del sottosuolo e la risposta sismica della zona in esame le sezioni sono state registrate utilizzando sia geofoni verticali che orizzontali, utili a definire il profilo verticale della velocità di propagazione delle onde compressive (V_p) e di taglio (V_s).

Nel loro insieme, le procedure adottate per la misura del V_{s30} sono state eseguite in accordo alle norme tecniche per le costruzioni del DM 14 gennaio 2008 (ex DM 14/09/2005).

Queste, in buona misura, fanno risalire la stima dell'effetto di sito alle caratteristiche del profilo di velocità delle onde di taglio V_s .

La classificazione dei terreni si basa sul valore medio della velocità delle onde di taglio nei primi 30 metri di profondità (V_{s30}). Essa è definita dalla relazione:

CATEGORIE DI SUOLO DI FONDAZIONE

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


In cui V_i e h_i sono rispettivamente la velocità delle onde di taglio e lo spessore dell' i -esimo strato.

I rapporti tra le velocità compressive e di taglio consentono di ottenere i parametri geomeccanici dinamici del sottosuolo.

Per quanto riguarda le misure gradiometriche, invece, sono state realizzate per il rilevamento di tutte le anomalie riconducibili alla probabile presenza di materiali metallici sepolti nel sottosuolo, ed eventualmente associabili alla possibile esistenza di ordigni bellici situati nello strato superficiale del terreno. L'area indagata col gradiometro è di circa 18.5 ettari. Le misurazioni sono state effettuate tramite l'applicazione della metodologia gradiometrica e lo strumento Foerster Ferex DLG.

Le anomalie riscontrate sono state evidenziate riportando i dati in mappe a scale di falsi colori (all. 3), e quindi interpretate (all. 4).

Nella presente relazione vengono riportati i risultati delle indagini con le rispettive interpretazioni.



Panoramica di una porzione area di indagine

2.0 METODOLOGIA SISMICA A RIFRAZIONE

3.1 Introduzione

Quando è necessario esplorare i primi metri di profondità, la cosiddetta *sismica superficiale in rifrazione* permette di caratterizzare il sottosuolo in termini di velocità di propagazione delle onde sismiche compressive (v_p) e di taglio (v_s), le quali variano in funzione del litotipo che viene attraversato dall'energia sismica. Si tratta di un metodo di indagine *attivo*, cioè che viene applicato sfruttando energia sismica controllata artificialmente, generata mediante una serie di sorgenti, tra i quali mazza, esplosivo, cannoncino sismico, ecc.

Operativamente parlando, una volta accoppiati col terreno i geofoni (sensori che registreranno la propagazione dell'onda sismica) lungo un profilo rettilineo si effettuano energizzazioni mediante delle geometrie ben definite, ottenendo i cosiddetti *sismogrammi*, cioè la registrazione nel dominio dello spazio/tempo del campo di deformazione dei litotipi indotto dalla propagazione d'onda. I sismogrammi permettono dunque di riconoscere i vari eventi dovuti alla propagazione d'onda nel sottosuolo e la sua riemersione in superficie dove viene registrata dai geofoni, in funzione dello spazio/tempo. Avendo l'informazione sullo spazio e sul tempo, si costruisce un modello di velocità del sottosuolo. Come da titolo, la sismica a rifrazione si occupa della fase d'onda rifratta *criticamente*, cioè quella fase che viene ritrasmessa verso la superficie dopo aver viaggiato attraverso una discontinuità nel sottosuolo dovuta ad un cambio litologico, ad esempio (Fig. 1). Solitamente più battute vengono effettuate lungo il profilo, maggiore sarà l'informazione riguardo ai percorsi delle onde all'interno del sottosuolo, maggiore sarà la robustezza del modello di velocità (geologico) finale. Il riconoscimento e la ricostruzione dei percorsi, chiamati in inglese *ray-path*, deriva dall'assunzione teorica dello studio della propagazione dell'energia sismica per *alte frequenze*, secondo la quale a partire dalla sorgente, l'energia si distribuisce radialmente su percorsi rettilinei (i cosiddetti *raggi sismici*) che vengono deviati nel sottosuolo nel momento in cui incontrano una discontinuità. Tale deviazione è regolata dalla legge di Snell, la quale asserisce che lungo un *raggio sismico*, la quantità

$$\bar{p} = s(z) \cdot \sin(\alpha) \quad (3.1.1)$$

ove $s(z) = 1/v(z)$ rappresenta la funzione di *slowness* (*lentezza*), pari all'inverso della velocità, deve conservarsi.

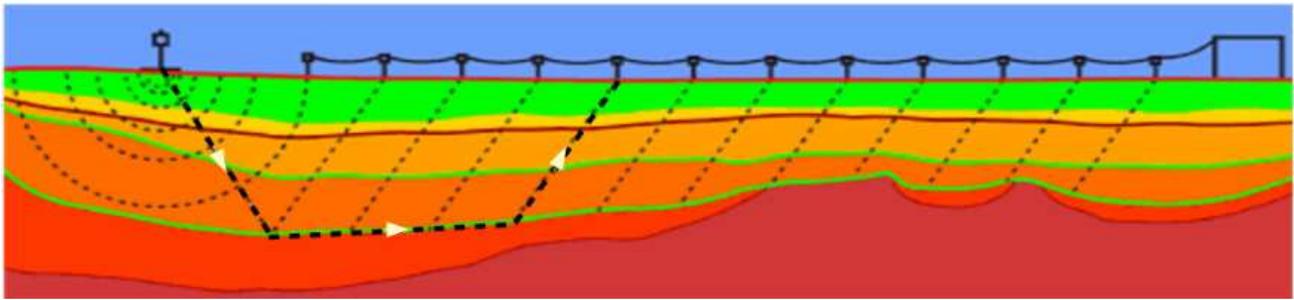


Figura 1: Indagine in sismica a rifrazione: è possibile notare il percorso dei raggi sismici che vengono rifratti dalle discontinuità presenti nel sottosuolo e rilevati in superficie.

In pratica, se si considera una interfaccia tra due mezzi omogenei di velocità v_1 e v_2 qualsiasi, ciò significa che:

$$\frac{\sin(\vartheta_1)}{v_1} = \frac{\sin(\vartheta_2)}{v_2} \quad (3.1.2)$$

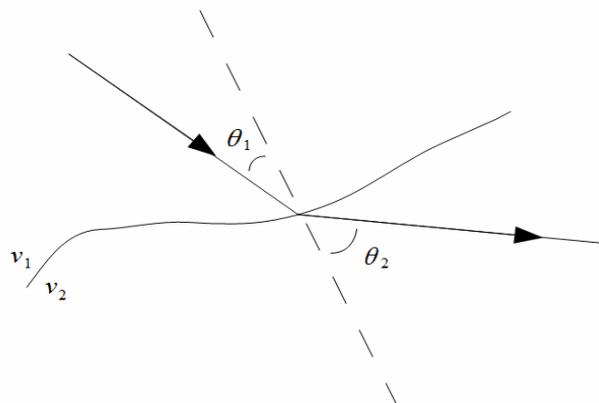


Figura 2: Rappresentazione schematica della Legge di Snell.

Tra le varie tecniche di inversione, la più utilizzata in sismica a rifrazione è la cosiddetta *tomografia sismica*, la quale è preferibile ai metodi analitici come Plus-Minus o GRM perché permette di ottenere una più robusta mappatura delle velocità del sottosuolo in maniera semplice, caratterizzandone così le litologie di cui è composto. Il set di dati iniziale che verrà utilizzato per la modellazione corrisponde ai tempi di primo arrivo letti sul sismogramma, corrispondenti ai tempi di arrivo delle onde rifratte *criticamente*.

A livello teorico, si ricordino i due limiti di tale metodologia:

• *Strati nascosti a bassa velocità* - come già anticipato, le onde rifratte *criticamente* corrispondono a quei raggi sismici che si avvicinano all'interfaccia con un angolo definito *critico* ϑ_c tale da far viaggiare l'onda a cavallo della discontinuità con la velocità del mezzo più denso (e quindi più veloce). Tale propagazione perturba lo strato al top (meno denso) che ritrasmetterà così l'energia dell'onda in superficie, venendo registrata dai geofoni (Fig. 1). La c.n.s. a rendere possibile ciò è che $\vartheta_2 = 90^\circ$ (con riferimento alla Fig. 2) che trasforma l'eq 3.1.2 in

$$\sin(\vartheta_c) = \frac{v_1}{v_2} \quad (3.1.3)$$

necessariamente con $v_2 > v_1$. Se così non fosse, l'onda rifratta viaggierebbe immergendosi nel secondo strato e non riuscirebbe a riemergere in superficie (e quindi essere considerata come primo arrivo) prima delle altre fasi sismiche. Ne consegue che se esistesse un rifratte (es. una discontinuità litologica) nel sottosuolo con velocità inferiore al mezzo che gli giace al suo top, questo risulterebbe mascherato sul sismogramma ed impossibile da riconoscere con certezza. Dunque **deve esistere un gradiente di velocità crescente dalla superficie in profondità. Se il sottosuolo fosse diviso in $i = 1, \dots, n$ strati (dall'alto verso il basso) allora deve necessariamente essere che $v_1 < v_2 < \dots < v_n$.** Tuttavia è possibile che particolari condizioni geologiche a complessa geometria del sottosuolo portino al calcolo nel modello di velocità finale di regioni a velocità in cui si abbia una inversione nel gradiente. In tal caso la robustezza del risultato finale è quindi affidata alla esperienza del geofisico.

• *Strati sottili* - Possono esistere delle condizioni per cui il gradiente di velocità venga rispettato ma lo spessore dello strato non è in grado di generare onde rifratte criticamente che arrivino prima di quelle dello strato sottostante: queste viaggiando ad una velocità maggiore (essendo state generate più in profondità) ed essendosi generate molto ravvicinate rispetto a quelle dello strato sottile, superano in fase queste ultime le quali risulteranno sul sismogramma come secondi arrivi, e quindi di difficile interpretazione. Dunque, **gli strati sottili, pur rispettando il gradiente di velocità, generano arrivi secondari e quindi di difficile interpretazione.**

Bisogna tener dunque ben presente quale sia l'obiettivo dell'indagine commissionata. La sismica a rifrazione è un metodo molto efficace quando si vuole mappare un bedrock al di sotto delle sue coperture sedimentarie oppure per verificare la presenza di cambi litologici verticali laterali. Effettuare una analisi tomografica significa a tutti gli effetti risolvere un *problema inverso*.

3.2 Cenni teorici sull'inversione tomografica

La risoluzione del problema inverso tomografico consiste nel raccogliere i tempi di primo arrivo del treno di onde compressive/di taglio (appartenenti allo *Spazio dei Dati*) rifratte criticamente e determinare le velocità che possono aver prodotto quei tempi di arrivo sul sismogramma, cioè i *parametri* (appartenenti allo spazio omonimo) con la quale si vuole descrivere il proprio modello. La relazione tra spazio dei Dati e spazio dei Parametri è gestita dalla teoria, che nel caso in esame è la propagazione di onde elastiche in mezzi continui. Esiste dunque una relazione matematica matriciale del tipo:

$$t_i = G_{ij}(v_j) \quad (3.2.1)$$

dove t rappresenta il vettore dei i -dati (tempi d'arrivo) e v il vettore dei j -parametri (velocità) che descrive il modello e G_{ij} rappresenta la matrice che gestisce la relazione tra i due. La soluzione dei problemi inversi consiste nel cercare una soluzione al sistema di equazioni definite dalla eq. 3.2.1 che sono generalmente non lineari e quindi di non semplice soluzione. Determinare una soluzione, e quindi i parametri che giustificano completamente i dati è impossibile per via delle incertezze che sono intrinsecamente legate ai dati e perché la parametrizzazione scelta è molto improbabile che rappresenti effettivamente la distribuzione reale dei parametri di modello.

Quindi operativamente si cerca la soluzione che meglio giustifichi i dati in ingresso al sistema, minimizzando la cosiddetta *funzione di misfit*, che viene generalmente descritta dalla norma quadra l_2 dello scarto tra i dati osservati e calcolati:

$$\varepsilon = \|\tilde{t} - G(\tilde{v})\|_{l_2}^2 \quad (3.2.2)$$

La soluzione che si determina è quindi iterativa: partendo da un modello iniziale v_0 (starting model) si calcola una possibile matrice G e se ne calcola il misfit con i dati sperimentali. Il risultato di ciascun step sarà il modello iniziale nuovo da reiterare ed il processo trova termine, di norma, quando l'errore di misfit è dello stesso ordine di grandezza dell'errore sui dati sperimentali.

Nei casi semplici, il problema potrebbe essere risolto esattamente come descritto sopra, con algoritmi di calcolo che utilizzano relazioni derivanti dalla linearizzazione del problema (il cosiddetto *approccio locale*). Questo è però consigliabile solo per problemi inversi debolmente non lineari o lineari e per i quali il modello iniziale è ben posto, possibilmente da delle informazioni *a priori* raccolte in campo. Purtroppo la maggior parte dei problemi tomografici è non lineare il che implica il dover utilizzare una particolare strategia che permetta di

determinare il modello iniziale più corretto possibile e la funzione di misfit più adeguata. Il tutto viene ricondotto alla cosiddetta analisi tomografica ad *approccio globale*, che è quella eseguita dal software utilizzato.

L'intero mezzo di propagazione viene discretizzato mediante una griglia regolare di nodi. Per ciascuno di questi nodi vengono stimati i valori di velocità del mezzo di propagazione (parametri del modello). In funzione dei tempi di arrivo, risolvendo la famosa *equazione Eikonale*,

$$|\nabla T(\vec{x})|^2 = s(\vec{x}) \quad (3.2.3)$$

è possibile ricostruire i fronti delle onde rifratte e dunque il loro percorso dalla sorgente ai geofoni, adattando in ogni nodo la velocità opportuna per correlare il modello ai dati raccolti. Questo calcolo di massima, **figlio dei dati raccolti in campo**, dà il modello iniziale v_0 da dover ottimizzare mediante il processo iterativo ad approccio globale. La funzione di misfit sulla quale è basato l'approccio non lineare è la seguente:

$$\varepsilon(\bar{t}, \bar{v}) = \sum_{i=1}^{N_s} \sum_{j=1}^{N_i} \gamma_{ij} (t_{ij}^{obs} - t_{ij}^{calc})^2 \quad (3.2.4)$$

con γ un coefficiente che pesa il risultato finale in funzione della qualità dei tempi di primo arrivo osservati (tale coefficiente varia dipendentemente dall'algoritmo del software utilizzato ed è in generale funzione dell'errore di misura sui tempi d'arrivo), N_s il numero di sorgenti utilizzate, N_i è il numero di tempi di arrivo letti per l' i -esima sorgente. Dal modello così calcolato ci si aspetta che abbia un misfit ε_1 minore del misfit iniziale ε_0 (o più in generale del precedente). Se questo è il caso (non si andrebbe mai a convergenza altrimenti), allora il nuovo modello (es. il primo calcolato) viene condizionalmente accettato con una probabilità (di tipo Bayesiano) di:

$$p(\bar{t}|\bar{v}) = N \cdot \exp \left[\frac{(\varepsilon_{min} - \varepsilon_n)^q \cdot \Delta \varepsilon}{T} \right] \quad (3.2.5)$$

con $\Delta \varepsilon = \varepsilon_{n-1} - \varepsilon_n$, T un parametro chiamato *temperatura*, q un coefficiente empirico e ε_{min} il valore del misfit al minimo locale (idealmente nullo). Tale condizione permette ai modelli con errori minimi quadrati più alti di poter evitare i minimi locali ed andare alla ricerca del minimo globale. Le scelte dei parametri T e q sono affidate alla architettura del software utilizzato e sono messe a punto

proprio per dare un compromesso tra obiettivo (scartare i minimi locali e raggiungere la convergenza finale al minimo globale) e tempo di calcolo. Il processo viene iterato fino a quando il modello calcolato non verrà accettato con una probabilità tendente a uno. Infine, l'ulteriore vantaggio dell'approccio Bayesiano è quello di poter utilizzare informazioni *a priori* (t_0) riguardanti lo spazio dei parametri, potendo così calcolare la funzione di probabilità *condizionata* per il modello v , permettendo dunque di avere un ulteriore strumento al fine di render più robusta l'inversione:

$$p(\bar{v}|\bar{t}_0) = N' \cdot p(\bar{t}_0|\bar{v}) \cdot \delta(\bar{v}) \quad (3.2.6)$$

La funzione $\delta(v)$ rappresenta lo stato di conoscenze dello spazio dei modelli prima di utilizzare le informazioni fornite dai dati osservati t_0 ed è definita a sua volta come:

$$\delta(\bar{v}) = \begin{cases} 1 & v \in [v_p - \Delta v; v_p + \Delta v] \\ 0 & \text{altrove} \end{cases} \quad (3.2.7)$$

Il vettore v_p rappresenta le velocità calcolate interpolando quelle ottenute per il modello di velocità finale stimato nell'iterazione precedente e la variazione Δv rappresenta un intervallo di velocità arbitrariamente assegnato.

Il risultato finale sarà dunque un grid bidimensionale in cui vengono presentate le isolinee di velocità del modello che è andato in convergenza, sul quale viene successivamente eseguita una interpretazione dei litotipi.

3.0 ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI

4.1 Strumentazione utilizzata

L'acquisizione è avvenuta tramite l'utilizzo di un sismografo a 24 bit DAQlink III prodotto da Seismic Source Co. (USA) utilizzando 12 – 24 canali in registrazione. Lo strumento viene collegato a geofoni verticali aventi frequenza propria di 10 Hz, posizionati sul terreno a distanza di 10 metri. Il tempo di registrazione dello strumento è stato fissato in 0.8 secondi.

Caratteristiche tecniche:

1 to 24 channels per unit

Weatherproof enclosure

Multiple units can be used together for large channel count

A/D conversion:

24 bit high-speed sigma delta converters

Dynamic Range:

144dB (system)

Greater than 118 dB (measured at 2msec)

Bandwidth:

DC to 15 KHz

Analog filter flat response to 8000Hz

Digital filter bandwidth=85% of Nyquist frequency

Common Mode Rejection:

Greater than 100 dB

Crosstalk:

Better than 125 dB

Noise Floor:

0.2 microvolt RMS noise (2msec sample rate)

Trigger accuracy:

+/- 1microsecond at all sample rates

Maximum Input Signal:

Standard (x 2 gain) 3.58 Volts peak to peak

(optional: (x 1 gain) 7.16 Volts peak to peak

Input Impedance:

100 K Ohms

Preamplifier Gains:

X2 (6dB) and x32 (30 dB) standard; software selectable



(x1 (0 dB) and x16 (24 dB) available on special request)

Anti-alias Filters:

85% of Nyquist frequency

Digital Filters:

Low Cut – User Selectable frequency

Notch – 50 or 60 Hz standard; User Selectable

High Cut - User Selectable

Sample Interval:

0.0208, 0.0625, 0.125, 0.250, 0.500, 1.00, 2.00, 4.00, 8.00, 16.00 millisecond

Sample Frequency:

48000, 16000, 8000, 4000, 2000, 1000, 500, 250, 125, 62.5 sample/second

4.2 Interpretazione dei dati

La procedura elaborativa è sinteticamente descrivibile nei passi seguenti:

- Trasferimento dei sismogrammi al programma di prelevamento dei tempi di primo arrivo
- Immissione di un file riportante l'ubicazione e la quota di ciascun punto di sparo e di ciascun geofono, dei tempi di primo arrivo, leggibili dal programma di iterazione tomografica e di ray-tracing (tracciamento dei percorsi dei raggi sismici).
- Emissione del modello bidimensionale ricavato dalla procedura tomografica che suddivide il terreno in celle di dimensioni minime. L'interpretazione rispetto ai sistemi standard quali GRM (Generalized Reciprocal Method – Palmer et al. 1980) consente di ottenere un'elaborazione di maggiore dettaglio. Il terreno viene quindi suddiviso in celle di dimensione minima, ciascuna dotata di una diversa velocità sismica e ciascuna pronta a venir modificata dalla procedura di iterazione tomografica allo scopo di ridurre al minimo l'errore fra le dromocrone calcolate in base al modello di terreno e quelle effettivamente misurate durante la prospezione.
- Per prima cosa viene controllata la correttezza delle ubicazioni dei sensori e degli spari e quindi vengono visionati i percorsi dei raggi sismici e valutato il primo "fitting" con i dati misurati, allo scopo di iniziare la procedura tomografica senza la presenza di errori sistematici previamente correggibili.
- Lo scopo della procedura iterativa tomografica è quello di ridurre l'errore fra i tempi delle dromocrone calcolate in base al modello rispetto a quelle effettivamente misurate. Questo avviene per approssimazioni successive

(iterazioni) controllate dall'operatore al quale è possibile intervenire nella scelta di molti coefficienti che influenzano il calcolo come anche nella scelta della procedura stessa che viene utilizzata per realizzare la minimizzazione degli errori.

- Il risultato finale è una matrice rappresentativa del terreno indagato costituita da celle ciascuna caratterizzata da una velocità sismica e tale complessivamente da presentare un errore minimo se utilizzata nella procedura di tracciamento dei raggi sismici.

- Questa matrice viene visualizzata tramite un opportuno programma di contouring utilizzando, se ritenuto necessario, diversi colori per diverse velocità

4.0 CORRELAZIONE TRA LE VELOCITÀ DELLE ONDE SISMICHE E I PARAMETRI ELASTICI E GEOMECCANICI

La liberazione istantanea di energia nel terreno genera un sistema di onde sismiche la cui propagazione è regolata dalle classiche leggi della fisica. Tale fenomenologia è trattata e descritta nel capitolo sismico delle scienze geofisiche.

Le deformazioni e le tensioni generate da una sollecitazione artificiale impulsiva sono abbastanza complesse ma nell'ambito di cui si tratta in queste note è sufficiente fare riferimento ai due tipi principali di onde sismiche, (dette anche onde di volume - body waves): le onde sismiche di compressione (longitudinali, onde prime) e le onde sismiche di taglio (trasversali, onde seconde).

Le onde di volume si propagano nel terreno in ogni direzione ed intercettando il piano topografico danno origine sullo stesso ad onde di natura diversa (Rayleigh e Love) che si propagano esclusivamente in superficie.

Nel loro complesso, le onde sismiche creano sollecitazioni e conseguenti deformazioni nel mezzo attraversato che generalmente ricadono nel campo elastico del diagramma sforzi/deformazioni. Pertanto in questo ambito sono applicabili le relazioni classiche della teoria dell'elasticità.

Le onde sismiche longitudinali sono deformazioni che si propagano in linea retta con un'alternanza continua di compressioni e dilatazioni della materia lungo il percorso di propagazione.

Ogni particella di materia oscilla attorno al suo punto di quiete lungo un asse coincidente con il raggio di propagazione dell'onda sismica.

Le onde sismiche di taglio sono invece deformazioni che si propagano nella stessa direzione delle precedenti ma con movimento oscillatorio delle particelle ortogonale alla traiettoria dei raggi sismici.

Per la descrizione dettagliata di questi fenomeni è sufficiente far riferimento ai testi generali di geofisica.

La velocità di propagazione delle onde sismiche dipende dalle costanti elastiche e dalla densità del mezzo attraversato, e pertanto risulta variabile in funzione delle caratteristiche geomeccaniche e fisiche del terreno o delle rocce.

In uno stesso tipo di materiale le velocità di propagazione dei vari tipi di onde differiscono tra loro: le più veloci sono le onde di compressione, a cui seguono le onde di taglio e successivamente le diverse onde superficiali.

Poichè le tensioni e le deformazioni che si generano nel campo sismico sono di modestissima entità anche il terreno e le rocce sollecitate in questo ambito possono essere considerati in prima approssimazione come materiali omogenei, isotropi ed elastici. E' applicabile quindi la legge di Hooke (proporzionalità tra lo sforzo applicato d e la deformazione prodotta e):

$$d = e \times E$$

La costante E , definita come rapporto tra sollecitazione e conseguente deformazione longitudinale, rappresenta il modulo elastico (o di Young) del materiale. È importante sottolineare che in campo dinamico si parla di modulo elastico dinamico (e non statico), ricavandosi tale modulo da prove dinamiche (o sismiche). Il rapporto tra la sollecitazione ortogonale (trasversale o di taglio) e la deformazione definisce il modulo di elasticità tangenziale (o di taglio) G .

Il rapporto tra la tensione idrostatica e la deformazione cubica (o di volume) definisce il modulo di compressione cubica (o di bulk) k .

Infine il coefficiente (o rapporto) di Poisson ν è definito come il rapporto tra la deformazione trasversale e quella longitudinale.

Tale coefficiente varia da 0 a 0.5 con valore medio di 0.25 per molte rocce: i valori tendono a 0.05 per materiali estremamente duri ed a 0.45 per i materiali incoerenti.

Per i fluidi il coefficiente assume il valore limite di 0.5.

In senso più generale possono ancora essere definite le costanti di Lamè I e m come caratteristiche elastiche indipendenti dalle direzioni lungo cui vengono registrate le deformazioni. Queste due costanti sono definite dalle relazioni:

$$I = \frac{\nu \times E}{[(1+\nu)(1-2\nu)]} \quad (1)$$

$$m = \frac{E}{2(1+\nu)} \quad (2)$$

Analogamente il modulo E e il coefficiente ν possono essere espressi in funzione delle costanti di Lamè I e m :

$$E = \frac{m(3I+2m)}{(I+m)} \quad (3)$$

$$\nu = \frac{I}{2(I+m)} \quad (4)$$

La seconda costante di Lamè m ha lo stesso significato fisico del modulo di elasticità tangenziale G prima definito.

Dimensionalmente il modulo elastico e le due costanti di Lamè esprimono il rapporto tra una forza ed una superficie mentre il coefficiente di Poisson è adimensionale.

Un'ultima costante entra a far parte delle relazioni tra caratteristiche elastiche e velocità: si tratta della densità r espressa come rapporto tra massa e volume. Le velocità longitudinale V_p e trasversale V_s si correlano alle costanti elastiche con le relazioni:

$$V_p = \left[\frac{I + 2m}{r} \right]^{1/2} \quad (5)$$

$$V_s = \left[\frac{m}{r} \right]^{1/2} \quad (6)$$

Pertanto, avendo determinato i valori di V_p e V_s con rilievi sismici ed il valore della densità con prove di laboratorio, è possibile calcolare i valori delle costanti elastiche che caratterizzano i terreni esaminati con le espressioni:

$$\nu = 0.5 \times \frac{v_p/v_s^2 - 2}{v_p/v_s^2 - 1} \quad (7)$$

$$E = r \times v_p^2 \times \frac{[(1+\nu)(1-2\nu)]}{(1-\nu)} = 2r \times v_s^2 (1+\nu) \quad (8)$$

L'analisi delle varie relazioni illustrate permette una serie di considerazioni assai interessanti che si traducono in altrettanti comportamenti fisici riscontrabili nell'applicazione pratica.

Il confronto fra le espressioni (5) e (6) delle velocità conferma come per uno stesso materiale la velocità longitudinale abbia sempre un valore superiore a quello trasversale.

Per i fluidi il coefficiente di Poisson vale 0.5 e la seconda costante di Lamè $m = 0$: ne risulta che nei fluidi non possono essere trasmessi sforzi di taglio e quindi la velocità longitudinale ha sempre un valore superiore a quello della velocità trasversale.

Il rapporto tra le velocità di propagazione V_s/V_p è solo funzione del coefficiente di Poisson: al variare del coefficiente da 0 a 0.5, il rapporto varia da 0.7 a 0. Per il valore medio delle rocce ($\nu = 0.25$) il rapporto vale $V_s/V_p = 0.58$.

Merita essere ricordato infine che i parametri ricavati per via dinamica hanno in genere valori superiori a quelli ricavati da prove statiche in laboratorio proprio per il diverso campo di sollecitazione applicata e la diversa deformazione raggiunta.

I valori di velocità di propagazione delle onde longitudinali variano da poche centinaia di metri al secondo sino ad alcune migliaia (7-8) di metri al secondo.

Velocità inferiori alla velocità del suono nell'aria (344 m/s) sono misurabili in terreni soffici superficiali anidri con elevato contenuto di materiali organici.

Gli stessi materiali, saturi d'acqua, incrementano i loro valori sino a 500-800 m/s.

I terreni incoerenti alluvionali presentano valori variabili tra 600 e 1800 m/s con prevalenza di velocità superiori a 1400 m/s per quelli saturi d'acqua.

Si ricorda che il valore della velocità nell'acqua varia tra 1480 e 1520 m/s al variare della temperatura e della salinità.

La velocità nelle rocce sedimentarie spazia tra valori di 2000 e 5000 m/s incrementandosi sia con la profondità dei sedimenti che con la loro età geologica.

Le rocce metamorfiche si attestano tra i valori di 3000 e 5000 m/s mentre le rocce ignee intrusive ed effusive salgono sino ai massimi valori di 8000 m/s.

Per l'anisotropia delle rocce tutti questi valori cambiano in funzione della direzione di propagazione rispetto alla stratificazione con differenze variabili dal 5 al 25%.

Analogamente questi valori, che si riferiscono a rocce sane, compatte ed omogenee, tendono a decrescere in funzione dell'alterazione dei loro componenti mineralogici, del grado di fratturazione e delle discontinuità stratigrafiche.

Da tutte queste premesse scaturisce che per via sismica è possibile definire le caratteristiche di un ammasso roccioso, o comunque di un grande volume di roccia, ottenendo valori significativi dell'insieme piuttosto che del puntuale.

Molti studiosi e sperimentatori hanno proposto correlazioni di vario genere tra i valori di velocità e le varie caratteristiche geomeccaniche e la bibliografia è ricca di spunti e riferimenti.

Parametri

- 1) coefficiente di Poisson medio:

$$\nu_{\text{medio}} = 0.5 \frac{\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 2}{\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 1}$$

- 2) modulo di deformazione a taglio medio:

$$G_{\text{medio}} = \rho V_s^2$$

- 3) modulo di compressibilità edometrica medio:

$$E_{\text{dmedio}} = \rho V_p^2$$

- 4) modulo di Young medio:

$$E_{\text{medio}} = 2\rho V_s^2 (1 + \nu)$$

- 5) modulo di compressibilità volumetrica medio:

$$E_{\text{vmedio}} = \rho \left(V_p^2 - \frac{4}{3} V_s^2 \right)$$

- 6) densità relativa:

$$r = 0.51 * V_p^{0.19}$$

Valori tipici delle caratteristiche delle rocce più comuni

Roccia	V_p Velocità longitudinale (m/s)	V_s Velocità trasversale (m/s)	Densità ρ (Kg/m ³)	E Modulo elastico (MPa)	ν Coefficiente di Poisson
Granito	4000-6000	2500-3000	26-28	50000-70000	0.25
Diorite	5500-6500	3000-3500	28-30	70000-100000	0.25
Basalto	6300-7000	3200-3700	28-30	60000-100000	0.25
Gneiss	4000-6000	2200-2800	25-27	40000-70000	0.25
Scisti	3500-5500	2000-4000	24-28	30000-60000	0.25
Dolomia	3500-5500	2000-2500	25-28	50000-80000	0.25
Calcere	2500-4000	1500-2000	25-28	40000-80000	0.25
Arenarie	1500-3000	800-2000	22-25	10000-30000	0.28
Marne	1500-3500	500-1500	18-22	10000-30000	0.30
Gessi	1500-3000	500-1500	20-25	10000-30000	0.30
Argille	800-2000	500-1500	15-20	10000-20000	0.30
Alluvioni	300-800	100-300	15-20	10000-30000	0.32

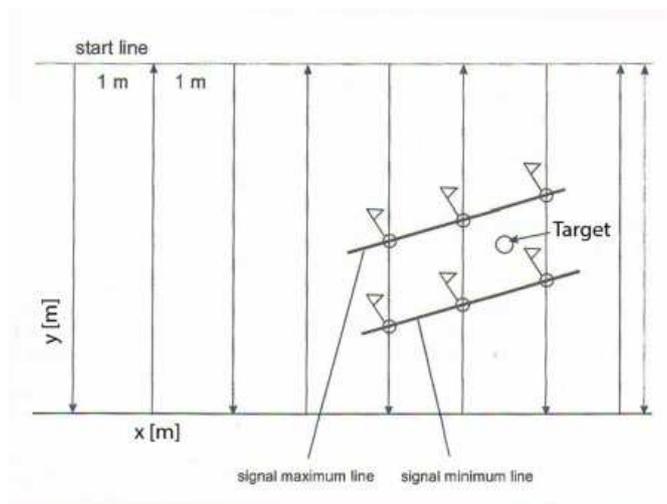
5.0 METODOLOGIA DI INDAGINE GRADIOMETRICA

Il *Gradiometro* (Ferex 4.032 DLG della Foerster) è essenzialmente un misuratore della variazione del campo magnetico nell'intorno di qualche metro rispetto ad una o più sonde montate su uno strumento manovrabile da un operatore. L'apparecchio è dotato di interfaccia utente da cui si possono settare i parametri per l'indagine specifica, che funge anche da unità di controllo e da Datalogger.



Gradiometro Foerster Ferex 4.032 DLG

La metodologia di campagna consiste sostanzialmente nel tracciare dei rettangoli sul terreno in corrispondenza delle zone da scansionare per mezzo dello strumento, camminando lungo linee parallele fino al ricoprimento dell'intera area. Il data-logger registra un dato ogni 0,2m percorsi dall'operatore. Una volta impostata la sensibilità più opportuna, mantenendo la sonda a una distanza fissata rispetto al terreno e avanzando con velocità costante, si procede raccogliendo le misure i cui valori possono poi essere riprodotti in mappe di intensità (campo magnetico); le posizioni dei picchi (positivi e negativi) su tali mappe rappresentano tutte le anomalie riscontrate, che devono essere successivamente interpretate per discriminare la possibile presenza di oggetti 'obiettivo' dal semplice passaggio sopra oggetti metallici quali possono essere per esempio dei tombini e tutti gli oggetti considerabili non rilevanti ai fini della ricerca.



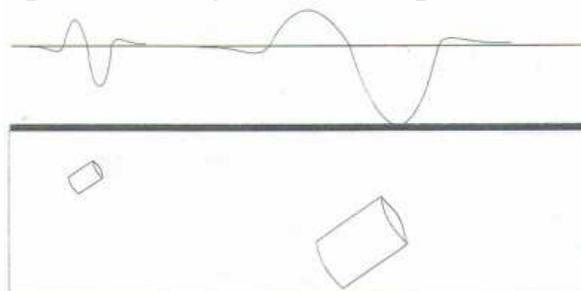
Acquisizione dei dati gradiometrici

In generale i casi di anomalia nel segnale che si possono verificare al passaggio sopra un oggetto metallico interrato isolato sono i seguenti:

- un segnale che raggiunge rapidamente un punto limite (massimo o minimo) a partire da un valore relativamente basso è indice della possibile presenza di un oggetto metallico piccolo
- un segnale che cresce o decresce lentamente rispetto ad un punto limite può indicare la presenza di un oggetto relativamente grande. L'innalzamento e l'abbassamento possono protrarsi per diversi metri.

Si possono verificare varie possibilità a seconda dell'inclinazione dell'oggetto interrato:

- un segnale significativo solo positivo o solo negativo indica un oggetto giacente in posizione verticale;
- un segnale significativo sia positivo che negativo indica un oggetto giacente in posizione orizzontale;
- un segnale significativo forte in positivo e debole in negativo o viceversa indica un oggetto giacente in posizione angolata.



Il Ferex nella configurazione con sonda da 650cm (utilizzato per le misure) ha un campo d'azione indicativo dato dalla seguente tabella:

Diametro sfera equivalente	Campo d'azione con sonda 650cm
1.7dm ³	1.98m
10dm ³	3.23m
32dm ³	4.43m
82dm ³	5.70m
153dm ³	6.68m
279dm ³	7.81m
471dm ³	8.94m

Campo d'azione strumentale in funzione della dimensione dell'oggetto interrato

Si intende qui che l'oggetto sia costituito prevalentemente di materiale ferroso. Inoltre il momento magnetico e dunque l'intensità del segnale registrato dallo strumento dipende dal tempo di giacenza dell'oggetto nel terreno e può aumentare nel corso del tempo fino a circa 3 volte.

6.0 RISULTATI

6.1 Sezioni geosismiche

L'allegato 1 riporta in scala 1 : 2.000 l'ubicazione delle sezioni geosismiche acquisite e la posizione del primo geofono delle onde compressive P e delle onde di taglio S. Le tavole da 2/a e 2/b riportano le linee geosismiche in onde compressive e di taglio interpretate.

Le basi sono state acquisite in tratte da 110 metri con 5-7 punti di energizzazione. In fase di elaborazione sono state montate in un allineamento unico per cui P1-P2-P3-P4-P10 divengono la sezione B1 di allegato 2/a mentre la P5-P6-P7-P8-P9 costituiscono la sezione B2 di allegato 2/b. Le energizzazioni molteplici consentono di processare i dati seguendo una modalità di interpretazione tomografica. Come risulta evidente dalle tavole, la risoluzione ottenuta permette di apprezzare variazioni di velocità più dettagliate sia nella copertura che nei depositi sottostanti.

L'andamento del sottosuolo è meglio identificato dalle sezioni sismiche che ricostruiscono gli andamenti in onde compressive P. Le velocità sono visualizzate attraverso una scala cromatica di colori che parte dal blue incrementa verso il giallo-oro. Le variazioni di velocità sono associabili al diverso grado di addensamento dei depositi.

Vengono suddivise tre unità geosismiche differenti che costituiscono il modello geofisico proposto partendo dal piano campagna e scendendo fino alla massima profondità stimata e possono essere così descritte:

- **prima unità geosismica superficiale:** si trova tra la linea nera (topografia) e la linea tratteggiata di colore blu che rispecchia l'andamento di velocità pari a 800 m/sec. Questa unità è attribuibile alla presenza di materiali di copertura caratterizzati inizialmente da depositi non consolidati.
- **seconda unità geosismica:** è compresa tra la linea blu e quella rossa ed è caratterizzata da velocità sismiche che raggiungono 800 - 1200 m/s. Questa unità è attribuibile a depositi mediamente consolidati.
- **terza unità geosismica:** posta al di sotto della linea tratteggiata rossa è caratterizzata da velocità sismiche superiori ai 1200 m/s con ulteriori incrementi all'aumentare della profondità dovuti ad un generale miglioramento delle caratteristiche geomeccaniche e litologiche. Questa unità è attribuibile a depositi consolidati

Dalle scale metriche verticali poste a lato delle sezioni sismiche, è possibile stimare direttamente i valori di profondità attribuiti alle varie unità geosismiche sopra descritte.

La stima delle profondità delle varie unità, così come la definizione del loro andamento geometrico, scaturisce dall'analisi di dati indiretti acquisiti, interpretati ed elaborati.

L'analisi delle onde compressive e di taglio rifratte ha consentito di determinare il profilo verticale della V_p e V_s e, di conseguenza, del parametro V_{s30} e dei parametri geomeccanici indicativi (considerando come riferimento il piano campagna).

Rispetto alle norme tecniche per le costruzioni (DM 14 gennaio 2008, ex DM 14 settembre 2005) il sito in esame rientra quindi nella **categoria B** "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del V_{S30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $cu_{30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina)."



Alcune delle sezioni sismiche realizzate

Tabella Categorie di sottosuolo NTC/2008

Categoria	Profilo stratigrafico	Parametri		
		Vs30 (m/s)	Nspt	Cu(KPa)
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 3 m	> 800	-	-
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	360÷800	>50	>250
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o di terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	180÷360	15÷50	70÷250
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	<180	<15	<70
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con Vs > 800m/s			

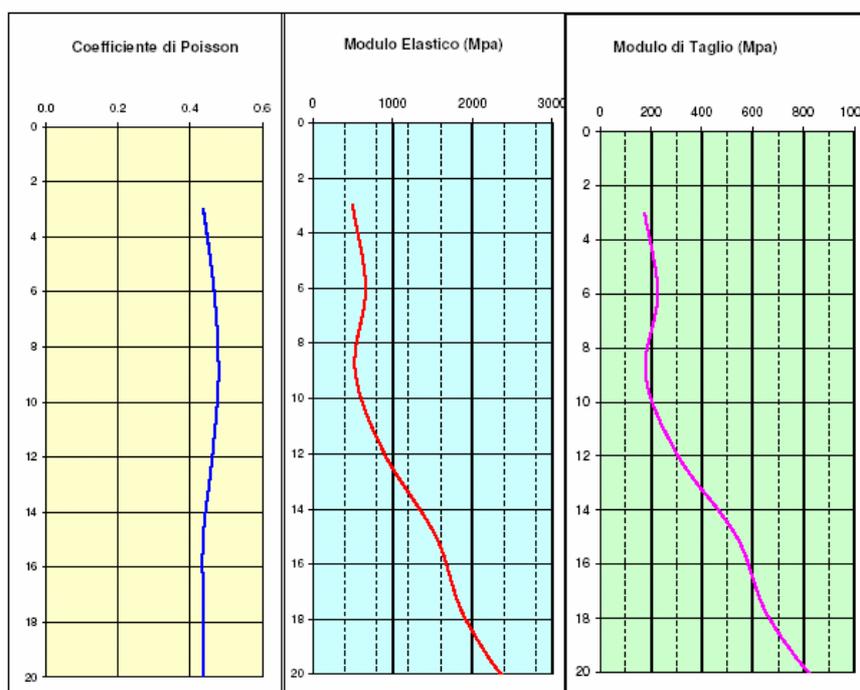
Sezione B1 (lunghezza 585 m)

Progressiva 81 metri

Profondità m	DVp m/s	DVs m/s	DVp/DVs	DVs/DVp	ν	E MPa	G MPa	ρ Ton/mc
3	953	321	3.0	0.34	0.44	503	175	1.7
6	1466	365	4.0	0.25	0.47	664	226	1.7
9	1616	325	5.0	0.20	0.48	531	180	1.7
12	1585	425	3.7	0.27	0.46	897	307	1.7
15	1665	563	3.0	0.34	0.44	1547	539	1.7
18	1864	626	3.0	0.34	0.44	1914	666	1.7
21	2200	738	3.0	0.34	0.44	2660	926	1.7
24	2456	901	2.7	0.37	0.42	3926	1380	1.7
27	2569	1110	2.3	0.43	0.39	5803	2095	1.7
30	2356	1327	1.8	0.56	0.27	7590	2994	1.7

Valore Vs30: Prog. 81 metriVs30 = 532 m/s **Categoria B**

Grafici parametri elastiche dinamici calcolati



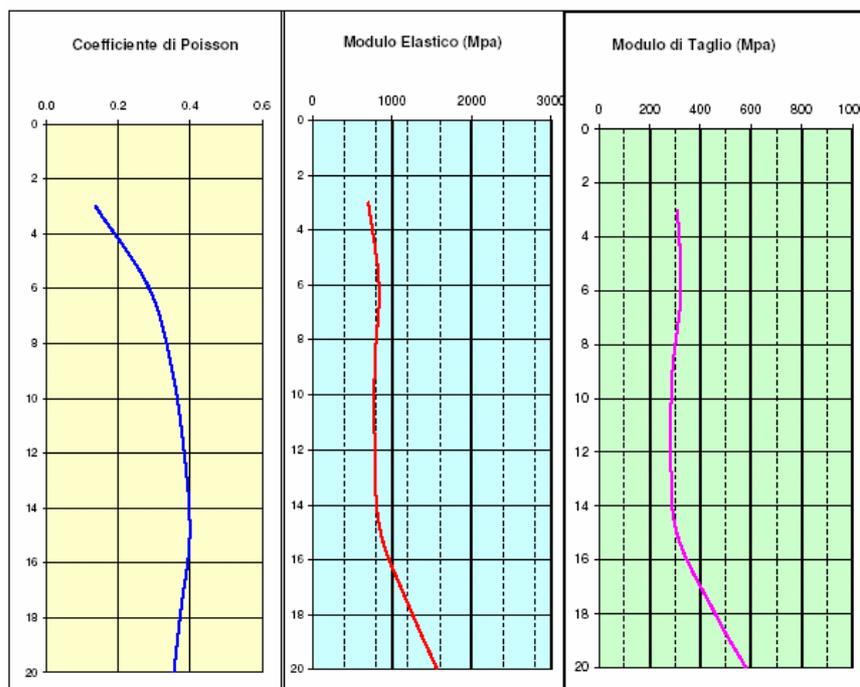
Profondità: profondità della misura
DVp: velocità delle onde compressive (m/s)
DVs: velocità delle onde trasversali (m/s)
 ν : coefficiente di Poisson
E: Modulo di elasticità dinamica (Mpa)
G: modulo di taglio in Mpa
 ρ : densità relativa in ton/mc

Progressiva 240 metri

Profondità m	DVp m/s	DVs m/s	DVp/DVs	DVs/DVp	ν	E MPa	G MPa	r Ton/mc
3	658	427	1.5	0.65	0.14	704	310	1.7
6	799	437	1.8	0.55	0.29	835	325	1.7
9	859	413	2.1	0.48	0.35	783	290	1.7
12	939	409	2.3	0.44	0.38	787	284	1.7
15	1036	425	2.4	0.41	0.40	859	307	1.7
18	1149	520	2.2	0.45	0.37	1261	460	1.7
21	1266	614	2.1	0.48	0.35	1726	641	1.7
24	1369	688	2.0	0.50	0.33	2142	805	1.7
27	1441	741	1.9	0.51	0.32	2465	933	1.7
30	1501	758	2.0	0.50	0.33	2596	977	1.7

Valore Vs30: Prog. 240 metri Vs30 = 512 m/s **Categoria B**

Grafici parametri elastiche dinamici calcolati



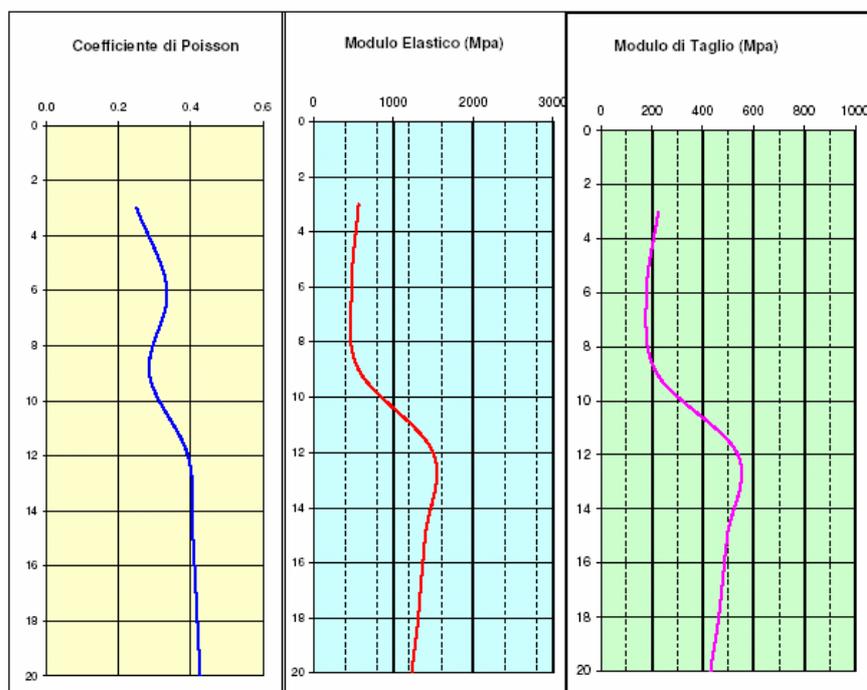
Profondità: profondità della misura
DVp: velocità delle onde compressive (m/s)
DVs: velocità delle onde trasversali (m/s)
 ν : coefficiente di Poisson
E: Modulo di elasticità dinamica (Mpa)
G: modulo di taglio in Mpa
r: densità relativa in ton/mc

Progressiva 465 metri

Profondità m	DVp m/s	DVs m/s	DVp/DVs	DVs/DVp	ν	E MPa	G MPa	r Ton/mc
3	632	365	1.7	0.58	0.25	566	226	1.7
6	652	325	2.0	0.50	0.33	479	180	1.7
9	658	361	1.8	0.55	0.28	569	222	1.7
12	1337	563	2.4	0.42	0.39	1500	539	1.7
15	1362	541	2.5	0.40	0.41	1399	498	1.7
18	1389	522	2.7	0.38	0.42	1313	463	1.7
21	1422	500	2.8	0.35	0.43	1215	425	1.7
24	1461	525	2.8	0.36	0.43	1336	469	1.7
27	1491	589	2.5	0.40	0.41	1660	590	1.7
30	1520	610	2.5	0.40	0.40	1776	633	1.7

Valore Vs30: Prog. 465 metri Vs30 = 467 m/s **Categoria B**

Grafici parametri elastiche dinamici calcolati

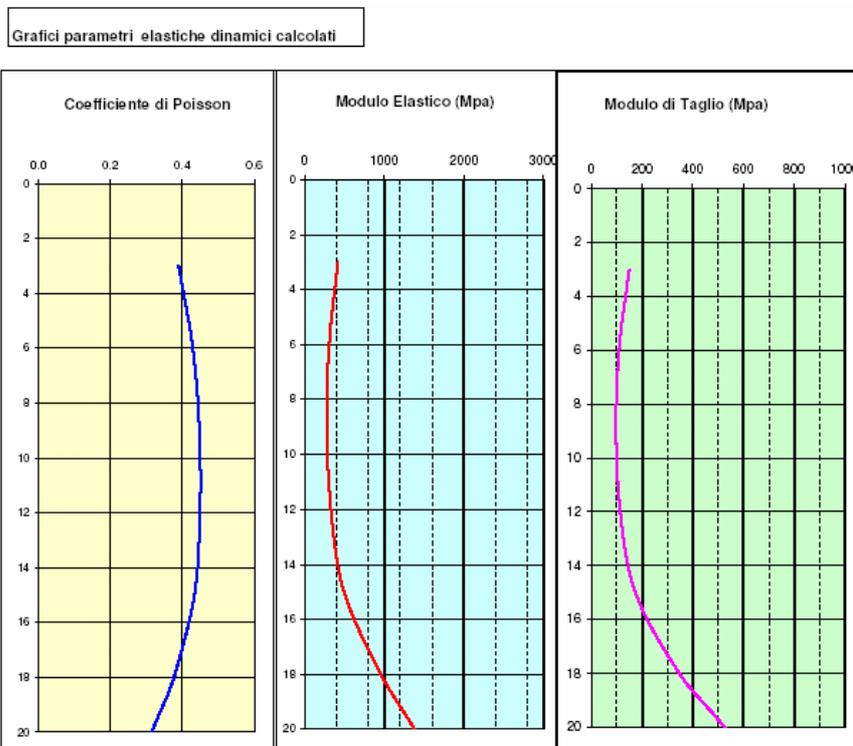


Profondità: profondità della misura
DVp: velocità delle onde compressive (m/s)
DVs: velocità delle onde trasversali (m/s)
 ν : coefficiente di Poisson
E: Modulo di elasticità dinamica (Mpa)
G: modulo di taglio in Mpa
r: densità relativa in ton/mc

Progressiva 555 metri

Profondità m	DVp m/s	DVs m/s	DVp/DVs	DVs/DVp	ν	E MPa	G MPa	r Ton/mc
3	698	297	2.4	0.43	0.39	417	150	1.7
6	719	253	2.8	0.35	0.43	311	109	1.7
9	778	239	3.3	0.31	0.45	281	97	1.7
12	852	259	3.3	0.30	0.45	331	114	1.7
15	934	320	2.9	0.34	0.43	499	174	1.7
18	1017	452	2.3	0.44	0.38	956	347	1.7
21	1092	589	1.9	0.54	0.29	1527	590	1.7
24	1147	574	2.0	0.50	0.33	1493	560	1.7
27	1172	569	2.1	0.49	0.35	1481	550	1.7
30	1187	652	1.8	0.55	0.28	1856	723	1.7

Valore Vs30: Prog. 555 metri Vs30 = 364 m/s **Categoria B**



Profondità: profondità della misura
DVp: velocità delle onde compressive (m/s)
DVs: velocità delle onde trasversali (m/s)
 ν : coefficiente di Poisson
E: Modulo di elasticità dinamica (Mpa)
G: modulo di taglio in Mpa
r: densità relativa in ton/mc

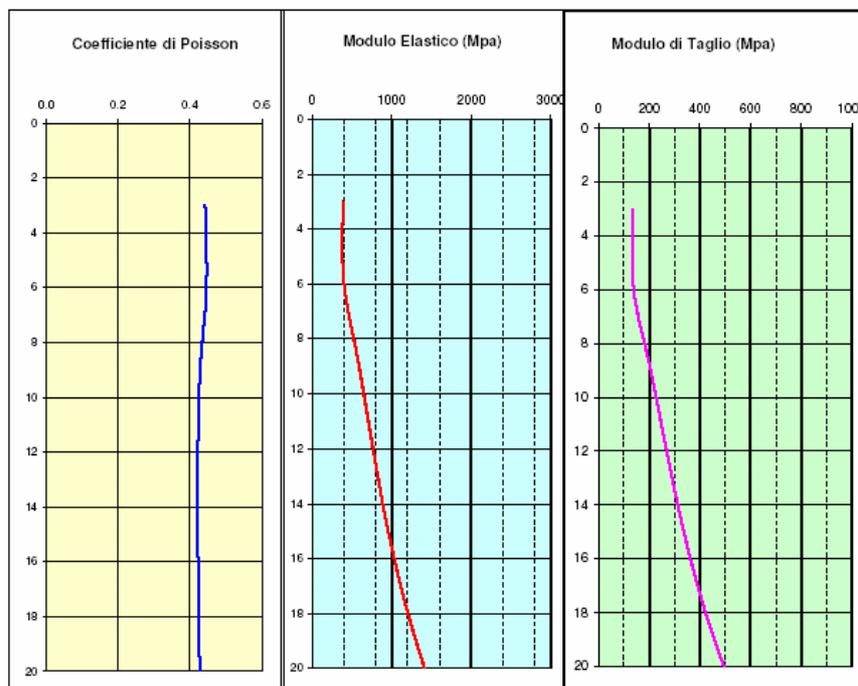
Sezione B2 (lunghezza 410 m)

Progressiva 100 metri

Profondità m	DVp m/s	DVs m/s	DVp/DVs	DVs/DVp	ν	E MPa	G MPa	ρ Ton/mc
3	870	281	3.1	0.32	0.44	387	134	1.7
6	910	286	3.2	0.31	0.45	402	139	1.7
9	983	349	2.8	0.36	0.43	591	207	1.7
12	1081	398	2.7	0.37	0.42	766	269	1.7
15	1207	445	2.7	0.37	0.42	957	337	1.7
18	1374	499	2.8	0.36	0.42	1206	423	1.7
21	1603	561	2.9	0.35	0.43	1530	535	1.7
24	1913	625	3.1	0.33	0.44	1913	664	1.7
27	2229	670	3.3	0.30	0.45	2214	763	1.7
30	2658	686	3.9	0.26	0.46	2343	800	1.7

Valore Vs30: Prog. 100 metriVs30 = 434 m/s **Categoria B**

Grafici parametri elastiche dinamiche calcolati



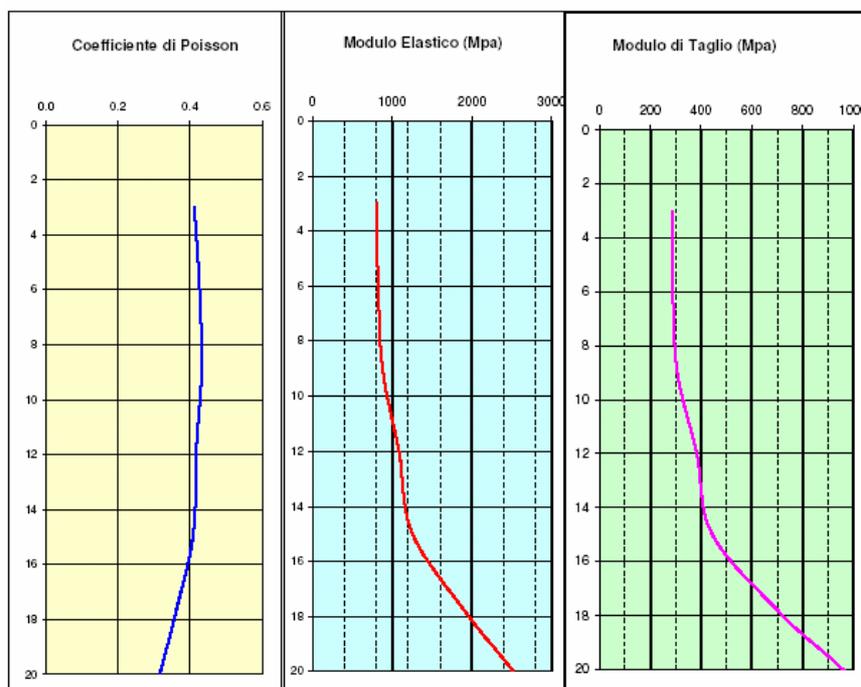
Profondità: profondità della misura
DVp: velocità delle onde compressive (m/s)
DVs: velocità delle onde trasversali (m/s)
 ν : coefficiente di Poisson
E: Modulo di elasticità dinamica (Mpa)
G: modulo di taglio in Mpa
 ρ : densità relativa in ton/mc

Progressiva 300 metri

Profondità m	DVp m/s	DVs m/s	DVp/DVs	DVs/DVp	ν	E MPa	G MPa	r Ton/mc
3	1060	410	2.6	0.39	0.41	807	286	1.7
6	1150	412	2.8	0.36	0.43	823	289	1.7
9	1230	425	2.9	0.35	0.43	880	307	1.7
12	1252	475	2.6	0.38	0.42	1086	384	1.7
15	1301	512	2.5	0.39	0.41	1255	446	1.7
18	1376	652	2.1	0.47	0.36	1959	723	1.7
21	1481	785	1.9	0.53	0.30	2733	1048	1.7
24	1614	795	2.0	0.49	0.34	2879	1074	1.7
27	1699	896	1.9	0.53	0.31	3569	1365	1.7
30	1732	956	1.8	0.55	0.28	3980	1554	1.7

Valore Vs30: Prog. 300 metriVs30 = 571 m/s **Categoria B**

Grafici parametri elastiche dinamiche calcolati



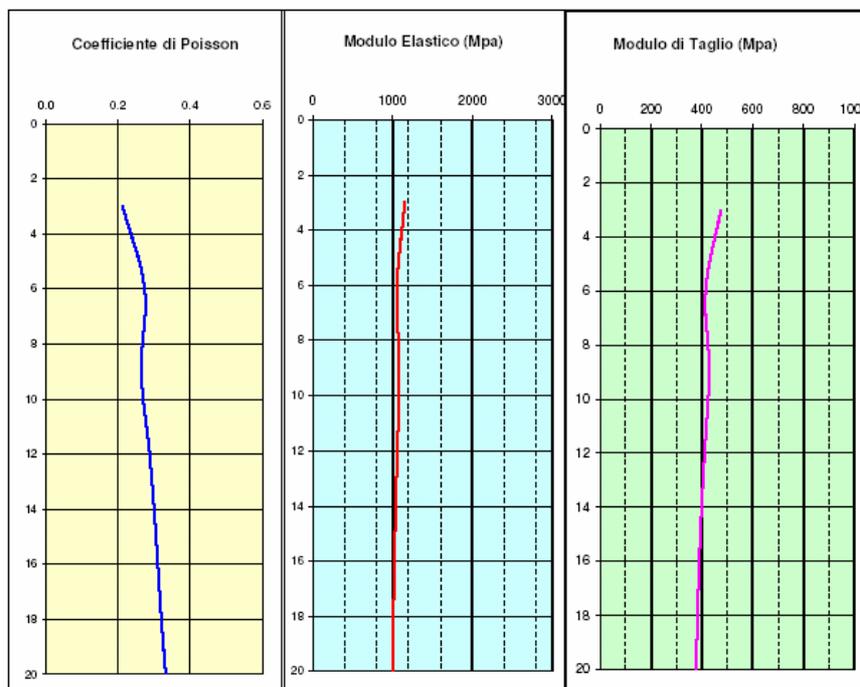
Profondità: profondità della misura
DVp: velocità delle onde compressive (m/s)
DVs: velocità delle onde trasversali (m/s)
 ν : coefficiente di Poisson
E: Modulo di elasticità dinamica (Mpa)
G: modulo di taglio in Mpa
r: densità relativa in ton/mc

Progressiva 400 metri

Profondità m	DVp m/s	DVs m/s	DVp/DVs	DVs/DVp	ν	E MPa	G MPa	r Ton/mc
3	875	529	1.7	0.60	0.21	1153	476	1.7
6	885	494	1.8	0.56	0.27	1057	415	1.7
9	888	503	1.8	0.57	0.26	1087	430	1.7
12	901	492	1.8	0.55	0.29	1060	412	1.7
15	910	482	1.9	0.53	0.31	1031	395	1.7
18	922	475	1.9	0.52	0.32	1012	384	1.7
21	953	471	2.0	0.49	0.34	1009	377	1.7
24	1006	479	2.1	0.48	0.35	1056	390	1.7
27	1077	485	2.2	0.45	0.37	1098	400	1.7
30	1136	460	2.5	0.40	0.40	1009	360	1.7

Valore Vs30: Prog. 400 metriVs30 = 486 m/s **Categoria B**

Grafici parametri elastiche dinamici calcolati



Profondità: profondità della misura
DVp: velocità delle onde compressive (m/s)
DVs: velocità delle onde trasversali (m/s)
 ν : coefficiente di Poisson
E: Modulo di elasticità dinamica (Mpa)
G: modulo di taglio in Mpa
r: densità relativa in ton/mc

6.2 Misure Gradiometriche

L'allegato 1 rappresenta e visualizza l'ubicazione delle aree indagate (sulla base della planimetria fornita dalla Committenza) e dalla foto aerea sovrapposta.

L'allegato 3 riporta le mappe in falsi colori ottenute dall'analisi gradiometrica con indicate le concentrazioni anomale.

L'allegato 4 evidenzia le zone in colore blu e rosso che delimitano i punti anomali d'interesse associabili a possibili oggetti metallici in superficie o interrati.

L'origine di ciascuna mappa (il punto 0,0) è indicata nell'allegato 1 con un pallino di colore rosso.

A partire da questi punti si è avanzato seguendo linee parallele (distanti 1 metro) fino a coprire la totalità delle aree indicate sul posto durante il sopralluogo effettuato nel mese di luglio 2017. Le porzioni non coperte dall'analisi risultano inaccessibili o con presenza di importanti spessori di materiale di riporto che rendono inutile la misurazione del rischio. Tale zone potranno essere valutate solamente dopo l'asportazione degli impedimenti, come segnalato alla committenza. Alla luce dei risultati ottenuti, al fine di ridurre ulteriormente i rischi specifici oggetto d'indagine, si suggerisce al Coordinatore della Sicurezza di procedere nelle aree in cui sono state rilevate anomalie superficiali attraverso:

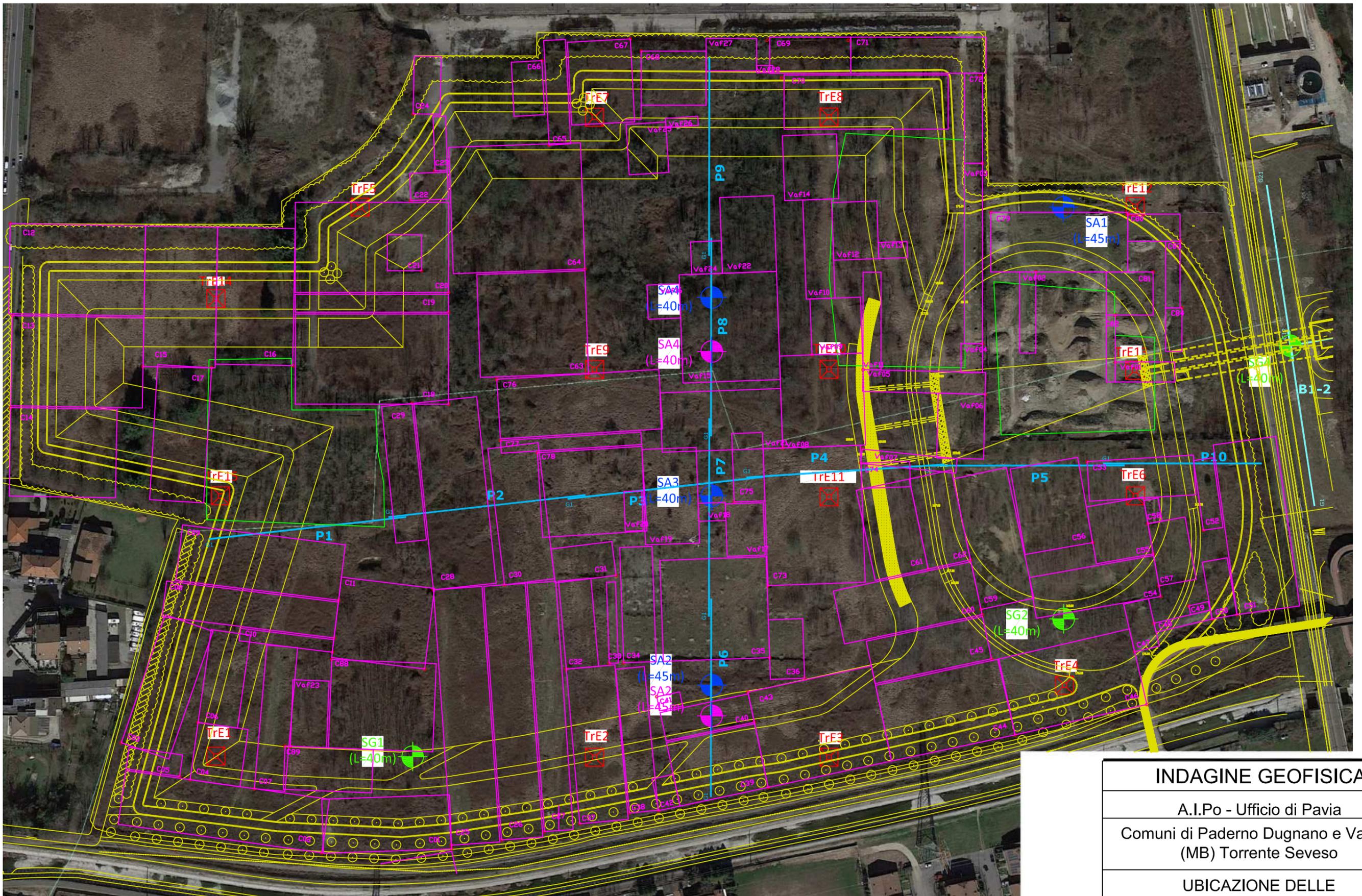
Ispezione visiva diretta per escludere a priori che le anomalie individuate siano attribuibili ad elementi metallici di varia natura distribuiti in maniera eterogenea sulla superficie del terreno (esempio rottami o profili metallici dispersi) non oggetto specifico d'interesse.

Alcune delle aree indagate presentavano, sparsi in superficie, blocchi in calcestruzzo, pezzi di armatura metallica, detriti, tombini che possono comunque generare false anomalie.

Verifica diretta tramite scavi in sicurezza eventualmente assistiti. Sempre con il fine di meglio attribuire l'esatta natura dell'oggetto che causa l'anomalia gradiometrica, se l'ispezione visiva non porta a nessun esito certo di attribuzione.

Bonifica bellica preventiva localizzata nelle aree d'interessate specifico.

Le metodologie geofisiche costituiscono un sistema rapido ed efficace per individuare in aree estese o di difficile accesso logistico le zone di interesse attraverso un'analisi non distruttiva, fermo restando l'importanza di procedere al confronto con verifiche dirette per meglio tarare le indicazioni ottenute e migliorare le conoscenze.



LEGENDA

Aree di misura effettiva e loro nome

P1
G1

Ubicazione delle linee sismiche, loro nome e posizione del primo geofono

Scala 1 : 2.000

INDAGINE GEOFISICA

A.I.Po - Ufficio di Pavia
Comuni di Paderno Dugnano e Varedo (MB) Torrente Seveso

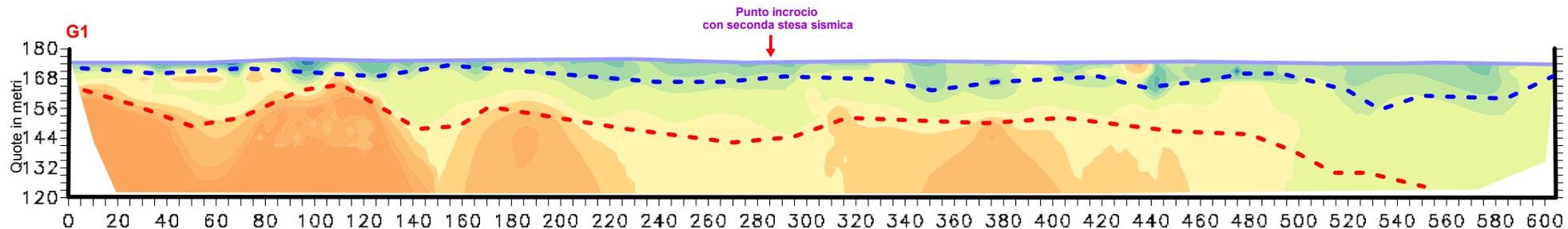
UBICAZIONE DELLE
AREE DI MISURA

Allegato 1

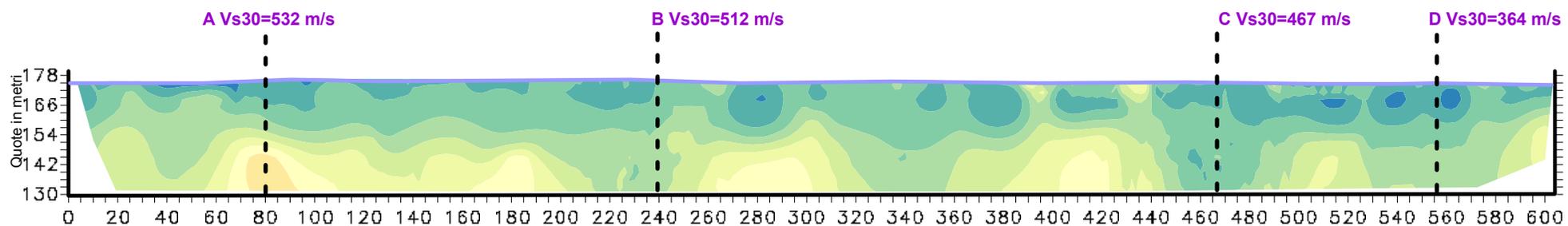
Novembre 2017



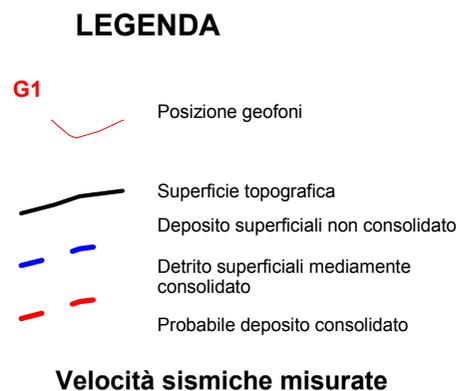
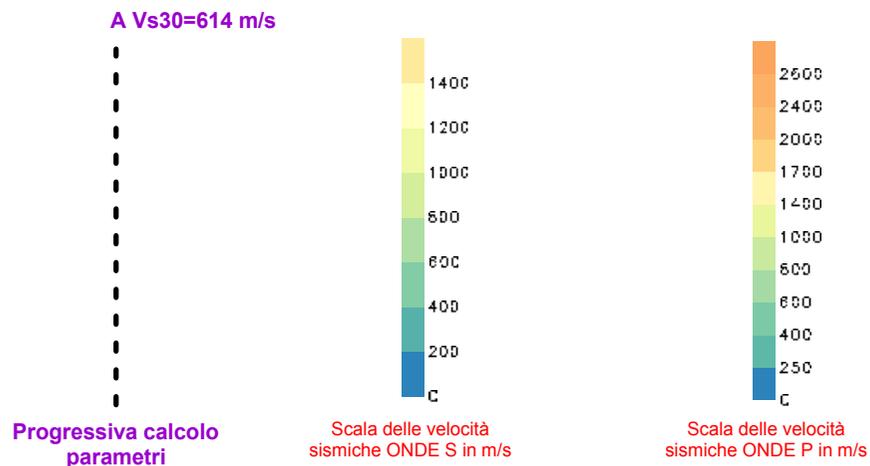
CIS GEOFISICA SERVIZI DI GEOFISICA APPLICATA



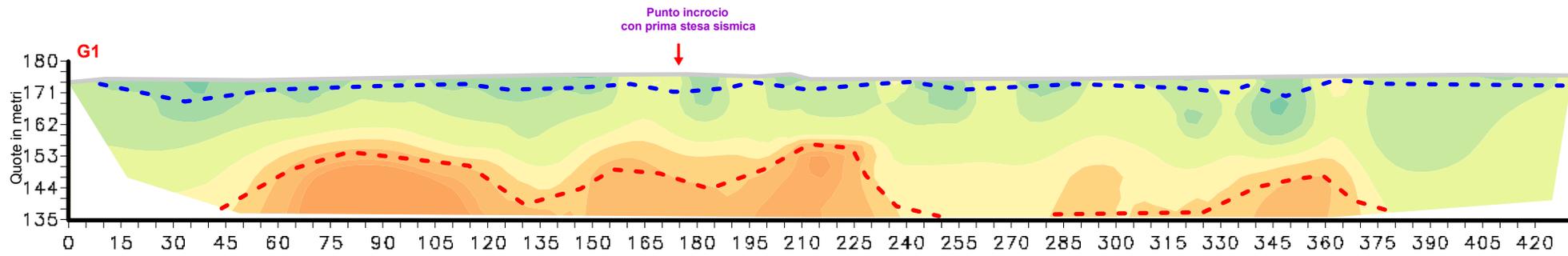
Elaborazione tomografica in onde P



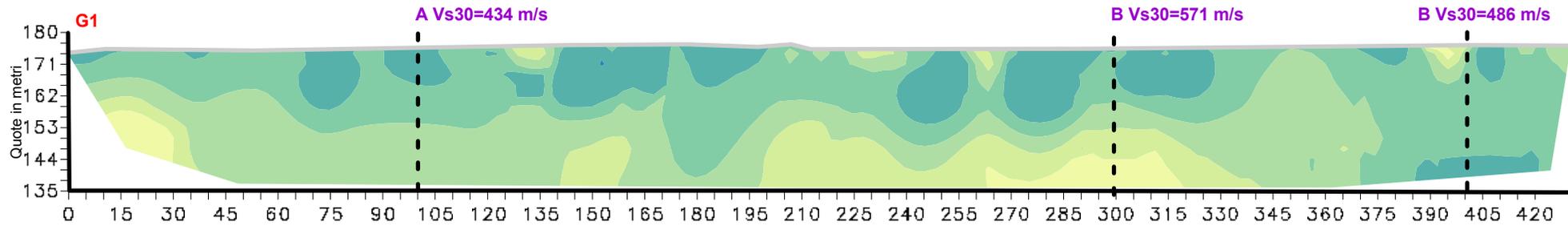
Elaborazione tomografica in onde S



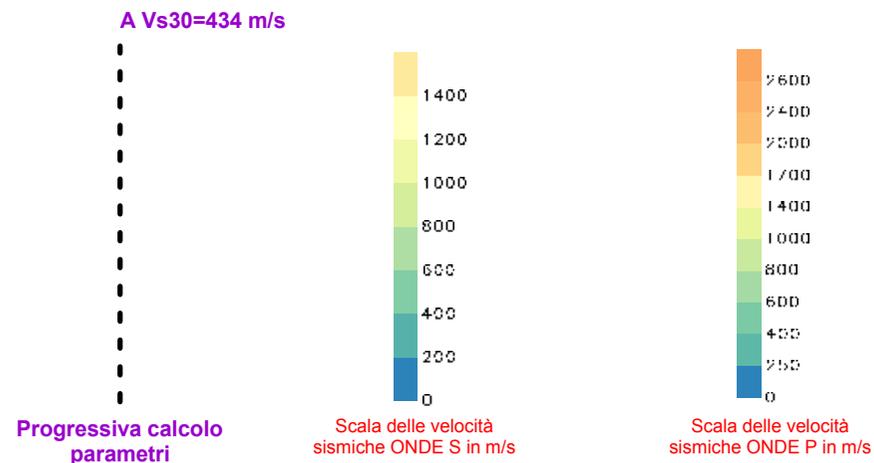
INDAGINE GEOFISICA	
Ricostruzione stratigrafica e valutazione parametri dinamici	
A.I.P.o - Ufficio di Pavia	
Comune di Paderno Dugnano (MB) Torrente Seveso	
Interpretazione stesa B1 Onde sismiche P-S	
All.2a	Novembre 2017
 CIS Geofisica s.r.l.	



Elaborazione tomografica in onde P



Elaborazione tomografica in onde S



LEGENDA

G1 Posizione geofoni

Superficie topografica

Deposito superficiali non consolidato

Detrito superficiali mediamente consolidato

Probabile deposito consolidato

Velocità sismiche misurate

INDAGINE GEOFISICA

Ricostruzione stratigrafica e valutazione parametri dinamici

A.I.P.o - Ufficio di Pavia

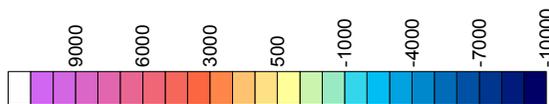
Comune di Paderno Dugnano (MB)
Torrente Seveso

Interpretazione stesa B2
Onde sismiche P-S

All.2b | Novembre 2017 | CIS Geofisica s.r.l.



LEGENDA



Scala in falsi colori utilizzata per la rappresentazione dei dati di polarizzazione magnetica (nT)

INDAGINE GEOFISICA

Mappe analisi di rischio

A.I.Po - ufficio di Pavia

Comune di Paderno Dugnano (MB)
Torrente Seveso

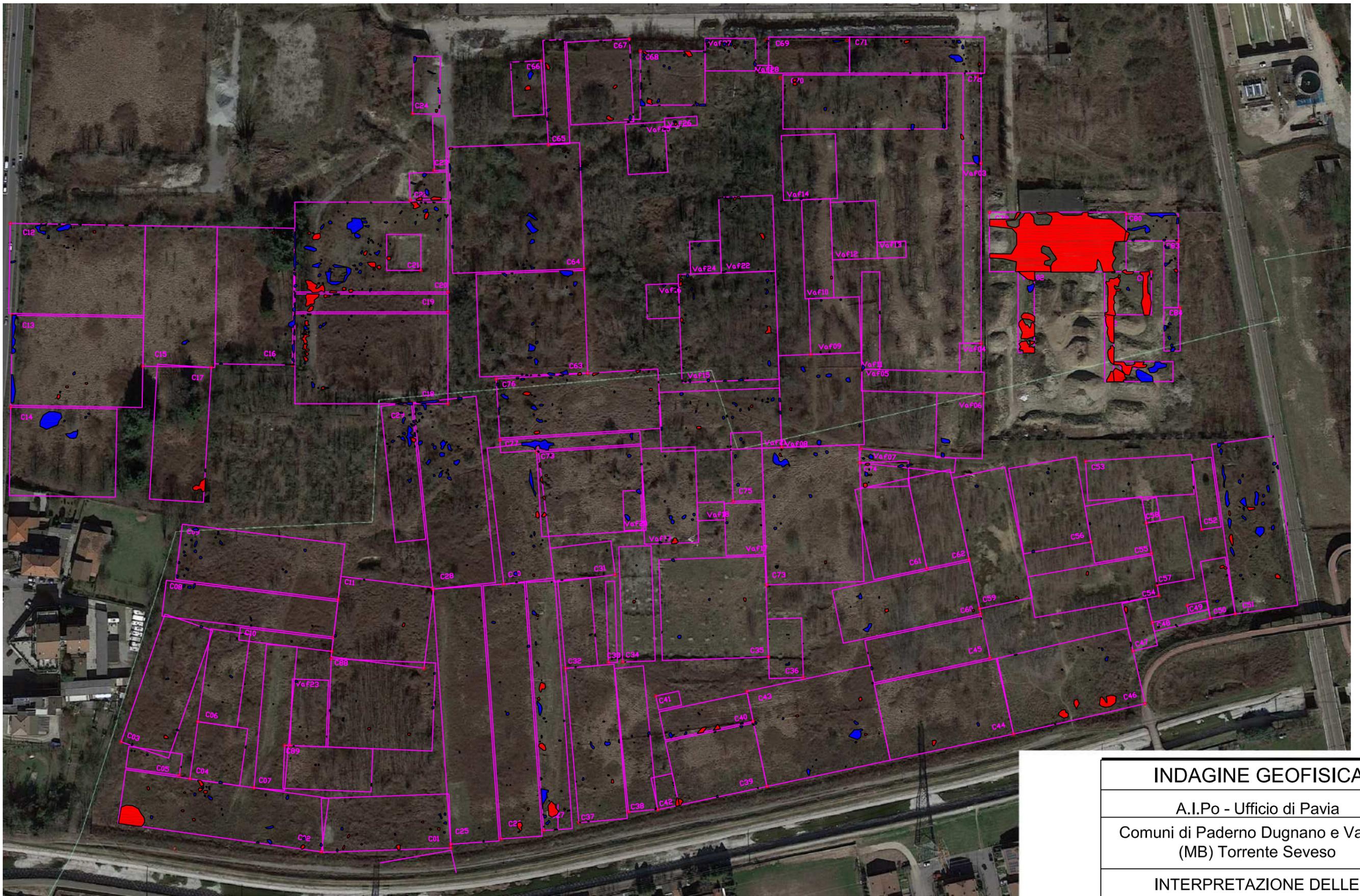
Mappe delle
misure gradiometriche

All.2

Novembre 2017



CIS
Geofisica s.r.l.



LEGENDA



Anomalie primarie



Anomalie secondarie

Scala 1 : 2.000

INDAGINE GEOFISICA

A.I.Po - Ufficio di Pavia

Comuni di Paderno Dugnano e Varedo
(MB) Torrente Seveso

**INTERPRETAZIONE DELLE
ANOMALIE GRADIOMETRICHE**



Allegato 4

Novembre 2017

CIS GEOFISICA SERVIZI DI GEOFISICA APPLICATA

ALLEGATO D – Risultati trincee esplorative

COMMITTENTE:
AIPO

INCARICO:
**CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA
E AMBIENTALE TERRENI EX AREE S.N.I.A S.p.a.**

UBICAZIONE:
Comuni di Paderno Dugnano e Varedo (Prov. MI)

OGGETTO:
**Ubicazione trincee esplorative e
risultati indagini geotecniche**

DATA: Febbraio 2018
SCALA: 1:1.000
TAVOLA: **1**

FILE: Tav 1.dgn
A CURA DI:
Dott. Mauro Rota
Dott. Gianfranco Camana
www.arethusa-geo.it
ARETHUSA
GEOLOGIA AMBIENTE TERRITORIO E SICUREZZA
VIA TRENTO, 14 - 24035 CURIGNO (BG)
TEL. 035-43.76.882 FAX 035-43.76.666
E-MAIL: arethusa@arethusa-geo.it
RESPONSABILE TECNICO:
Dott. Ermanno Dolci
LA DITTA

LEGENDA

- Delimitazione area oggetto di caratterizzazione ambientale e geotecnica
- Delimitazione area oggetto di sola caratterizzazione geotecnica
- SG1 (L=40m) Sondaggi geognostici a carotaggio continuo
- SA2 (L=45m) Sondaggi ambientali a carotaggio continuo
- B3 Geofisica
- TrE1 Trincee di ispezione Novembre 2017 con prelievo di campioni

TABELLA DI SINTESI RISULTATI CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

TRINCEA TRE1						
Descrizione AGI	Prof (m)	Ciottoli	Ghiaia	Sabbia	Limo	Los Angeles
Ghiaia con sabbia debolmente limosa	1,0-2,5		63,1	26,44	9,74	0,72
Ghiaia sabbiosa (tracce di limo)	2,5-5,0		77,91	18,01	3,79	0,28
Ghiaia con sabbia debolmente limosa	5,0-7,0		60,24	33,79	5,56	0,41

Indice Los Angeles < 25%

Indice Los Angeles > 25% e < 30%

Indice Los Angeles > 30%

TRINCEA TRE16

Descrizione AGI	Prof (m)	Ciottoli	Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla	Los Angeles
Ghiaia con sabbia limosa	1,5-3,6		54,48	28,77	15,64	1,11	30,8
Ghiaia con sabbia debolmente limosa	3,6-7,0		65,15	29,32	5,17	0,37	

TRINCEA TRE14

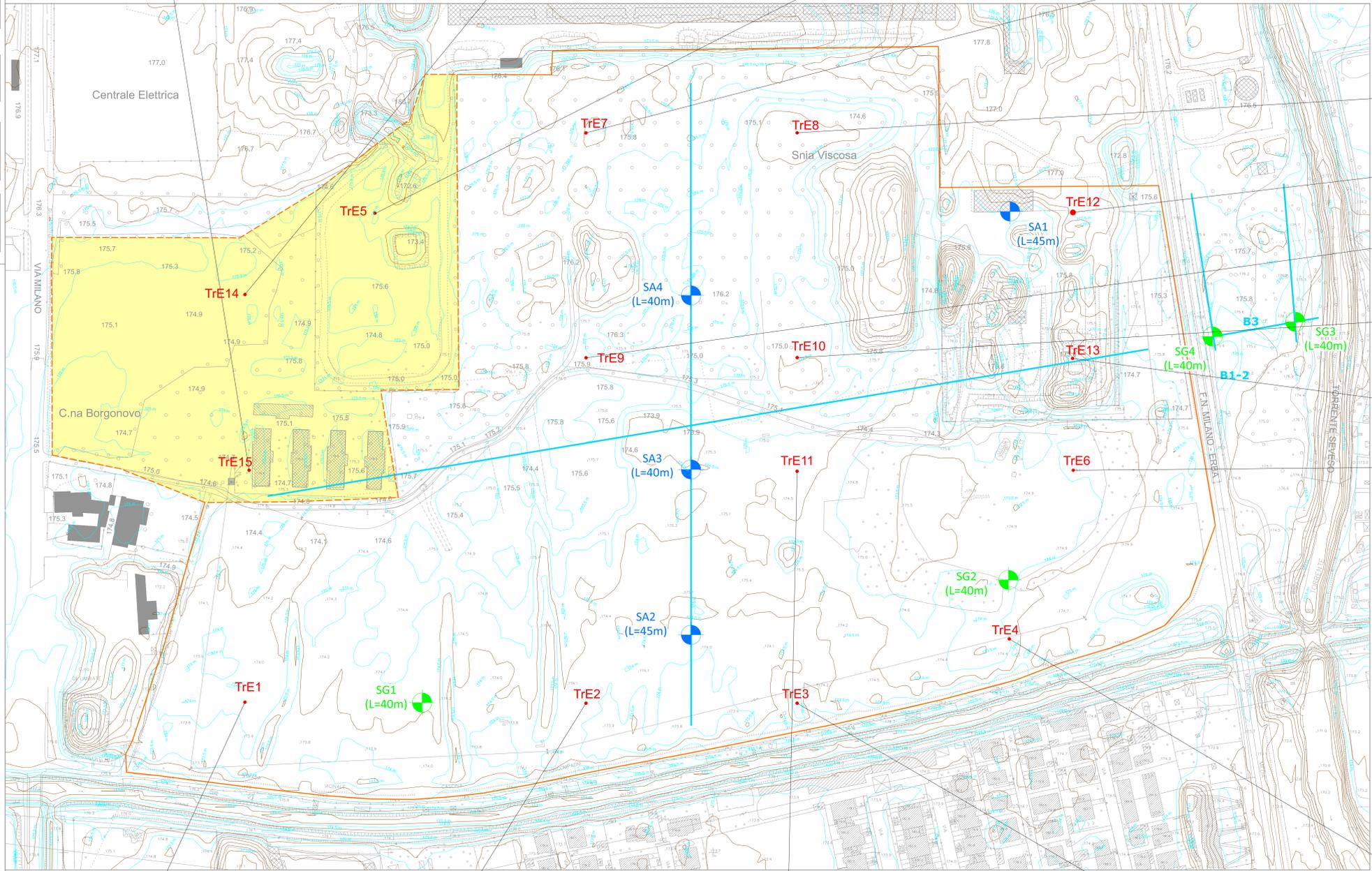
Descrizione AGI	Prof (m)	Ciottoli	Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla	Los Angeles
Ghiaia con sabbia limosa	0,7-2,5		54,55	30,61	13,86	0,97	
Ghiaia sabbiosa debolmente limosa	2,5-7,0		71,54	22,19	5,86	0,41	26,5

TRINCEA TRE5

Descrizione AGI	Prof (m)	Ciottoli	Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla	Los Angeles
Ghiaia con sabbia limosa	1,2-4,0		56,14	28,97	12,49	0,91	
Ghiaia con sabbia debolmente limosa	4,0-7,0		60,3	33,8	5,5	0,4	26,9

TRINCEA TRE7

Descrizione AGI	Prof (m)	Ciottoli	Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla	Los Angeles
Ghiaia con sabbia limosa	0,7-2,0		53,32	31,97	13,75	0,96	
Ghiaia sabbiosa debolmente limosa	2,0-7,0		71,52	22,97	5,15	0,36	25



TRINCEA TRE1

Descrizione AGI	Prof (m)	Ciottoli	Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla	Los Angeles
Ghiaia con sabbia debolmente limosa	1,0-2,5		63,1	26,44	9,74	0,72	
Ghiaia sabbiosa (tracce di limo)	2,5-5,0		77,91	18,01	3,79	0,28	
Ghiaia con sabbia debolmente limosa	5,0-7,0		60,24	33,79	5,56	0,41	21,4

TRINCEA TRE2

Descrizione AGI	Prof (m)	Ciottoli	Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla	Los Angeles
Ghiaia sabbiosa limosa	1,0-3,5	2	55,52	23,2	18,01	1,26	
Ghiaia sabbiosa debolmente limosa	3,5-7,0	5	67,94	20,67	5,97	0,42	29,6

TRINCEA TRE11

Descrizione AGI	Prof (m)	Ciottoli	Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla	Los Angeles
Ghiaia con sabbia limosa	0,0-4,0		61,89	25,7	11,39	1,03	
Ghiaia con sabbia debolmente limosa	4,0-7,0		68,61	25,1	5,77	0,52	23,1

TRINCEA TRE3

Descrizione AGI	Prof (m)	Ciottoli	Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla	Los Angeles
Ghiaia con sabbia limosa	1,2-5,5		56,95	29,09	13,04	0,92	32,1
Ghiaia sabbiosa debolmente limosa	5,5-7,0		75,37	17,64	6,53	0,46	

TRINCEA TRE4

Descrizione AGI	Prof (m)	Ciottoli	Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla	Los Angeles
Ghiaia con sabbia limosa	0,0-4,0		56,77	30,26	12,1	0,88	
Ghiaia sabbiosa debolmente limosa	4,0-7,0		76,8	17,19	5,6	0,41	24,9

TRINCEA TRE8

Descrizione AGI	Prof (m)	Ciottoli	Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla	Los Angeles
Ghiaia sabbiosa debolmente limosa	0,0-4,0		67,61	23,31	8,48	0,6	
Ghiaia sabbiosa debolmente limosa	4,0-6,0	3	64,47	24,99	7,04	0,5	20,5
Sabbia con ghiaia limosa	6,0-7,5	0,5	35,63	49,82	13,11	0,84	

TRINCEA TRE12

Descrizione AGI	Prof (m)	Ciottoli	Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla	Los Angeles
Ghiaia sabbiosa limosa	1,6-5,0		63,14	22,41	13,5	0,96	34,7
Ghiaia sabbiosa (tracce di limo)	5,0-7,2		77,05	18,83	3,85	0,27	

TRINCEA TRE9

Descrizione AGI	Prof (m)	Ciottoli	Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla	Los Angeles
Ghiaia con sabbia limosa	1,6-3,3		59,53	26,91	12,68	0,9	
Ghiaia con sabbia debolmente limosa	3,3-7,0		63,46	30,6	5,54	0,4	22,2

TRINCEA TRE10

Descrizione AGI	Prof (m)	Ciottoli	Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla	Los Angeles
Ghiaia con sabbia ciottolosa debolmente limosa	2,0-3,5	12	42,29	39,18	6,1	0,44	29,2
Ghiaia con sabbia tracce di limo	3,5-7,1		69,76	25,63	4,29	0,32	

TRINCEA TRE13

Descrizione AGI	Prof (m)	Ciottoli	Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla	Los Angeles
Ghiaia sabbiosa limosa	3,2-5,4		59,74	21,28	17,74	1,24	29,9
Ghiaia con sabbia debolmente limosa	5,4-7,5		64,63	28,37	6,54	0,46	

TRINCEA TRE6

Descrizione AGI	Prof (m)	Ciottoli	Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla	Los Angeles
Ghiaia sabbiosa limosa	0,0-4,0		64,57	21,14	12,79	0,9	35
Ghiaia sabbiosa debolmente limosa	4,0-7,0		70,71	23,67	5,25	0,37	



committente:

AIPo

Agenzia Interregionale per il fiume Po

incarico:

**Caratterizzazione geotecnica
e ambientale dei terreni
ex aree S.N.I.A. Spa**

riferimento:

Relazione tecnica

ubicazione:

Varedo (Mb) - Paderno Dugnano (Mi)

data:

Febbraio 2018

a cura di:

Responsabile tecnico: dott. Ermanno Dolci

Relazione a cura di: dott. Mauro Rota

dott. Gianfranco Camana



ISO 9001
LL-C (Certification)



ISO 14001
LL-C (Certification)

INDICE

1 PREMESSA.....	2
2 INDAGINI PREGRESSE.....	3
2.1 SONDAGGI GEOGNOSTICI.....	3
2.2 SONDAGGI AMBIENTALI	3
3 INDAGINI NOVEMBRE 2017	4
3.1 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI	4
3.1.1 ANALISI GRANULOMETRICA	7
3.1.2 GRADO DI ALTERAZIONE	8
3.1.3 PROVA LOS ANGELES	10
3.2 CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE DEI TERRENI.....	11
3.3 VOLUMETRIE DEL MATERIALE DA ESTRARRE.....	12
4 TIPOLOGIA DI REIMPIEGO DELL'INERTE ESTRATTO ED EVENTUALI COSTI DI SMALTIMENTO	13

Allegati

Fotografie trincee

Referti analisi geotecniche

Referti analisi chimiche

1 PREMESSA

Nel corso del mese di novembre 2017 sono state eseguite delle indagini di caratterizzazione geotecnica (granulometrie e prova di resistenza alla frammentazione Los Angeles) e ambientale (ai sensi della tab. 1 dell'allegato 5 alla parte IV del D. Lgs. 152/06), di terreni presenti all'interno dell'ex area S.N.I.A. S.p.a. nei comuni di Paderno Dugnano (Mi) e Varedo (MB).

Tali indagini sono state rivolte in particolar modo ad una caratterizzazione merceologica dei terreni ivi presenti e oggetto di un possibile progetto di realizzazione di vasche di laminazione.

Precedentemente alle indagini di novembre 2017, erano state eseguite ulteriori indagini esplorative mediante esecuzione di sondaggi geognostici ambientali oltre a stendimenti geofisici.

Nei capitoli seguenti saranno pertanto illustrate le indagini eseguite (comprese quelle antecedenti al novembre 2017), i risultati ottenuti e la conseguente caratterizzazione merceologica dei terreni investigati, evidenziandone i possibili utilizzi, con indicazione delle volumetrie disponibili e una stima del loro valore economico nonché dei costi di smaltimento.

2 INDAGINI PREGRESSE

Nelle planimetrie degli **Allegati 1A** e **1B** alla presente relazione sono riportate le ubicazioni dei sondaggi e degli stendimenti geofisici eseguiti anteriormente alle trincee esplorative di novembre 2017, così distinti:

- in **verde (SG)** sono evidenziati 4 sondaggi di tipo geognostico eseguiti in data 6-7-9 ottobre 2017
- in **blu (SA)** sono evidenziati 4 sondaggi ambientali eseguiti in data 23-24 ottobre 2017;
- in **azzurro** sono riportate le tracce degli stendimenti geofisici.

2.1 Sondaggi geognostici

Tratta di 4 sondaggi a carotaggio continuo eseguiti dal dr. Visconti Maurizio e condotti fino alla profondità di 40.0 m da piano campagna corredati di prove di permeabilità.

2.2 Sondaggi ambientali

Trattasi di 4 sondaggi a carotaggio continuo eseguiti dalla ditta S.In.Ge.A. S.r.l. condotti fino alla profondità di 45 m dal piano campagna. Nel corso di tali sondaggi sono stati raccolti 8 campioni di terreno per ciascun sondaggio sottoposti ad analisi chimiche ai sensi del D.Lgs. 152/06.

Ciascun sondaggio è stato inoltre attrezzato mediante installazione di un piezometro a tubo aperto in PVC di 3'' da 45 m con tratti fessurati compresi tra 21 e 45 m.

3 INDAGINI NOVEMBRE 2017

Nel mese di novembre 2017 si è proceduto all'esecuzione di 15 trincee esplorative profonde 7.0 m da piano campagna mediante escavatore meccanico con raccolta di campioni per indagini di laboratorio sia di tipo geotecnico che di chimico-ambientale.

Nelle planimetrie degli allegati alla presente relazione sono riportate in rosso le ubicazioni delle suddette trincee.

3.1 Caratterizzazione geotecnica dei terreni

L'indagine per la caratterizzazione geotecnica del materiale si è concretizzata mediante la realizzazione di **15 trincee esplorative** profonde 7.00 m da piano campagna finalizzate alla:

- descrizione **stratigrafica** degli orizzonti attraversati e valutazione macroscopica del **grado di alterazione** della componente grossolana;
- raccolta di campioni prelevati dagli orizzonti significativi, per esecuzione di **analisi granulometriche** e **prove Los Angeles** finalizzate alla definizione delle qualità geotecniche degli aggregati specificando l'idoneità del materiale ai diversi impieghi.

La planimetria dell'**Allegato 1A** riporta le ubicazioni delle 15 trincee esplorative e i risultati delle analisi di laboratorio, mentre l'**Allegato 2A** propone la caratterizzazione stratigrafica dell'area indagata mediante sezioni stratigrafiche che illustrano le unità individuate con le indagini.

Per le modalità e le quantità di campione prelevato nonché l'esecuzione delle prove si è fatto riferimento alle indicazioni delle norme UNI di riferimento specifiche:

- Analisi granulometrica (UNI EN 933-1 – UNI-CNR 10006) con la quale si valuta la composizione granulometrica percentuale
- Prova Los Angeles (UNI EN 1097-2) con la quale si valuta la resistenza alla frammentazione degli aggregati grossi
- Inoltre è stata eseguita in sito una valutazione macroscopica del grado di alterazione secondo lo schema riportato al par. 3.1.2

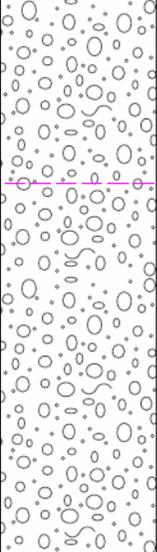
La caratterizzazione complessiva del materiale presente è avvenuta tramite l'indagine in sito, le stratigrafie dei sondaggi sopra citati e le analisi di laboratorio

(chimiche e geotecniche), i cui contenuti sono sintetizzati nel seguente schema di **Tabella 1**.

In particolare tramite le verifiche in sito supportate dalle analisi granulometriche è stato possibile individuare sostanzialmente 3 unità stratigrafiche distinte le cui componenti principali possono essere così identificate:

- **Unità 1** – Costituita da terreno vegetale o materiale di riporto con insufficienti qualità geotecniche.
- **Unità 2** – Costituita da ghiaia con sabbia limosa
- **Unità 3** – Costituita da ghiaia con sabbia debolmente limosa

I paragrafi seguenti illustrano nello specifico i risultati conseguiti con le singole prove.

SCHEMA RIASSUNTIVO							
UNITA'	STRATIGRAFIA	PROFONDITA'	LITOLOGIA	COEFF. LOS ANGELES	CLASSIFICAZIONE TERRENI HRB-AASHTO CNR-UNI 10006	GRADO DI ALTERAZIONE	VOLUMETRIE (area d'intervento - 252.606 mq)
1		0.0 M - P.C. LIMITE COMPRESO TRA 0,3 - 1,5 M	TERRENO / RIPORTO	/	/	/	176.169 MC
2		LIMITE COMPRESO TRA 2,5 - 5,5 M	GHIAIA CON SABBIA LIMOSA	MAX 36 MIN 29,2	A1a-A1b	LEGGERA - WC2 La decolorazione superficiale indica leggera alterazione sul clasto, che può essere localmente più debole che in condizioni non alterate	464.547 MC
3			GHIAIA CON SABBIA DEBOLMENTE LIMOSA	MAX 29,6 MIN 20,5	A1a	ASSENTE - WC1 Nessuna traccia di alterazione del clasto; è possibile una leggera decolorazione sulla superficie	1.675.708 MC
		7.00 M (*)	GHIAIA CON SABBIA DEBOLMENTE LIMOSA	MAX 29,6 MIN 20,5	A1a	ASSENTE - WC1 Nessuna traccia di alterazione del clasto; è possibile una leggera decolorazione sulla superficie	
		15.0 M					

(*) Profondita' raggiunta con le trincee, la definizione della stratigrafia fino a 15 m e' stata eseguita facendo riferimento alle stratigrafie dei sondaggi eseguiti

Tabella 1 – Sintesi dei risultati dell'indagine in sito e di laboratorio

3.1.1 Analisi granulometrica

Sono state condotte le analisi granulometriche necessarie per la caratterizzazione delle unità individuate in sito, discriminando le diverse classi granulometriche in percentuale consentendo di formulare la denominazione granulometrica specifica per ogni unità.

Oltre quanto sopra, l'analisi granulometrica ha permesso di raggruppare il materiale, secondo la classificazione AASHTO individuata dalle norme UNI-CNR 10006 (2002). Sotto il profilo del reimpiego tale classificazione distingue il materiale in 2 gradi Sezioni:

- **Sezione 1** (Frazione passante al setaccio 0.075 UNI 2332 <35%) - materiale che può essere impiegato come aggregato per cls e per conglomerati bituminosi.
- **Sezione 2** (Frazione passante al setaccio 0.075 UNI 2332 >35%) materiale idoneo a usi minori e previo trattamento/correzione (rilevati e arginature con stabilizzazione a calce o cemento).

Geotecnica: Classificazione dei terreni HRB-AASHTO (CNR-UNI 10006)

Classificazione generale	Terre ghiaia - sabbiosa							Terre limo - argillose					Torbe e terre organiche palustri
	Frazione passante al setaccio 0,075 UNI 2332 ≤ 35%							Frazione passante al setaccio 0,075 UNI 2332 >35%					
Gruppo	A1		A3	A2				A4	A5	A6	A7		A8
Sottogruppo	A1 a	A1 b		A2-4	A2-5	A2-6	A2-7						
Analisi granulometrica - Frazione passante al setaccio													
2 UNI 2332 %	≤ 80												
0,4 UNI 2332 %	≤ 30	≤ 80	≥ 80										
0,075 UNI 2332 %	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	
Caratteristiche della frazione passante al setaccio 0,4 UNI 2332													
Limite liquido	0			≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	≤ 40	≤ 40	≤ 40	
Indice di plasticità	≤ 6		N.P.	≤ 10	≤ 10 _{max}	> 10	> 10	≤ 10	≤ 10	> 10	> 10 (IP>LL30)	> 10 (IP>LL30)	
Indice di gruppo	0		0	0				≤ 8	≤ 12	≤ 18	≤ 20		
Tipi usuali dei materiali caratteristici costituenti il gruppo	ghiaia e breccia, sabbione, sabbia grossa, pomice, scorie vulcaniche, pozzolane		Sabbia fine	ghiaia e sabbia limosa e argillosa				Limi poco compressibili	Limi fort. compressibili	Argille poco compressibili	Argille fort. compressibili med. plastiche	Argille fort. compressibili fort. plastiche	Torbe di recente o remota formazione e, detriti organici di origine palustre
Qualità portanti quale terreno di sottofondo in assenza di gelo	da eccellenti a buone							Da mediocre a scadente					Da scartare come sottofondo
Azione del gelo sulla qualità portanti del terreno di sottofondo	Nessuna o lieve			Media				media	elevata	Media	elevata	Media	
Ritiro o rigonfiamento	Nullo			Nullo o lieve				Lieve o media		elevato	elevato	molto elevato	
Permeabilità	Elevata			Media o scarsa					Scarsa o nulla				
Identificazione dei territori in sito	Facilmente individuabili a vista		Aspri al tatto Incoerenti allo stato asciutto	La maggior parte dei granuli sono individuabili ad occhio nudo - Aspri al tatto - Una tenacità media e elevata allo strato asciutto indica la presenza di argilla				Reagiscono alla prova di scuotimento - Poverissimi o poco tenaci allo stato asciutto - Non facilmente modellabili allo stato umido		Non reagiscono alla prova di scuotimento - Tenaci allo stato asciutto - Facilmente modellabili in bastoncini sottili allo stato umido			Fibrosi di colore bruno a nero - facilmente individuabili a vista

I risultati delle analisi granulometriche, sintetizzati alla **Tabella 1**, permettono di classificare il materiale delle unità così come segue:

- **Unità 2** - SOTTOGRUPPO A1B - (Materiali granulari - Passante al setaccio n.200 (0.075) uguale o minore del 15%)
- **Unità 3** - SOTTOGRUPPO A1A - (Materiali granulari - Passante al setaccio n.200 (0.075) maggiore del 15%)

Per la definizione puntuale della stratigrafia di ogni trincea si rimanda alle schede specifiche di ogni punto d'indagine corredate di fotografie mentre i referti delle analisi granulometriche e delle prove Los Angeles sono riportati al termine della presente relazione.

3.1.2 Grado di alterazione

L'esecuzione delle trincee ha consentito di valutare il grado di alterazione della componente grossolana dei depositi ghiaiosi. Sebbene il materiale presente si caratterizzi per una limitata componente della frazione fine, la caratteristica che pregiudica diversi impieghi del materiale è decisamente il grado di alterazione della componente grossolana. I processi che conducono all'alterazione della roccia possono essere di natura fisica, chimica o biologica e agiscono alterando la struttura fisica (frantumazione, disgregazione, arenizzazione ecc) oppure modificando la composizione mineralogica, pertanto chimica, dei minerali componenti la roccia (argillificazione con trasformazione dei minerali silicatici in minerali argillosi). Processi diversi ma che conducono tutti ad un peggioramento delle caratteristiche meccaniche della roccia.

La componente grossolana, ed in particolare quella ghiaiosa, è formata da clasti di litologia diversificata sia carbonatici, terrigeni, ignei e metamorfici. Il grado di alterazione identificato preliminarmente in sito, secondo una valutazione macroscopica, è illustrato mediante la tabella sotto riportata.

I clasti costituenti la frazione grossolana dei terreni analizzati con le trincee esplorative hanno un grado di alterazione variabile tra ASSENTE (WC1) E LEGGERO (WC2).

GRADO DI ALTERAZIONE	DESCRIZIONE	SIMBOLI
Assente	Nessuna traccia di alterazione del clasto; è possibile una leggera decolorazione sulla superficie	WC1
Leggero	La decolorazione superficiale indica leggera alterazione sul clasto, che può essere localmente più debole che in condizioni non alterate	WC2
Medio	Meno del 50% del clasto è alterato	WC3
Elevato	Più del 50% del clasto è alterato. E' presente ancora in modo discontinuo roccia fresca o alterata	WC4
Molto elevato	Tutto il clasto è decomposto e/o degradato in una terra. La tessitura originale della roccia può essere ancora in gran parte riconoscibile	WC5

Tabella 2

La **Tabella 2**, sopra riportata, serve per una prima valutazione dello stato di alterazione dei ciottoli, mentre per una verifica più precisa si è fatto riferimento alla prova Los Angeles (UNI EN 1097-2) con la quale si è valutata la resistenza alla frammentazione degli aggregati grossi.

In particolare la prova fornisce un indice percentuale del grado di frammentazione degli aggregati verificati e permette di stabilire l'idoneità dei materiali ai diversi impieghi.

3.1.3 Prova Los Angeles

La prova Los Angeles è stata eseguita sui campioni delle unità 2 e 3 e i referti sono allegati alla presente relazione.

La prova Los Angeles fornisce un indice percentuale del grado di frammentazione degli aggregati verificati ed in particolare può essere impiegata come prova discriminante per stabilire l'idoneità all'impiego del materiale del GRUPPO 1 come aggregato per calcestruzzi oppure per conglomerati bituminosi, così classificato il materiale può essere sottoposto, in seguito, ad ulteriori analisi di dettaglio per impieghi ancora più specifici.

I risultati della prova Los Angeles permettono di distinguere l'impiego del materiale in particolare:

- **valori della prova <25** si prosegue con altre analisi specifiche per l'impiego nei **conglomerati bituminosi**,
- **valori compresi tra un intervallo di 25-30** vengono eseguite ulteriori analisi per l'impiego nei **calcestruzzi**.

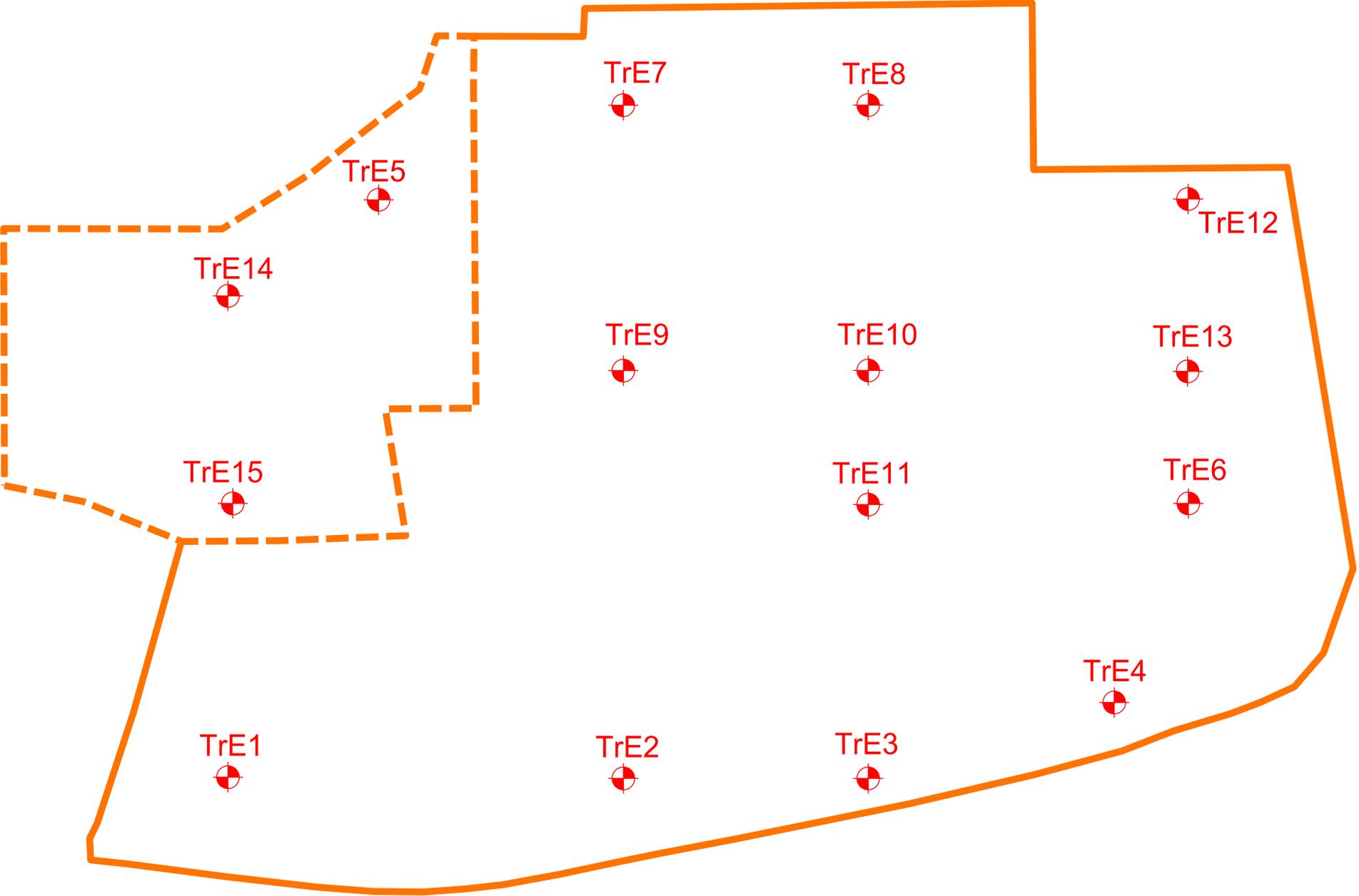
Le analisi condotte servono per la caratterizzazione del materiale estratto verificandone in linea generale la possibilità d'impiego come aggregato da cls o conglomerati bituminosi. Se dai referti di queste analisi preliminari il materiale risulta idoneo all'impiego sopra citato, diventa necessario eseguire altre analisi di dettaglio (**Tabella 3**), che individuano le caratteristiche che il materiale deve possedere

REQUISITO	CARATTERISTICHE	PROVA
geometrico	Dimensioni degli aggregati	Curva granulometrica
	Caratterizzazione materiale	Classificazione materiale
	Coeff. di forma ed appiattimento	Determinazione dei coefficienti di forma ed appiattimento
fisico	Resistenza alla frammentazione	Los Angeles
	Compattezza degli aggregati	Degradabilità degli inerti – prova al solfato di magnesio
	Resistenza all'usura	Micro Deval
	Resistenza all'abrasione	Prova all'abrasione
	Gelività	Resistenza al gelo e disgelo
	Presenza di forme di silice reattiva	Reattività (metodo chimico e metodo del prisma di malta)
chimico	Presenza cloruri solubili	Analisi chimica
	Presenza di gesso e solfati solubili	Analisi chimica degli inerti
	Presenza di sostanze organiche	Determinazione colorimetrica
	Presenza di pirite, marcasite e pirrotina	Analisi petrografica

Tabella 3 - elenco prove di laboratorio per la qualifica degli aggregati per utilizzo cls

Si precisa che tale classificazione permette una prima distinzione per il reimpiego dell'inerte, sebbene le caratteristiche specifiche dell'aggregato vengono definite puntualmente nel capitolato speciale d'appalto che accompagna ogni progetto.

Ubicazione delle trincee





Trincea 2



Profondita' (m)	Denominazione AGI	Coeff. Los Angeles
— 1.00 —	Terreno	
— 3.50 —	Ghiaia sabbiosa limosa	
— 7.00 —	Ghiaia sabbiosa deb. limosa deb. ciottolosa	29.6

Trincea 3



Profondita' (m)	Denominazione AGI	Coeff. Los Angeles
— 1.20 —	Terreno	
— 5.50 —	Ghiaia con sabbia limosa	32.1
— 7.00 —	Ghiaia sabbiosa deb. limosa	

Trincea 4



Profondita' (m)	Denominazione AGI	Coeff. Los Angeles
4.00	Ghiaia con sabbia limosa	32.1
7.00	Ghiaia sabbiosa deb. limosa	

Trincea 5



Profondita' (m)	Denominazione AGI	Coeff. Los Angeles
— 1.20 —	Terreno	
— 4.00 —	Ghiaia con sabbia limosa	
— 7.00 —	Ghiaia con sabbia deb. limosa	25.9

Trincea 6



Profondita' (m)	Denominazione AGI	Coeff. Los Angeles
0.30	Terreno	
4.00	Ghiaia sabbiosa limosa	36
7.00	Ghiaia sabbiosa deb. limosa	

Trincea 7



Profondita' (m)	Denominazione AGI	Coeff. Los Angeles
0.70	Terreno	
2.00	Ghiaia con sabbia limosa	
7.00	Ghiaia sabbiosa deb. limosa	25

Trincea 8



Profondita' (m)	Denominazione AGI	Coeff. Los Angeles
	Ghiaia sabbiosa deb. limosa	
— 4.00 —	Ghiaia sabbiosa deb. limosa	20.5
— 6.00 —	Sabbia con ghiaia deb. limosa	
— 7.50 —		

Trincea 9



Profondita' (m)	Denominazione AGI	Coeff. Los Angeles
	Riporto	
— 1.00 —	Terreno	
— 1.60 —	Ghiaia con sabbia limosa	
— 3.30 —	Ghiaia con sabbia deb. limosa	22.2
— 7.00 —		

Trincea 9 – dettagli



Particolare del primo livello
identificato come riporto



Particolare del primo livello
identificato come riporto



Unita' sottostanti lo strato di riporto

Trincea 10



Profondita' (m)	Denominazione AGI	Coeff. Los Angeles
0.50	Terreno	
2.00	Ghiaia sabbiosa argillosa	
3.50	Ghiaia con sabbia ciottolosa deb. limosa	29.2
7.00	Ghiaia con sabbia e tracce di limo	

Trincea 11



Profondita' (m)	Denominazione AGI	Coeff. Los Angeles
0.30	Terreno	
4.00	Ghiaia con sabbia limosa	
7.00	Ghiaia con sabbia deb. limosa	23.1

Trincea 12



Profondita' (m)	Denominazione AGI	Coeff. Los Angeles
0.90	Riporto	
1.60	Argilla sabbiosa	
5.00	Ghiaia sabbiosa limosa	34.7
7.00	Ghiaia sabbiosa (tracce di limo)	

Trincea 12 – dettagli



Particolare del primo livello
identificato come riporto

Particolare del primo livello
identificato come riporto



Unita' sottostanti lo strato di riporto

Trincea 13



Profondita' (m)	Denominazione AGI	Coeff. Los Angeles
	Riporto	
— 2.00 —	Argilla sabbiosa	
— 3.20 —	Ghiaia sabbiosa limosa	29.9
— 5.40 —	Ghiaia con sabbia deb. limosa	
— 7.50 —		

Trincea 13 – dettagli



Particolare del primo livello
identificato come riporto

Particolare del primo livello
identificato come riporto



Unita' sottostanti lo strato di riporto

Trincea 14



Profondita' (m)	Denominazione AGI	Coeff. Los Angeles
0.70	Terreno	
2.50	Ghiaia con sabbia limosa	
7.00	Ghiaia sabbiosa deb. limosa	26.5

Trincea 15



Profondita' (m)	Denominazione AGI	Coeff. Los Angeles
	Terreno	
1.50	Ghiaia con sabbia limosa	30.8
3.60	Ghiaia con sabbia deb. limosa	
7.00		

Committente: **A.I.Po**

Località: **Varedo (MB)**

Data emissione: **22/01/18**

Agenzia Interregionale per il fiume Po

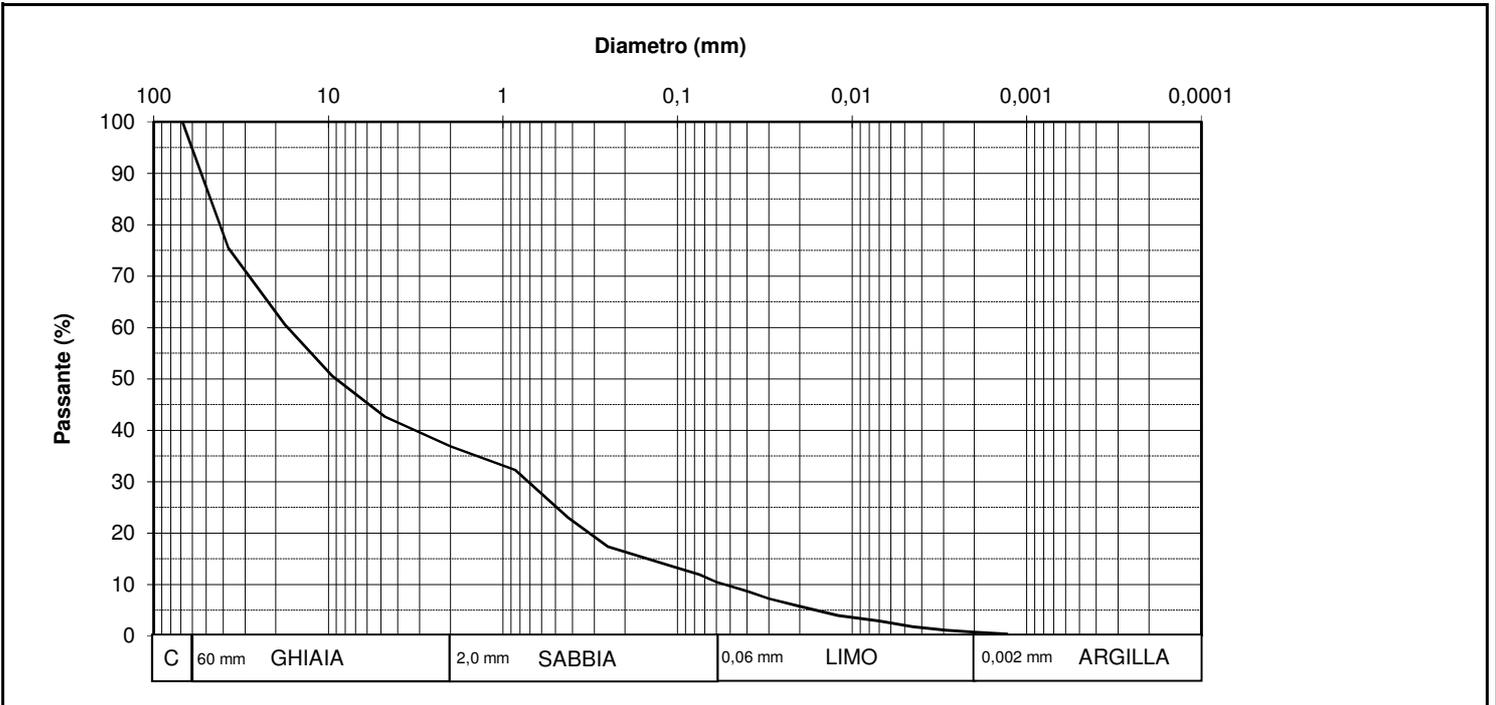
Provenienza: **Trincea TR1**

Campione n°: **C1 (rim.)**

Profondità: **1,0 - 2,5 m**

Rapporto di Prova n°: **1/18GD**

Sperimentatore: **Dr. M.Bertasa**



SETACCIATURA			AEROMETRIA		
diametro mm	% cumulativa trattenuto	% cumulativa passante	% trattenuto	diametro equivalente	% cumulativa passante
75	0,00	100,00	0,00	0,06	10,47
37,5	24,55	75,45	24,55	0,04	8,66
19	39,37	60,63	14,82	0,03	7,22
9,52	49,45	50,55	10,08	0,02	5,77
4,75	57,32	42,68	7,88	0,012	3,97
2	63,10	36,90	5,77	0,007	2,89
0,85	67,74	32,26	4,65	0,0045	1,80
0,425	77,01	22,99	9,26	0,0029	1,08
0,25	82,71	17,29	5,71	0,002	0,72
0,105	86,61	13,39	3,89	0,0013	0,36
0,075	88,09	11,91	1,48		
< 0,075	100,00	0,00	11,91		

DIAMETRO mm	
Diametro massimo D max	68,3
Diametro passante 60% D ₆₀	17
Diametro passante 50% D ₅₀	9
Diametro passante 30% D ₃₀	0,71
Diametro passante 10% D ₁₀	0,053
COEFFICIENTI	
COEFF. UNIFORMITA' U =	3,21E+02
COEFF. CURVATURA C =	5,59E-01
COEFF. PERMEAB. (cm/sec) K =	2,81E-03

AGI CLASSE GRANULOMETRICA %	
CIOTTOLI:	
GHIAIA :	63,10
SABBIA :	26,44
LIMO :	9,74
ARGILLA :	0,72

DENOMINAZIONE AGI :
ghiaia con sabbia debolmente limosa
CLASSIFICAZIONI
CNR UNI 10006:

PARAMETRI DETERMINATI	
PESO DI VOL. γ nat (gr/cm ³) =	
PESO DI VOL. γ sec (gr/cm ³) =	
PESO DI VOL. γ sat (gr/cm ³) =	
SATURAZIONE % S ₀ =	
INDICE DEI VUOTI ϵ_0 =	
POROSITA' n =	
PESO SPEC.(valore assunto) G _s	
UMIDITA' CAMPIONE W _n %	

NOTE:

**LABORATORIO ANALISI
L'ANALISTA**

M. Bertasa

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



ASACERT
ISO 9001:2008
QUALITY MANAGEMENT SYSTEM

Committente: **A.I.Po**

Località: **Varedo (MB)**

Data emissione: **22/01/18**

Agenzia Interregionale per il fiume Po

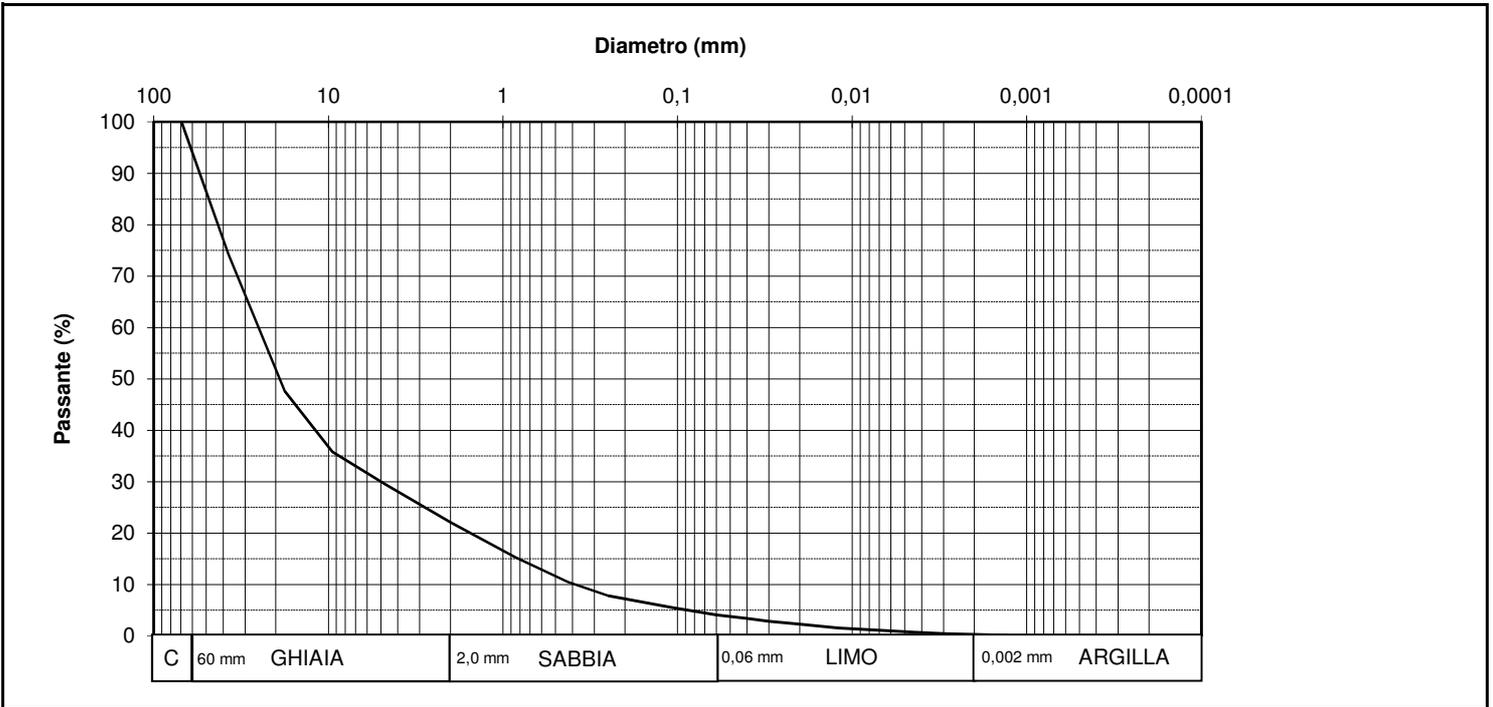
Provenienza: **Trincea TR1**

Campione n°: **C2 (rim.)**

Profondità: **2,5 - 5,0 m**

Rapporto di Prova n°: **2/18GD**

Sperimentatore: **Dr. M.Bertasa**



SETACCIATURA			AEROMETRIA		
diametro mm	% cumulativa trattenuto	% cumulativa passante	% trattenuto	diametro equivalente	% cumulativa passante
75	0,00	100,00	0,00	0,06	4,07
37,5	25,75	74,25	25,75	0,04	3,37
19	52,39	47,61	26,64	0,03	2,81
9,52	64,18	35,82	11,79	0,02	2,25
4,75	70,44	29,56	6,26	0,012	1,55
2	77,91	22,09	7,47	0,007	1,12
0,85	84,69	15,31	6,77	0,0045	0,70
0,425	89,54	10,46	4,85	0,0029	0,42
0,25	92,17	7,83	2,63	0,002	0,28
0,105	94,57	5,43	2,40	0,0013	0,14
0,075	95,36	4,64	0,80		
< 0,075	100,00	0,00	4,64		

DIAMETRO mm	
Diametro massimo D max	69,4
Diametro passante 60% D ₆₀	25
Diametro passante 50% D ₅₀	19
Diametro passante 30% D ₃₀	4,9
Diametro passante 10% D ₁₀	0,38
COEFFICIENTI	
COEFF. UNIFORMITA' U =	6,58E+01
COEFF. CURVATURA C =	2,53E+00
COEFF. PERMEAB. (cm/sec) K =	1,44E-01

AGI CLASSE GRANULOMETRICA %	
CIOTTOLI:	
GHIAIA :	77,91
SABBIA :	18,01
LIMO :	3,79
ARGILLA :	0,28

DENOMINAZIONE AGI :
ghiaia sabbiosa (tracce di limo)
CLASSIFICAZIONI
CNR UNI 10006:

PARAMETRI DETERMINATI	
PESO DI VOL. γ nat (gr/cm ³) =	
PESO DI VOL. γ sec (gr/cm ³) =	
PESO DI VOL. γ sat (gr/cm ³) =	
SATURAZIONE % S ₀ =	
INDICE DEI VUOTI ϵ_0 =	
POROSITA' n =	
PESO SPEC.(valore assunto) G _s	
UMIDITA' CAMPIONE W _n %	

NOTE:

**LABORATORIO ANALISI
L'ANALISTA**

M. Bertasa

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



ASACERT
ISO 9001:2008
QUALITY MANAGEMENT SYSTEM

Committente: **A.I.Po**

Località: **Varedo (MB)**

Data emissione: **22/01/18**

Agenzia Interregionale per il fiume Po

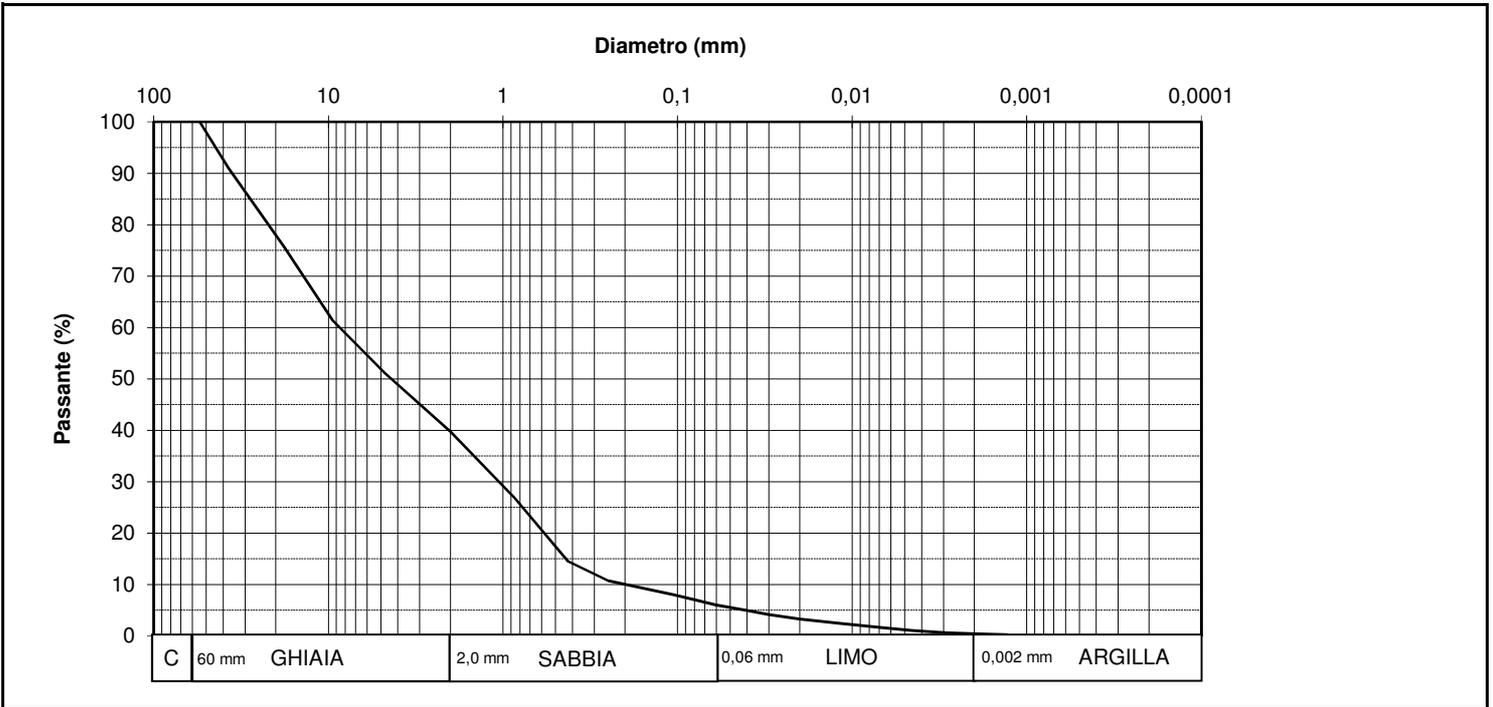
Provenienza: **Trincea TR1**

Campione n°: **C3 (rim.)**

Profondità: **5,0 - 7,0 m**

Rapporto di Prova n°: **3/18GD**

Sperimentatore: **Dr. M.Bertasa**



SETACCIATURA			AEROMETRIA		
diametro mm	% cumulativa trattenuto	% cumulativa passante	% trattenuto	diametro equivalente	% cumulativa passante
75	0,00	100,00	0,00	0,06	5,97
37,5	8,95	91,05	8,95	0,04	4,94
19	24,50	75,50	15,56	0,03	4,12
9,52	38,54	61,46	14,03	0,02	3,29
4,75	48,86	51,14	10,32	0,012	2,47
2	60,24	39,76	11,39	0,007	1,65
0,85	73,23	26,77	12,99	0,0045	1,03
0,425	85,52	14,48	12,29	0,0029	0,62
0,25	89,25	10,75	3,74	0,002	0,41
0,105	91,99	8,01	2,73	0,0013	0,21
0,075	93,21	6,79	1,22		
< 0,075	100,00	0,00	6,79		

DIAMETRO mm	
Diametro massimo D max	54,4
Diametro passante 60% D ₆₀	8,7
Diametro passante 50% D ₅₀	4,2
Diametro passante 30% D ₃₀	1
Diametro passante 10% D ₁₀	0,2
COEFFICIENTI	
COEFF. UNIFORMITA' U =	4,35E+01
COEFF. CURVATURA C =	5,75E-01
COEFF. PERMEAB. (cm/sec) K =	4,00E-02

AGI CLASSE GRANULOMETRICA %	
CIOTTOLI:	
GHIAIA :	60,24
SABBIA :	33,79
LIMO :	5,56
ARGILLA :	0,41

DENOMINAZIONE AGI :
ghiaia con sabbia debolmente limosa
CLASSIFICAZIONI
CNR UNI 10006:

PARAMETRI DETERMINATI	
PESO DI VOL. γ nat (gr/cm ³) =	
PESO DI VOL. γ sec (gr/cm ³) =	
PESO DI VOL. γ sat (gr/cm ³) =	
SATURAZIONE % S ₀ =	
INDICE DEI VUOTI ϵ_0 =	
POROSITA' n =	
PESO SPEC.(valore assunto) G _s	
UMIDITA' CAMPIONE W _n %	

NOTE:

**LABORATORIO ANALISI
L'ANALISTA**

M. Bertasa

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



ASACERT
ISO 9001:2008
QUALITY MANAGEMENT SYSTEM

Committente: **A.I.Po**
Agenzia Interregionale per il fiume Po

Località : **Varedo (MB)**

Data emissione: **22/01/18**

Campione n°: **Trincea TR1**

Campione n°: **C3 (rim)**

Profondità: **5,0 - 7,0 m**

Rapporto di Prova n°: **33/18GD**

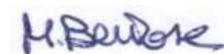
Sperimentatore: **Dr. M.Bertasa**

	1° campione di prova	2° campione di prova
Massa del campione di prova (gr)	5000	5000
m massa trattenuta 1,6 mm	3951,6	3911,6
$LA = \frac{(5000-m)}{50}$	21,0	21,8

COEFFICIENTE LOS ANGELES LA = 21,4

NOTE:

LABORATORIO ANALISI
L'ANALISTA



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



ASACERT
ISO 9001:2008
QUALITY MANAGEMENT SYSTEM

Committente: **A.I.Po**

Località: **Varedo (MB)**

Data emissione: **22/01/18**

Agenzia Interregionale per il fiume Po

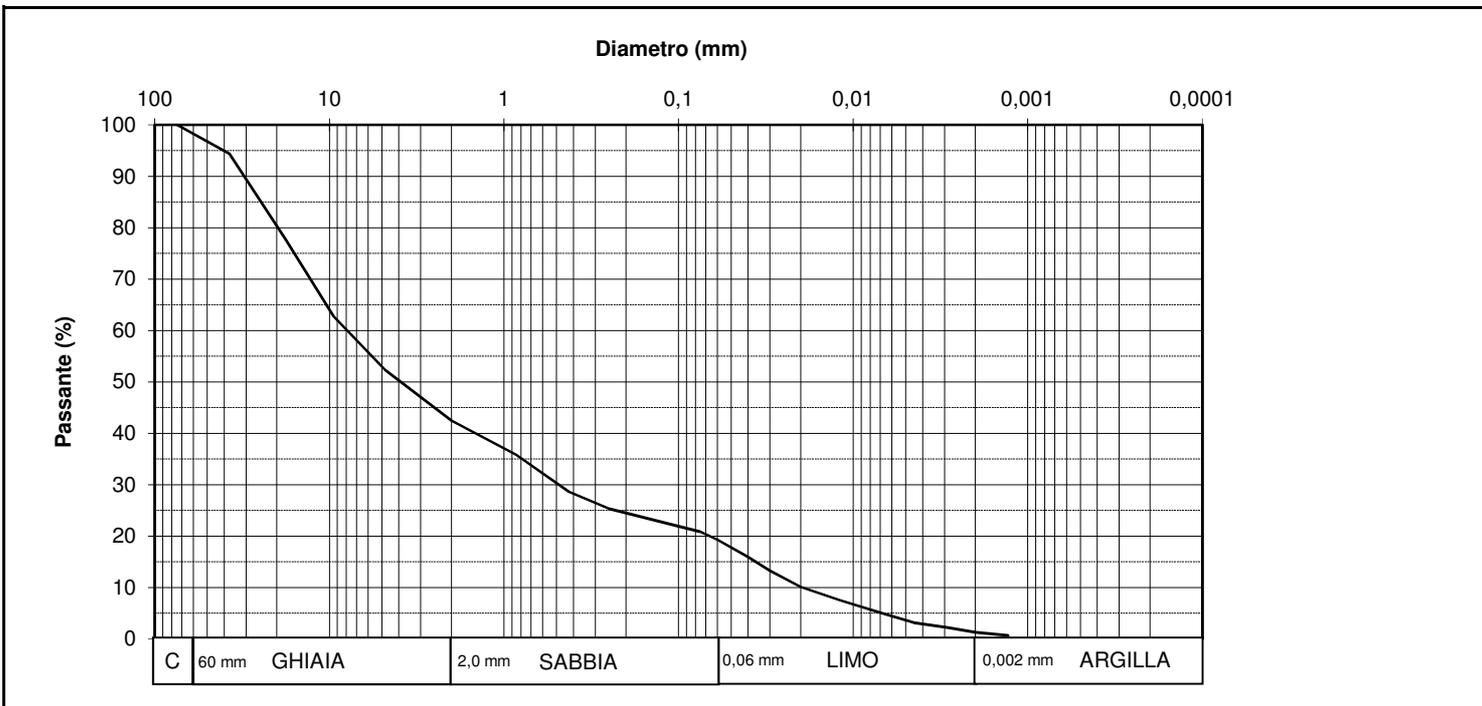
Provenienza: **Trincea TR2**

Campione n°: **C1 (rim.)**

Profondità: **1,0 - 3,5 m**

Rapporto di Prova n°: **4/18GD**

Sperimentatore: **Dr. M.Bertasa**



SETACCIATURA			AEROMETRIA		
diametro mm	% cumulativa trattenuto	% cumulativa passante	% trattenuto	diametro equivalente	% cumulativa passante
75	0,00	100,00	0,00	0,06	19,28
37,5	5,62	94,38	5,62	0,04	15,96
19	22,29	77,71	16,68	0,03	13,27
9,52	37,13	62,87	14,84	0,02	10,11
4,75	47,79	52,21	10,66	0,012	7,58
2	57,52	42,48	9,73	0,007	5,06
0,85	64,18	35,82	6,66	0,0045	3,16
0,425	71,40	28,60	7,22	0,0029	2,21
0,25	74,67	25,33	3,27	0,002	1,26
0,105	77,92	22,08	3,25	0,0013	0,63
0,075	79,14	20,86	1,22		
< 0,075	100,00	0,00	20,86		

DIAMETRO mm	
Diametro massimo D max	71,8
Diametro passante 60% D ₆₀	7,8
Diametro passante 50% D ₅₀	3,9
Diametro passante 30% D ₃₀	0,48
Diametro passante 10% D ₁₀	0,02
COEFFICIENTI	
COEFF. UNIFORMITA' U =	3,90E+02
COEFF. CURVATURA C =	1,48E+00
COEFF. PERMEAB. (cm/sec) K =	4,00E-04

AGI	
CLASSE GRANULOMETRICA %	
CIOTTOLI:	2,00
GHIAIA :	55,52
SABBIA :	23,20
LIMO :	18,01
ARGILLA :	1,26

DENOMINAZIONE AGI :
ghiaia sabbiosa limosa
CLASSIFICAZIONI
CNR UNI 10006:

PARAMETRI DETERMINATI	
PESO DI VOL. γ nat (gr/cm ³) =	
PESO DI VOL. γ sec (gr/cm ³) =	
PESO DI VOL. γ sat (gr/cm ³) =	
SATURAZIONE % S ₀ =	
INDICE DEI VUOTI ϵ_0 =	
POROSITA' n =	
PESO SPEC.(valore assunto) G _s	
UMIDITA' CAMPIONE W _n %	

NOTE:

LABORATORIO ANALISI

L'ANALISTA

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



ASACERT
ISO 9001:2008
QUALITY MANAGEMENT SYSTEM

Committente: **A.I.Po**

Località: **Varedo (MB)**

Data emissione: **22/01/18**

Agenzia Interregionale per il fiume Po

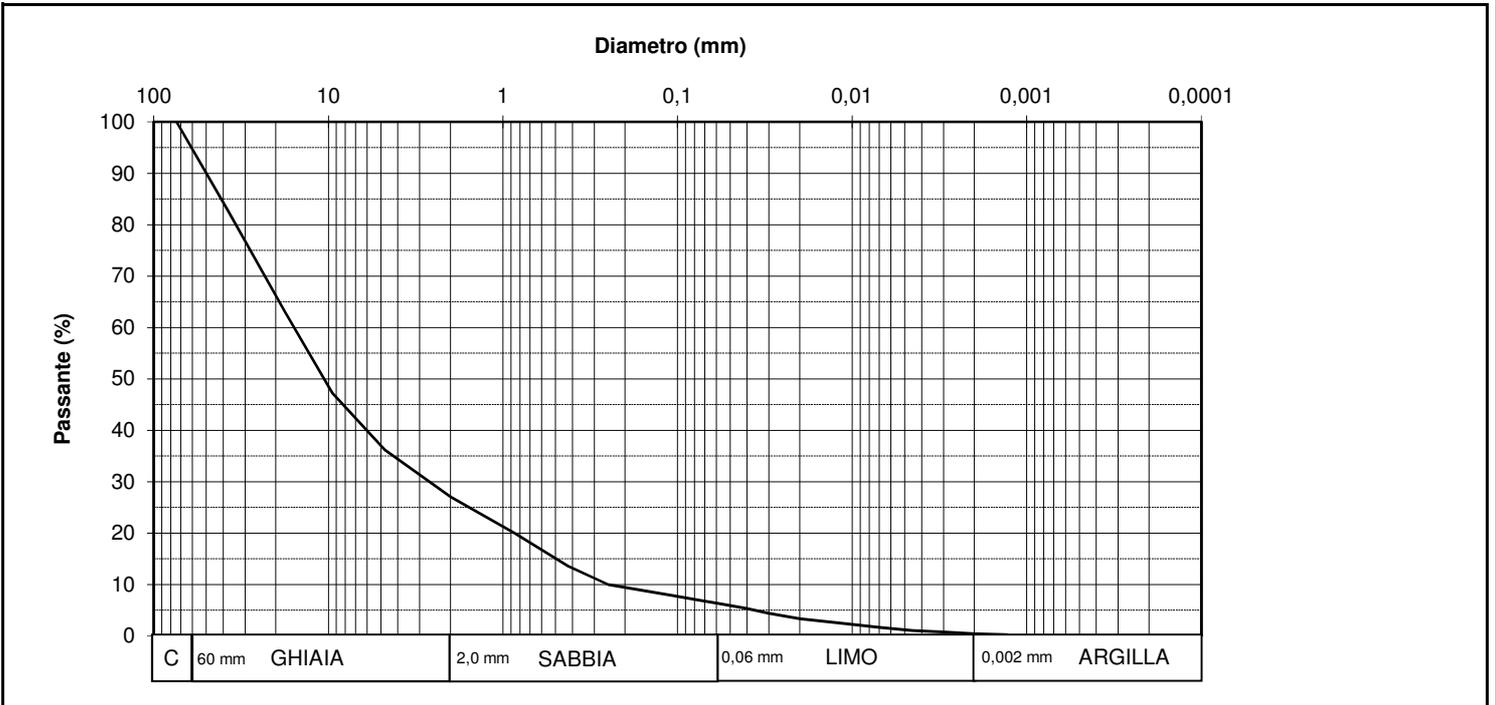
Provenienza: **Trincea TR2**

Campione n°: **C2 (rim.)**

Profondità: **3,5 - 7,0 m**

Rapporto di Prova n°: **5/18GD**

Sperimentatore: **Dr. M.Bertasa**



SETACCIATURA			AEROMETRIA		
diametro mm	% cumulativa trattenuto	% cumulativa passante	% trattenuto	diametro equivalente	% cumulativa passante
75	0,00	100,00	0,00	0,06	6,39
37,5	17,41	82,59	17,41	0,04	5,29
19	36,93	63,07	19,52	0,03	4,40
9,52	52,76	47,24	15,83	0,02	3,35
4,75	63,80	36,20	11,04	0,012	2,52
2	72,94	27,06	9,14	0,007	1,68
0,85	80,07	19,93	7,14	0,0045	1,05
0,425	86,44	13,56	6,37	0,0029	0,73
0,25	90,04	9,96	3,61	0,002	0,42
0,105	92,18	7,82	2,13	0,0013	0,21
0,075	93,08	6,92	0,91		
< 0,075	100,00	0,00	6,92		

DIAMETRO mm		
Diametro massimo D max		74,9
Diametro passante 60% D ₆₀		16
Diametro passante 50% D ₅₀		11
Diametro passante 30% D ₃₀		2,6
Diametro passante 10% D ₁₀		0,25
COEFFICIENTI		
COEFF. UNIFORMITA' U =		6,40E+01
COEFF. CURVATURA C =		1,69E+00
COEFF. PERMEAB. (cm/sec) K =		6,25E-02

AGI	
CLASSE GRANULOMETRICA %	
CIOTTOLI:	5,00
GHIAIA :	67,94
SABBIA :	20,67
LIMO :	5,97
ARGILLA :	0,42

DENOMINAZIONE AGI :
ghiaia sabbiosa debolmente limosa debolmente ciottolosa
CLASSIFICAZIONI
CNR UNI 10006:

PARAMETRI DETERMINATI	
PESO DI VOL. γ nat (gr/cm ³) =	
PESO DI VOL. γ sec (gr/cm ³) =	
PESO DI VOL. γ sat (gr/cm ³) =	
SATURAZIONE % S ₀ =	
INDICE DEI VUOTI ϵ_0 =	
POROSITA' n =	
PESO SPEC.(valore assunto) G _s	
UMIDITA' CAMPIONE W _n %	

NOTE:

LABORATORIO ANALISI
L'ANALISTA

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



ASACERT
ISO 9001:2008
QUALITY MANAGEMENT SYSTEM

Committente: **A.I.Po**
Agenzia Interregionale per il fiume Po

Località : **Varedo (MB)**

Data emissione: **22/01/18**

Campione n°: **Trincea TR2**

Campione n°: **C2 (rim)**

Profondità: **3,5 - 7,0 m**

Rapporto di Prova n°: **34/18GD**

Sperimentatore: **Dr. M.Bertasa**

	1° campione di prova	2° campione di prova
Massa del campione di prova (gr)	5000	5000
m massa trattenuta 1,6 mm	3503,6	3534,9
$LA = \frac{(5000-m)}{50}$	29,9	29,3

COEFFICIENTE LOS ANGELES LA = 29,6

NOTE:

LABORATORIO ANALISI

L'ANALISTA



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



ASACERT
ISO 9001:2008
QUALITY MANAGEMENT SYSTEM

Committente: **A.I.Po**

Località: **Varedo (MB)**

Data emissione: **22/01/18**

Agenzia Interregionale per il fiume Po

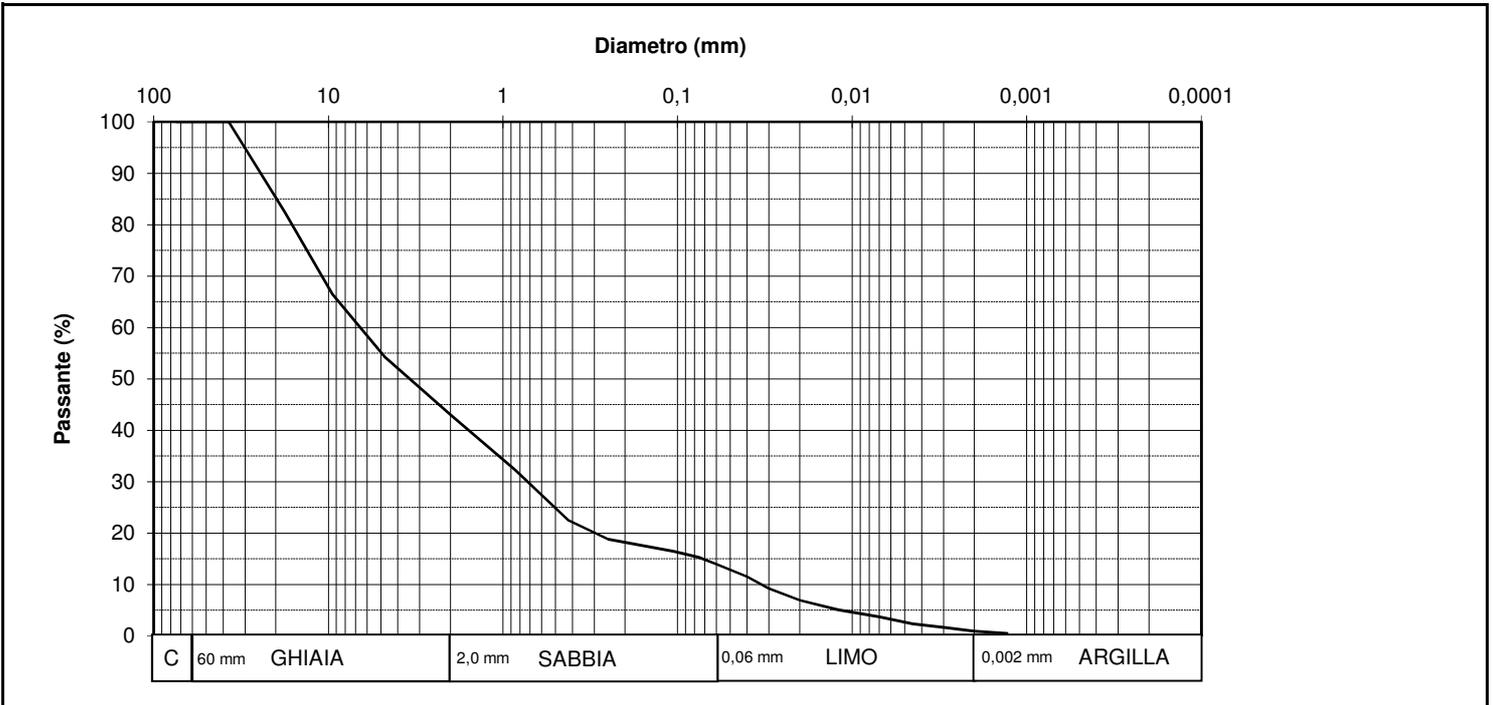
Provenienza: **Trincea TR3**

Campione n°: **C1 (rim.)**

Profondità: **1,2 - 5,5 m**

Rapporto di Prova n°: **6/18GD**

Sperimentatore: **Dr. M.Bertasa**



SETACCIATURA			AEROMETRIA		
diametro mm	% cumulativa trattenuto	% cumulativa passante	% trattenuto	diametro equivalente	% cumulativa passante
75	0,00	100,00	0,00	0,06	13,97
37,5	0,00	100,00	0,00	0,04	11,54
19	17,56	82,44	17,56	0,03	9,23
9,52	33,52	66,48	15,96	0,02	6,92
4,75	45,72	54,28	12,20	0,012	5,08
2	56,95	43,05	11,23	0,007	3,69
0,85	67,69	32,31	10,74	0,0045	2,31
0,425	77,45	22,55	9,76	0,0029	1,62
0,25	81,20	18,80	3,75	0,002	0,92
0,105	83,57	16,43	2,37	0,0013	0,46
0,075	84,77	15,23	1,20		
< 0,075	100,00	0,00	15,23		

DIAMETRO mm		
Diametro massimo D max		37,2
Diametro passante 60% D ₆₀		6,6
Diametro passante 50% D ₅₀		3,3
Diametro passante 30% D ₃₀		0,71
Diametro passante 10% D ₁₀		0,032
COEFFICIENTI		
COEFF. UNIFORMITA' U =	2,06E+02	
COEFF. CURVATURA C =	2,39E+00	
COEFF. PERMEAB. (cm/sec) K =	1,02E-03	

AGI	
CLASSE GRANULOMETRICA %	
CIOTTOLI:	
GHIAIA :	56,95
SABBIA :	29,09
LIMO :	13,04
ARGILLA :	0,92

DENOMINAZIONE AGI :
ghiaia con sabbia limosa
CLASSIFICAZIONI
CNR UNI 10006:

PARAMETRI DETERMINATI	
PESO DI VOL. γ nat (gr/cm ³) =	
PESO DI VOL. γ sec (gr/cm ³) =	
PESO DI VOL. γ sat (gr/cm ³) =	
SATURAZIONE % S ₀ =	
INDICE DEI VUOTI ϵ_0 =	
POROSITA' n =	
PESO SPEC.(valore assunto) G _s	
UMIDITA' CAMPIONE W _n %	

NOTE:

LABORATORIO ANALISI
L'ANALISTA

M. Bertasa

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



ASACERT
ISO 9001:2008
QUALITY MANAGEMENT SYSTEM

Committente: **A.I.Po**
Agenzia Interregionale per il fiume Po

Località : **Varedo (MB)**

Data emissione: **22/01/18**

Campione n°: **Trincea TR3**

Campione n°: **C1 (rim)**

Profondità: **1,2 - 5,5 m**

Rapporto di Prova n°: **35/18GD**

Sperimentatore: **Dr. M.Bertasa**

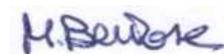
	1° campione di prova	2° campione di prova
Massa del campione di prova (gr)	5000	5000
m massa trattenuta 1,6 mm	3403,3	3382,8
$LA = \frac{(5000-m)}{50}$	31,9	32,3

COEFFICIENTE LOS ANGELES LA = 32,1

NOTE:

LABORATORIO ANALISI

L'ANALISTA



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



ASACERT
ISO 9001:2008
QUALITY MANAGEMENT SYSTEM

Committente: **A.I.Po**
Agenzia Interregionale per il fiume Po
 Provenienza: **Trincea TR3**

Località: **Varedo (MB)**

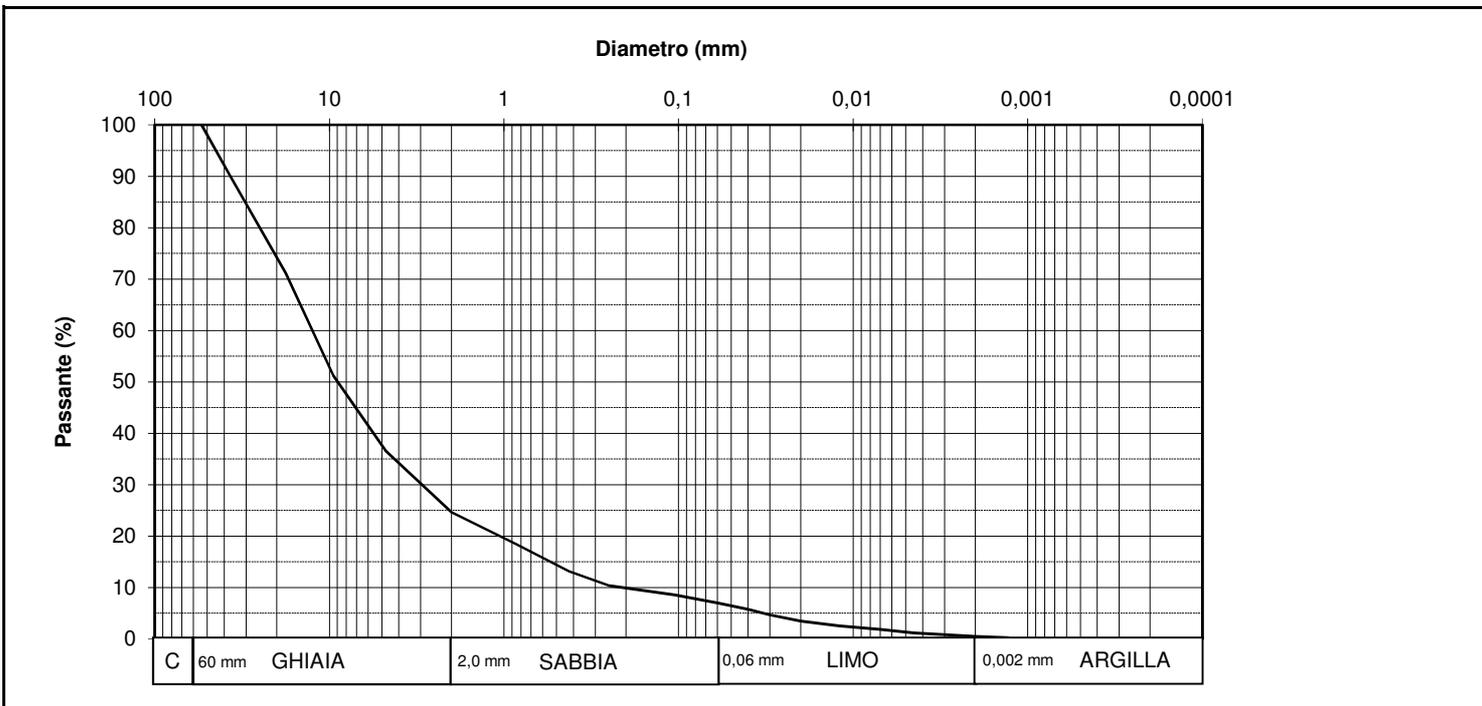
Data emissione: **22/01/18**

Campione n°: **C2 (rim.)**

Profondità: **5,5 - 7,0 m**

Rapporto di Prova n°: **7/18GD**

Sperimentatore: **Dr. M.Bertasa**



SETACCIATURA			AEROMETRIA		
diametro mm	% cumulativa trattenuto	% cumulativa passante	% trattenuto	diametro equivalente	% cumulativa passante
75	0,00	100,00	0,00	0,06	6,99
37,5	9,58	90,42	9,58	0,04	5,78
19	28,81	71,19	19,23	0,03	4,62
9,52	48,79	51,21	19,98	0,02	3,47
4,75	63,41	36,59	14,62	0,012	2,54
2	75,37	24,63	11,96	0,007	1,85
0,85	81,58	18,42	6,21	0,0045	1,16
0,425	86,83	13,17	5,25	0,0029	0,81
0,25	89,62	10,38	2,80	0,002	0,46
0,105	91,44	8,56	1,81	0,0013	0,23
0,075	92,37	7,63	0,93		
< 0,075	100,00	0,00	7,63		

DIAMETRO mm	
Diametro massimo D max	53,9
Diametro passante 60% D ₆₀	12
Diametro passante 50% D ₅₀	9
Diametro passante 30% D ₃₀	2,9
Diametro passante 10% D ₁₀	0,21
COEFFICIENTI	
COEFF. UNIFORMITA' U =	5,71E+01
COEFF. CURVATURA C =	3,34E+00
COEFF. PERMEAB. (cm/sec) K =	4,41E-02

AGI	
CLASSE GRANULOMETRICA %	
CIOTTOLI:	
GHIAIA :	75,37
SABBIA :	17,64
LIMO :	6,53
ARGILLA :	0,46

DENOMINAZIONE AGI :
ghiaia sabbiosa debolmente limosa
CLASSIFICAZIONI
CNR UNI 10006:

PARAMETRI DETERMINATI	
PESO DI VOL. γ nat (gr/cm ³) =	
PESO DI VOL. γ sec (gr/cm ³) =	
PESO DI VOL. γ sat (gr/cm ³) =	
SATURAZIONE % S ₀ =	
INDICE DEI VUOTI ϵ_0 =	
POROSITA' n =	
PESO SPEC.(valore assunto) G _s	
UMIDITA' CAMPIONE W _n %	

NOTE:

LABORATORIO ANALISI

L'ANALISTA

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



ASACERT
 ISO 9001:2008
 QUALITY MANAGEMENT SYSTEM

Committente: **A.I.Po**

Località: **Varedo (MB)**

Data emissione: **22/01/18**

Agenzia Interregionale per il fiume Po

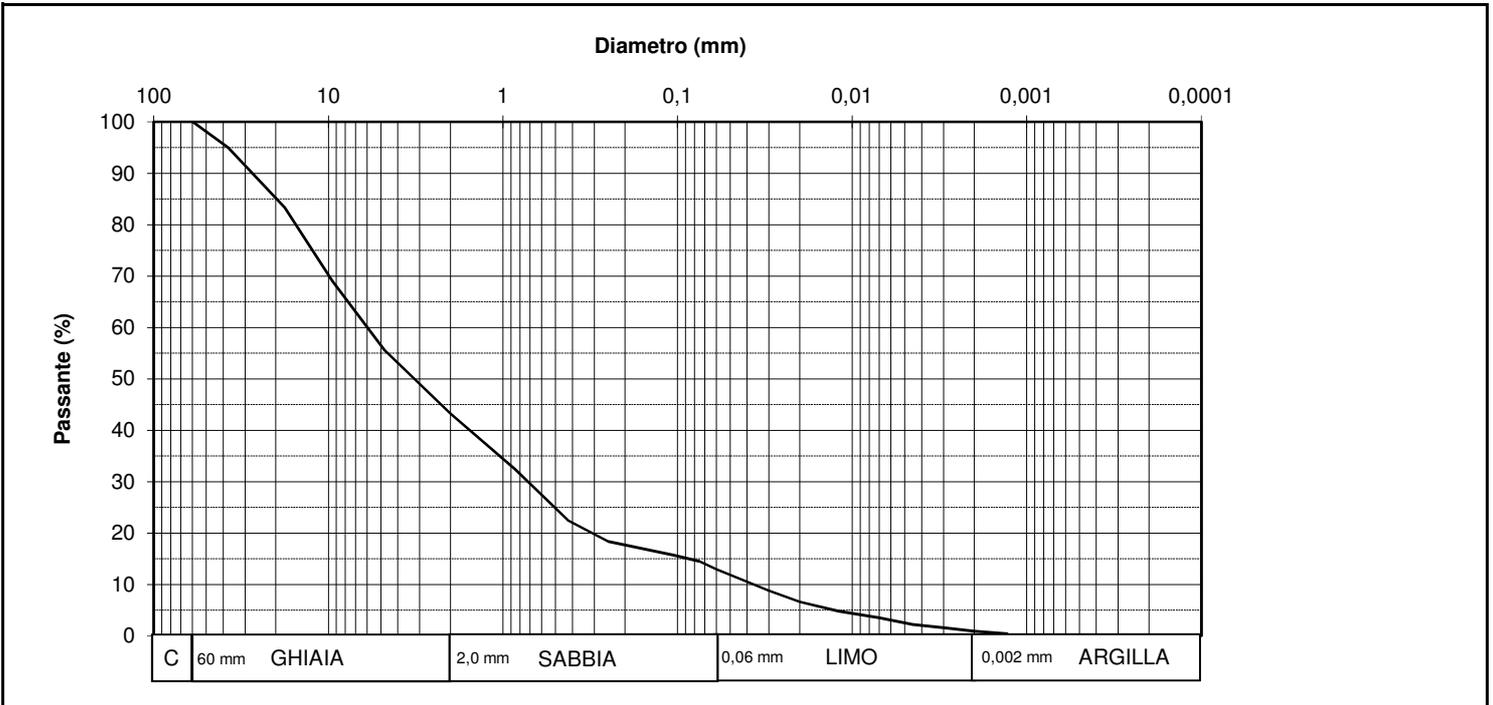
Provenienza: **Trincea TR4**

Campione n°: **C1 (rim.)**

Profondità: **0,0 - 4,0 m m**

Rapporto di Prova n°: **8/18GD**

Sperimentatore: **Dr. M.Bertasa**



SETACCIATURA			AEROMETRIA		
diametro mm	% cumulativa trattenuto	% cumulativa passante	% trattenuto	diametro equivalente	% cumulativa passante
75	0,00	100,00	0,00	0,06	12,98
37,5	5,01	94,99	5,01	0,04	10,56
19	16,66	83,34	11,66	0,03	8,80
9,52	30,96	69,04	14,29	0,02	6,60
4,75	44,46	55,54	13,51	0,012	4,84
2	56,77	43,23	12,30	0,007	3,52
0,85	67,60	32,40	10,83	0,0045	2,20
0,425	77,53	22,47	9,93	0,0029	1,54
0,25	81,67	18,33	4,13	0,002	0,88
0,105	84,29	15,71	2,62	0,0013	0,44
0,075	85,48	14,52	1,20		
< 0,075	100,00	0,00	14,52		

DIAMETRO mm		
Diametro massimo D max		59,7
Diametro passante 60% D ₆₀		6
Diametro passante 50% D ₅₀		31
Diametro passante 30% D ₃₀		0,71
Diametro passante 10% D ₁₀		0,036
COEFFICIENTI		
COEFF. UNIFORMITA' U =	1,67E+02	
COEFF. CURVATURA C =	2,33E+00	
COEFF. PERMEAB. (cm/sec) K =	1,30E-03	

AGI	
CLASSE GRANULOMETRICA %	
CIOTTOLI:	
GHIAIA :	56,77
SABBIA :	30,26
LIMO :	12,10
ARGILLA :	0,88

DENOMINAZIONE AGI :
ghiaia con sabbia limosa
CLASSIFICAZIONI
CNR UNI 10006:

PARAMETRI DETERMINATI	
PESO DI VOL. γ nat (gr/cm ³) =	
PESO DI VOL. γ sec (gr/cm ³) =	
PESO DI VOL. γ sat (gr/cm ³) =	
SATURAZIONE % S ₀ =	
INDICE DEI VUOTI ϵ_0 =	
POROSITA' n =	
PESO SPEC.(valore assunto) G _s	
UMIDITA' CAMPIONE W _n %	

NOTE:

LABORATORIO ANALISI
L'ANALISTA

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



ASACERT
ISO 9001:2008
QUALITY MANAGEMENT SYSTEM

Committente: **A.I.Po**

Località: **Varedo (MB)**

Data emissione: **22/01/18**

Agenzia Interregionale per il fiume Po

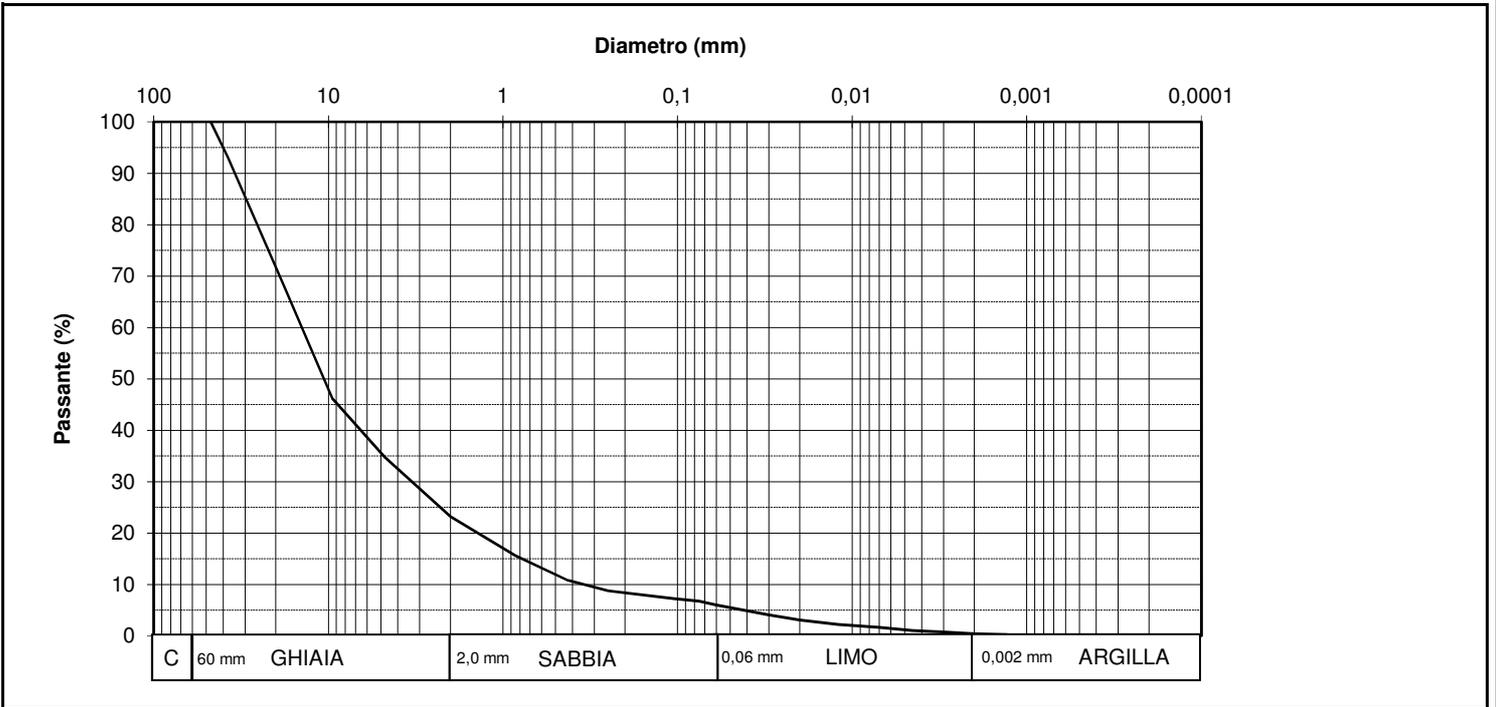
Provenienza: **Trincea TR4**

Campione n°: **C2 (rim.)**

Profondità: **4,0 - 7,0 m**

Rapporto di Prova n°: **9/18GD**

Sperimentatore: **Dr. M.Bertasa**



SETACCIATURA			AEROMETRIA		
diametro mm	% cumulativa trattenuto	% cumulativa passante	% trattenuto	diametro equivalente	% cumulativa passante
75	0,00	100,00	0,00	0,06	6,01
37,5	6,99	93,01	6,99	0,04	4,89
19	32,26	67,74	25,28	0,03	4,07
9,52	53,78	46,22	21,52	0,02	3,06
4,75	65,26	34,74	11,48	0,012	2,24
2	76,80	23,20	11,54	0,007	1,63
0,85	84,35	15,65	7,55	0,0045	1,02
0,425	89,25	10,75	4,90	0,0029	0,71
0,25	91,27	8,73	2,02	0,002	0,41
0,105	92,73	7,27	1,46	0,0013	0,20
0,075	93,28	6,72	0,54		
< 0,075	100,00	0,00	6,72		

DIAMETRO mm	
Diametro massimo D max	47,2
Diametro passante 60% D ₆₀	15
Diametro passante 50% D ₅₀	11
Diametro passante 30% D ₃₀	3,2
Diametro passante 10% D ₁₀	0,34
COEFFICIENTI	
COEFF. UNIFORMITA' U =	4,41E+01
COEFF. CURVATURA C =	2,01E+00
COEFF. PERMEAB. (cm/sec) K =	1,16E-01

AGI CLASSE GRANULOMETRICA %	
CIOTTOLI:	
GHIAIA :	76,80
SABBIA :	17,19
LIMO :	5,60
ARGILLA :	0,41

DENOMINAZIONE AGI :
ghiaia sabbiosa debolmente limosa
CLASSIFICAZIONI
CNR UNI 10006:

PARAMETRI DETERMINATI	
PESO DI VOL. γ nat (gr/cm ³) =	
PESO DI VOL. γ sec (gr/cm ³) =	
PESO DI VOL. γ sat (gr/cm ³) =	
SATURAZIONE % S ₀ =	
INDICE DEI VUOTI ϵ_0 =	
POROSITA' n =	
PESO SPEC.(valore assunto) G _s	
UMIDITA' CAMPIONE W _n %	

NOTE:

**LABORATORIO ANALISI
L'ANALISTA**

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



ASACERT
ISO 9001:2008
QUALITY MANAGEMENT SYSTEM

Committente: **A.I.Po**
Agenzia Interregionale per il fiume Po

Località : **Varedo (MB)**

Data emissione: **22/01/18**

Campione n°: **Trincea TR4**

Campione n°: **C2 (rim)**

Profondità: **4,0 - 7,0 m**

Rapporto di Prova n°: **36/18GD**

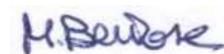
Sperimentatore: **Dr. M.Bertasa**

	1° campione di prova	2° campione di prova
Massa del campione di prova (gr)	5000	5000
m massa trattenuta 1,6 mm	3780,8	3733,6
$LA = \frac{(5000-m)}{50}$	24,4	25,3

COEFFICIENTE LOS ANGELES LA = 24,9

NOTE:

LABORATORIO ANALISI
L'ANALISTA



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



ASACERT
ISO 9001:2008
QUALITY MANAGEMENT SYSTEM

Committente: **A.I.Po**

Località: **Varedo (MB)**

Data emissione: **22/01/18**

Agenzia Interregionale per il fiume Po

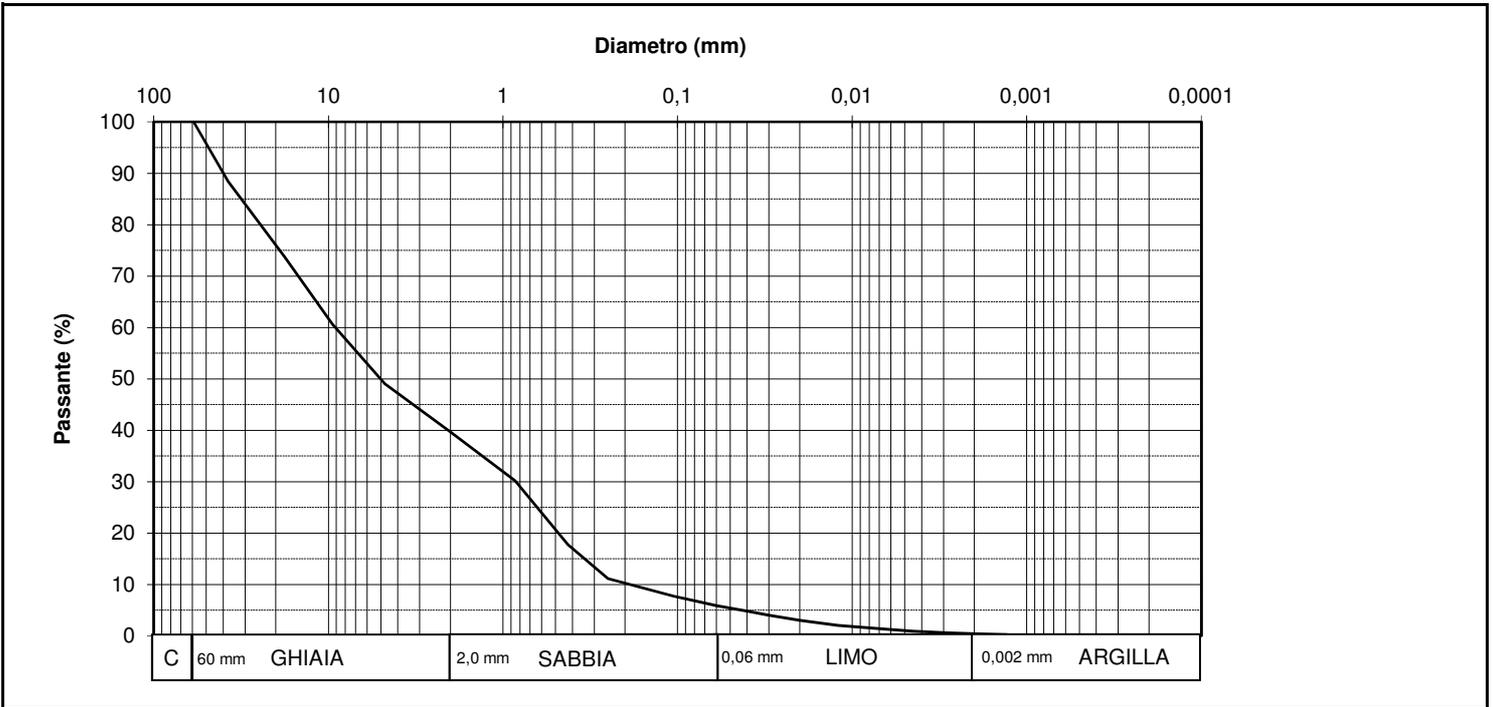
Provenienza: **Trincea TR5**

Campione n°: **C2 (rim.)**

Profondità: **4,0 - 7,0 m**

Rapporto di Prova n°: **11/18GD**

Sperimentatore: **Dr. M.Bertasa**



SETACCIATURA			AEROMETRIA		
diametro mm	% cumulativa trattenuto	% cumulativa passante	% trattenuto	diametro equivalente	% cumulativa passante
75	0,00	100,00	0,00	0,06	5,90
37,5	11,54	88,46	11,54	0,04	4,80
19	26,27	73,73	14,73	0,03	4,00
9,52	39,35	60,65	13,08	0,02	3,00
4,75	50,97	49,03	11,62	0,012	2,00
2	60,30	39,70	9,33	0,007	1,40
0,85	69,84	30,16	9,54	0,0045	0,90
0,425	82,28	17,72	12,44	0,0029	0,60
0,25	88,90	11,10	6,62	0,002	0,40
0,105	92,33	7,67	3,43	0,0013	0,20
0,075	93,40	6,60	1,06		
< 0,075	100,00	0,00	6,60		

DIAMETRO mm	
Diametro massimo D max	59,1
Diametro passante 60% D ₆₀	9,1
Diametro passante 50% D ₅₀	5
Diametro passante 30% D ₃₀	0,82
Diametro passante 10% D ₁₀	0,19
COEFFICIENTI	
COEFF. UNIFORMITA' U =	4,79E+01
COEFF. CURVATURA C =	3,89E-01
COEFF. PERMEAB. (cm/sec) K =	3,61E-02

AGI	
CLASSE GRANULOMETRICA %	
CIOTTOLI:	
GHIAIA :	60,30
SABBIA :	33,80
LIMO :	5,50
ARGILLA :	0,40

DENOMINAZIONE AGI :
ghiaia con sabbia debolmente limosa
CLASSIFICAZIONI
CNR UNI 10006:

PARAMETRI DETERMINATI	
PESO DI VOL. γ nat (gr/cm ³) =	
PESO DI VOL. γ sec (gr/cm ³) =	
PESO DI VOL. γ sat (gr/cm ³) =	
SATURAZIONE % S ₀ =	
INDICE DEI VUOTI ϵ_0 =	
POROSITA' n =	
PESO SPEC.(valore assunto) G _s	
UMIDITA' CAMPIONE W _n %	

NOTE:

LABORATORIO ANALISI
L'ANALISTA

M. Bertasa

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



ASACERT
ISO 9001:2008
QUALITY MANAGEMENT SYSTEM

Committente: **A.I.Po**
Agenzia Interregionale per il fiume Po

Località : **Varedo (MB)**

Data emissione: **22/01/18**

Campione n°: **Trincea TR5**

Campione n°: **C2 (rim)**

Profondità: **4,0 - 7,0 m**

Rapporto di Prova n°: **37/18GD**

Sperimentatore: **Dr. M.Bertasa**

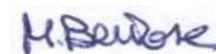
	1° campione di prova	2° campione di prova
Massa del campione di prova (gr)	5000	5000
m massa trattenuta 1,6 mm	3722,2	3691,3
$LA = \frac{(5000-m)}{50}$	25,6	26,2

COEFFICIENTE LOS ANGELES LA = 25,9

NOTE:

LABORATORIO ANALISI

L'ANALISTA



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



ASACERT
ISO 9001:2008
QUALITY MANAGEMENT SYSTEM

Committente: **A.I.Po**

Località: **Varedo (MB)**

Data emissione: **22/01/18**

Agenzia Interregionale per il fiume Po

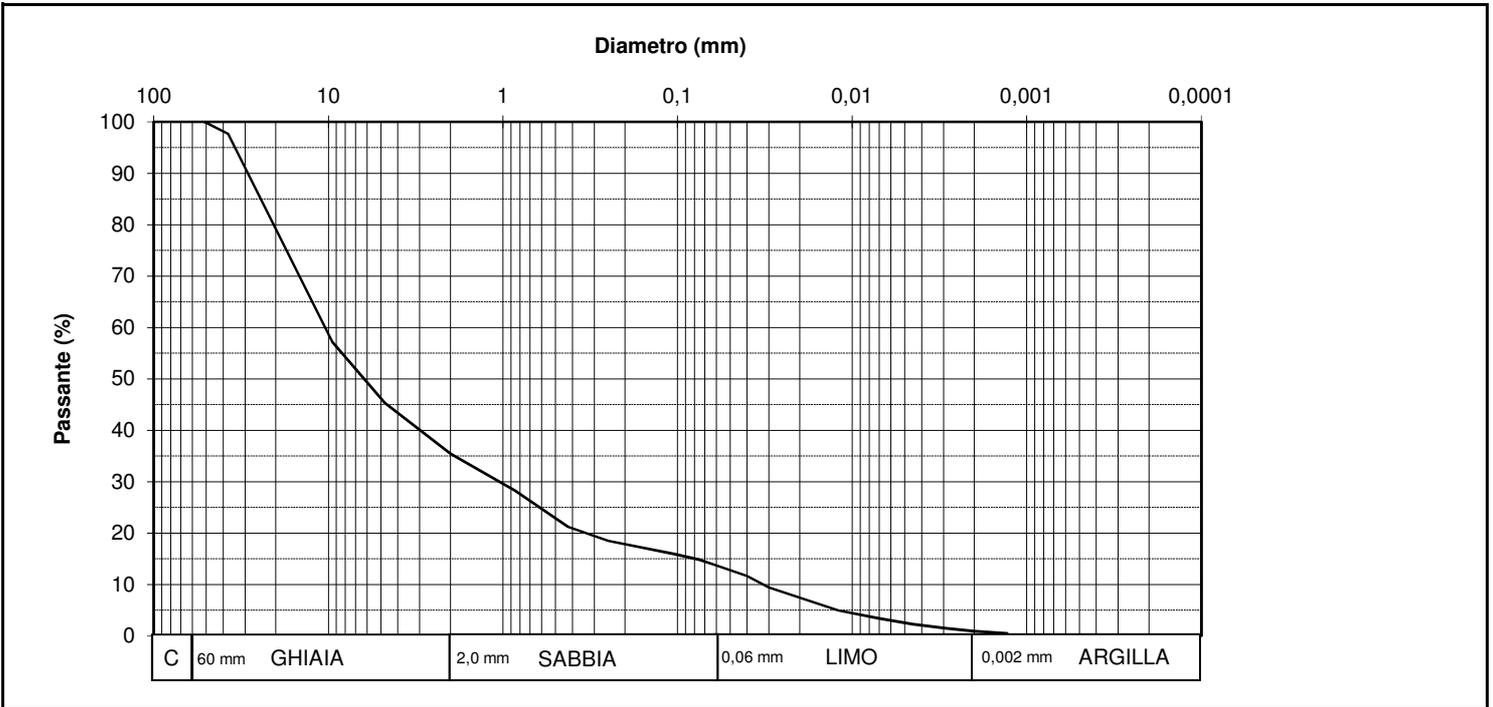
Provenienza: **Trincea TR6**

Campione n°: **C1 (rim.)**

Profondità: **0,0 - 4,0 m**

Rapporto di Prova n°: **12/18GD**

Sperimentatore: **Dr. M.Bertasa**



SETACCIATURA			AEROMETRIA		
diametro mm	% cumulativa trattenuto	% cumulativa passante	% trattenuto	diametro equivalente	% cumulativa passante
75	0,00	100,00	0,00	0,06	13,69
37,5	2,33	97,67	2,33	0,04	11,67
19	24,33	75,67	22,00	0,03	9,42
9,52	42,80	57,20	18,47	0,02	7,41
4,75	54,67	45,33	11,87	0,012	4,94
2	64,57	35,43	9,90	0,007	3,37
0,85	71,73	28,27	7,16	0,0045	2,24
0,425	78,77	21,23	7,04	0,0029	1,46
0,25	81,50	18,50	2,72	0,002	0,90
0,105	84,07	15,93	2,57	0,0013	0,45
0,075	85,19	14,81	1,12		
< 0,075	100,00	0,00	14,81		

DIAMETRO mm	
Diametro massimo D max	51,1
Diametro passante 60% D ₆₀	10,5
Diametro passante 50% D ₅₀	6,1
Diametro passante 30% D ₃₀	1
Diametro passante 10% D ₁₀	0,031
COEFFICIENTI	
COEFF. UNIFORMITA' U =	3,39E+02
COEFF. CURVATURA C =	3,07E+00
COEFF. PERMEAB. (cm/sec) K =	9,61E-04

AGI CLASSE GRANULOMETRICA %	
CIOTTOLI:	
GHIAIA :	64,57
SABBIA :	21,74
LIMO :	12,79
ARGILLA :	0,90

DENOMINAZIONE AGI :
ghiaia sabbiosa limosa
CLASSIFICAZIONI
CNR UNI 10006:

PARAMETRI DETERMINATI	
PESO DI VOL. γ nat (gr/cm ³) =	
PESO DI VOL. γ sec (gr/cm ³) =	
PESO DI VOL. γ sat (gr/cm ³) =	
SATURAZIONE % S ₀ =	
INDICE DEI VUOTI ϵ_0 =	
POROSITA' n =	
PESO SPEC.(valore assunto) G _s	
UMIDITA' CAMPIONE W _n %	

NOTE:

**LABORATORIO ANALISI
L'ANALISTA**

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



ASACERT
ISO 9001:2008
QUALITY MANAGEMENT SYSTEM

Committente: **A.I.Po**
Agenzia Interregionale per il fiume Po

Località : **Varedo (MB)**

Data emissione: **22/01/18**

Campione n°: **Trincea TR6**

Campione n°: **C1 (rim)**

Profondità: **1,0 - 4,0 m**

Rapporto di Prova n°: **38/18GD**

Sperimentatore: **Dr. M.Bertasa**

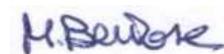
	1° campione di prova	2° campione di prova
Massa del campione di prova (gr)	5000	5000
m massa trattenuta 1,6 mm	3188,6	3207,4
$LA = \frac{(5000-m)}{50}$	36,2	35,9

COEFFICIENTE LOS ANGELES LA = 36,0

NOTE:

LABORATORIO ANALISI

L'ANALISTA



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



ASACERT
ISO 9001:2008
QUALITY MANAGEMENT SYSTEM

Committente: **A.I.Po**

Località: **Varedo (MB)**

Data emissione: **22/01/18**

Agenzia Interregionale per il fiume Po

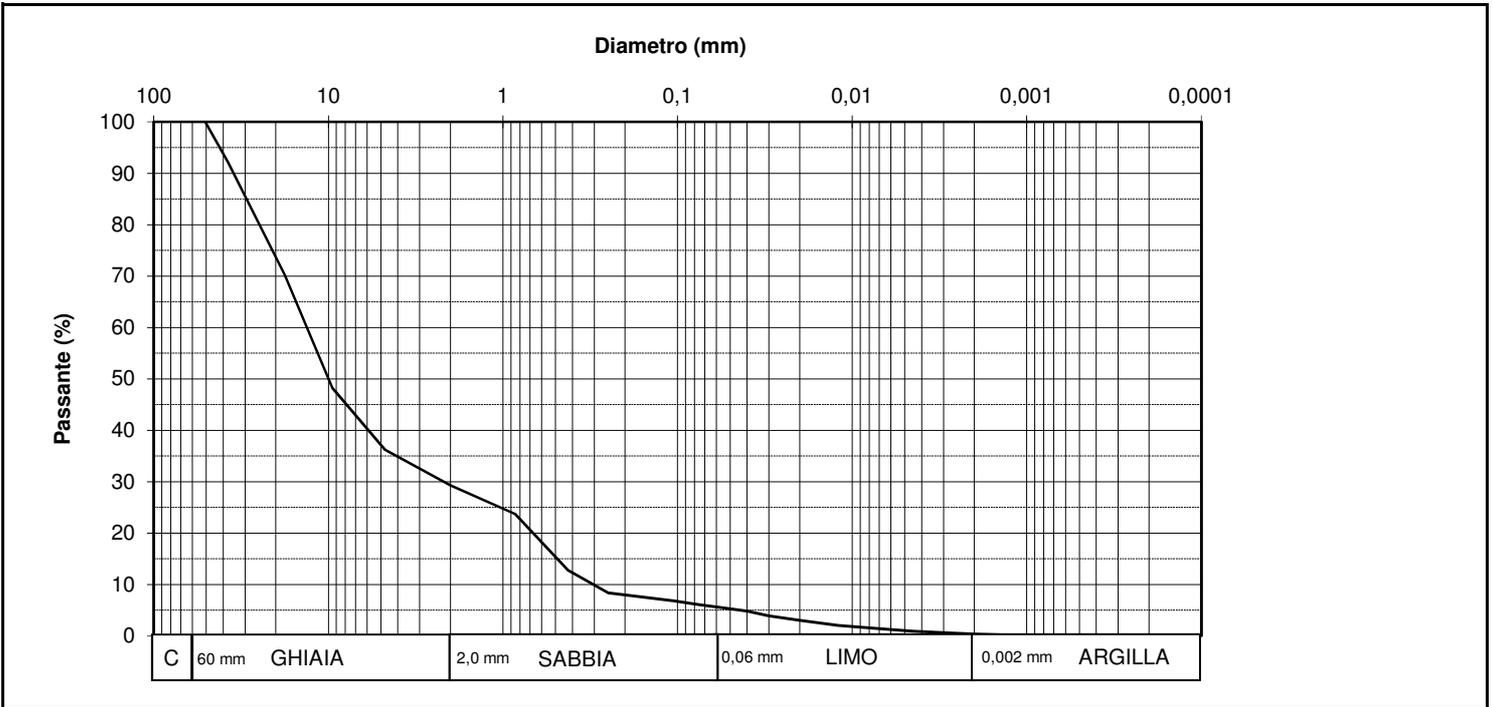
Provenienza: **Trincea TR6**

Campione n°: **C2 (rim.)**

Profondità: **4,0 - 7,0 m**

Rapporto di Prova n°: **13/18GD**

Sperimentatore: **Dr. M.Bertasa**



SETACCIATURA			AEROMETRIA		
diametro mm	% cumulativa trattenuto	% cumulativa passante	% trattenuto	diametro equivalente	% cumulativa passante
75	0,00	100,00	0,00	0,06	5,62
37,5	7,92	92,08	7,92	0,04	4,79
19	29,77	70,23	21,85	0,03	3,87
9,52	51,78	48,22	22,00	0,02	3,04
4,75	63,76	36,24	11,98	0,012	2,03
2	70,71	29,29	6,96	0,007	1,38
0,85	76,32	23,68	5,61	0,0045	0,92
0,425	87,22	12,78	10,90	0,0029	0,60
0,25	91,67	8,33	4,45	0,002	0,37
0,105	93,20	6,80	1,54	0,0013	0,18
0,075	93,92	6,08	0,72		
< 0,075	100,00	0,00	6,08		

DIAMETRO mm		
Diametro massimo D max		50,7
Diametro passante 60% D ₆₀		13
Diametro passante 50% D ₅₀		10
Diametro passante 30% D ₃₀		2,1
Diametro passante 10% D ₁₀		0,3
COEFFICIENTI		
COEFF. UNIFORMITA' U =	4,33E+01	
COEFF. CURVATURA C =	1,13E+00	
COEFF. PERMEAB. (cm/sec) K =	9,00E-02	

AGI	
CLASSE GRANULOMETRICA %	
CIOTTOLI:	
GHIAIA :	70,71
SABBIA :	23,67
LIMO :	5,25
ARGILLA :	0,37

DENOMINAZIONE AGI :
ghiaia sabbiosa debolmente limosa
CLASSIFICAZIONI
CNR UNI 10006:

PARAMETRI DETERMINATI	
PESO DI VOL. γ nat (gr/cm ³) =	
PESO DI VOL. γ sec (gr/cm ³) =	
PESO DI VOL. γ sat (gr/cm ³) =	
SATURAZIONE % S ₀ =	
INDICE DEI VUOTI ϵ_0 =	
POROSITA' n =	
PESO SPEC.(valore assunto) G _s	
UMIDITA' CAMPIONE W _n %	

NOTE:

LABORATORIO ANALISI
L'ANALISTA

M. Bertasa

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



ASACERT
ISO 9001:2008
QUALITY MANAGEMENT SYSTEM

Committente: **A.I.Po**

Località: **Varedo (MB)**

Data emissione: **22/01/18**

Agenzia Interregionale per il fiume Po

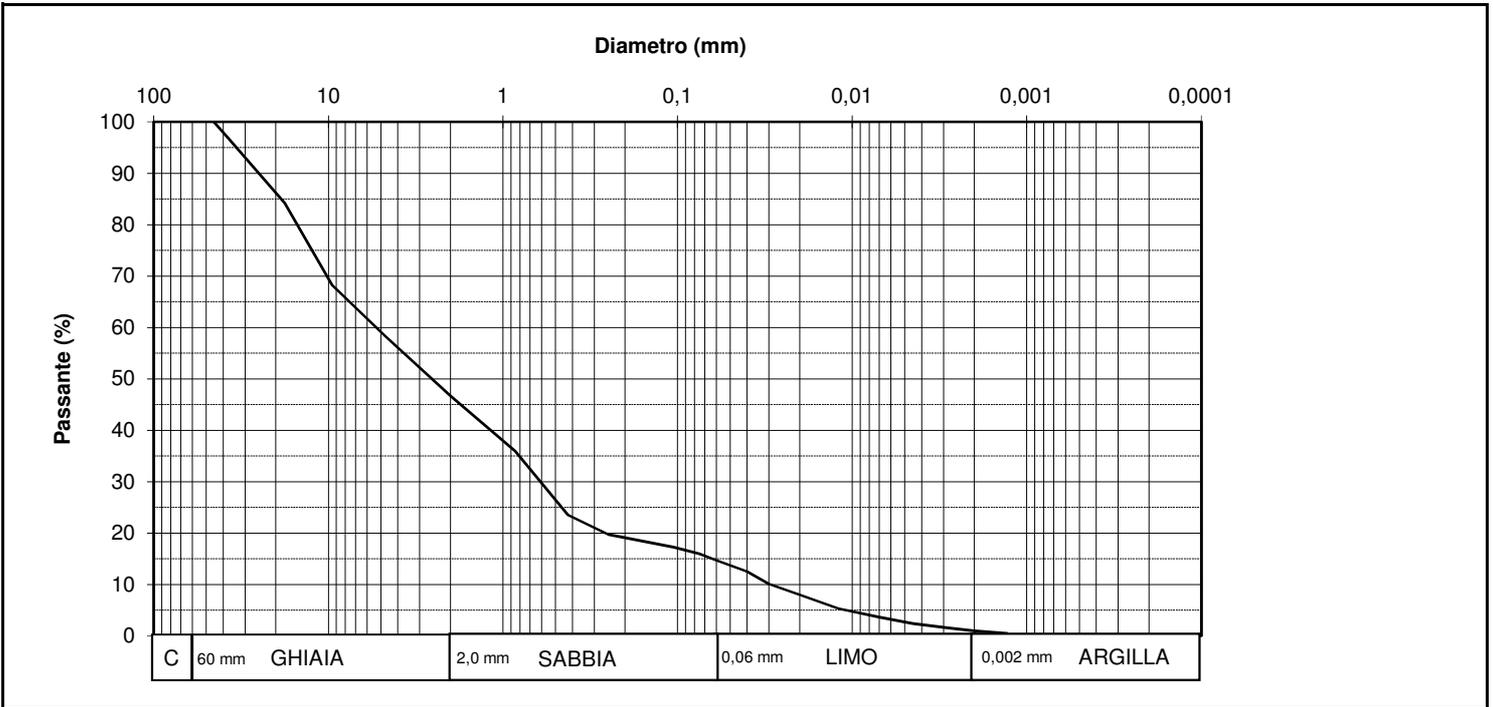
Provenienza: **Trincea TR7**

Campione n°: **C1 (rim.)**

Profondità: **0,7 - 2,0 m**

Rapporto di Prova n°: **14/18GD**

Sperimentatore: **Dr. M.Bertasa**



SETACCIATURA			AEROMETRIA		
diametro mm	% cumulativa trattenuto	% cumulativa passante	% trattenuto	diametro equivalente	% cumulativa passante
75	0,00	100,00	0,00	0,06	14,71
37,5	3,09	96,91	3,09	0,04	12,54
19	15,81	84,19	12,72	0,03	10,13
9,52	31,80	68,20	15,99	0,02	7,96
4,75	41,61	58,39	9,81	0,012	5,31
2	53,32	46,68	11,71	0,007	3,62
0,85	64,05	35,95	10,73	0,0045	2,41
0,425	76,47	23,53	12,42	0,0029	1,57
0,25	80,28	19,72	3,81	0,002	0,96
0,105	82,76	17,24	2,48	0,0013	0,48
0,075	84,08	15,92	1,32		
< 0,075	100,00	0,00	15,92		

DIAMETRO mm		
Diametro massimo D max		45,2
Diametro passante 60% D ₆₀		5,2
Diametro passante 50% D ₅₀		2,6
Diametro passante 30% D ₃₀		0,6
Diametro passante 10% D ₁₀		0,029
COEFFICIENTI		
COEFF. UNIFORMITA' U =	1,79E+02	
COEFF. CURVATURA C =	2,39E+00	
COEFF. PERMEAB. (cm/sec) K =	8,41E-04	

AGI CLASSE GRANULOMETRICA %	
CIOTTOLI:	
GHIAIA :	53,32
SABBIA :	31,97
LIMO :	13,75
ARGILLA :	0,96

DENOMINAZIONE AGI :
ghiaia con sabbia limosa
CLASSIFICAZIONI
CNR UNI 10006:

PARAMETRI DETERMINATI	
PESO DI VOL. γ nat (gr/cm ³) =	
PESO DI VOL. γ sec (gr/cm ³) =	
PESO DI VOL. γ sat (gr/cm ³) =	
SATURAZIONE % S ₀ =	
INDICE DEI VUOTI ϵ_0 =	
POROSITA' n =	
PESO SPEC.(valore assunto) G _s	
UMIDITA' CAMPIONE W _n %	

NOTE:

**LABORATORIO ANALISI
L'ANALISTA**

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



ASACERT
ISO 9001:2008
QUALITY MANAGEMENT SYSTEM

Committente: **A.I.Po**

 Località: **Varedo (MB)**

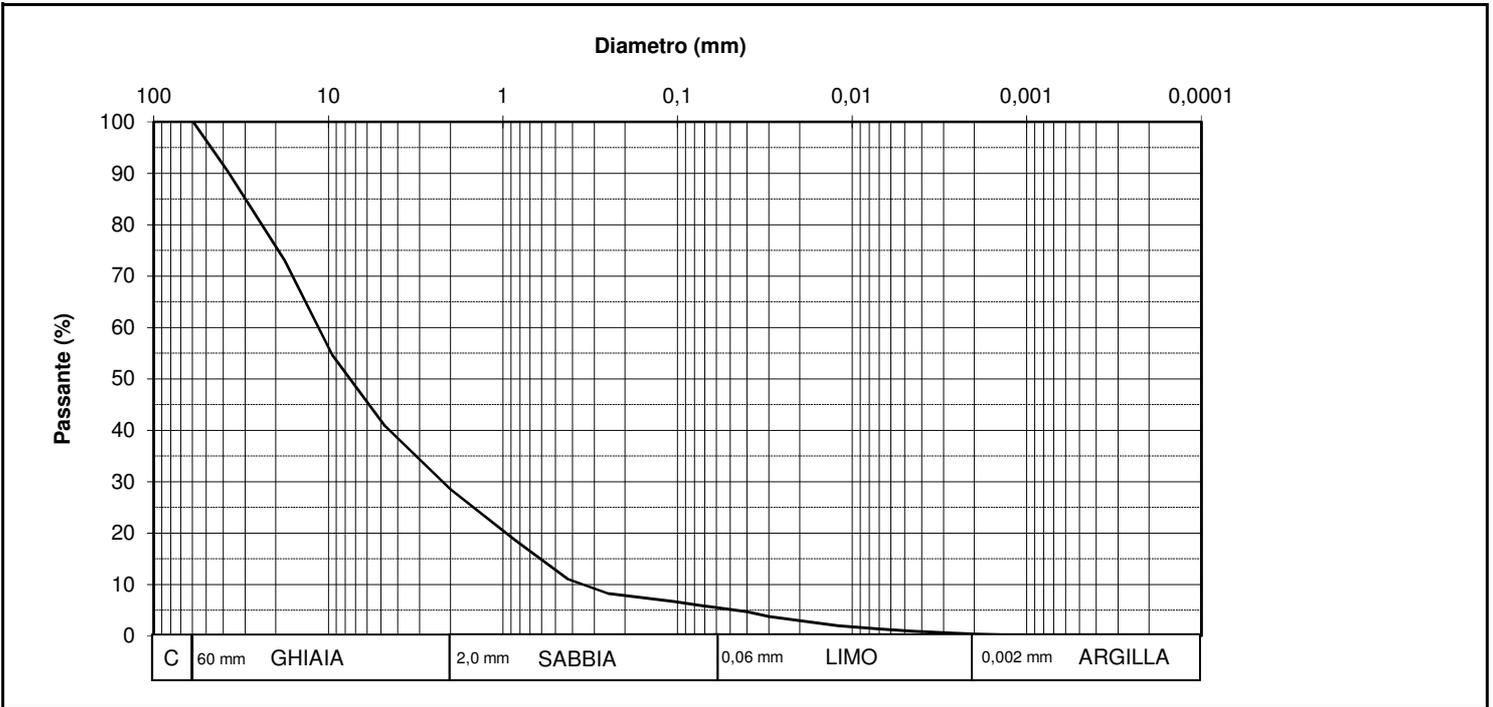
 Data emissione: **22/01/18**
Agenzia Interregionale per il fiume Po

 Provenienza: **Trincea TR7**

 Campione n°: **C2 (rim.)**

 Profondità: **2,0 - 7,0 m**

 Rapporto di Prova n°: **15/18GD**

 Sperimentatore: **Dr. M.Bertasa**


SETACCIATURA			AEROMETRIA		
diametro mm	% cumulativa trattenuto	% cumulativa passante	% trattenuto	diametro equivalente	% cumulativa passante
75	0,00	100,00	0,00	0,06	5,51
37,5	9,67	90,33	9,67	0,04	4,70
19	26,94	73,06	17,27	0,03	3,79
9,52	45,36	54,64	18,42	0,02	2,98
4,75	59,12	40,88	13,76	0,012	1,99
2	71,52	28,48	12,40	0,007	1,35
0,85	81,39	18,61	9,86	0,0045	0,90
0,425	88,96	11,04	7,58	0,0029	0,59
0,25	91,79	8,21	2,83	0,002	0,36
0,105	93,30	6,70	1,51	0,0013	0,18
0,075	94,04	5,96	0,74		
< 0,075	100,00	0,00	5,96		

DIAMETRO mm		
Diametro massimo D max		59,3
Diametro passante 60% D ₆₀		11
Diametro passante 50% D ₅₀		7,4
Diametro passante 30% D ₃₀		2,2
Diametro passante 10% D ₁₀		0,34
COEFFICIENTI		
COEFF. UNIFORMITA' U =		3,24E+01
COEFF. CURVATURA C =		1,29E+00
COEFF. PERMEAB. (cm/sec) K =		1,16E-01

AGI CLASSE GRANULOMETRICA %	
CIOTTOLI:	
GHIAIA :	71,52
SABBIA :	22,97
LIMO :	5,15
ARGILLA :	0,36

DENOMINAZIONE AGI :
ghiaia sabbiosa debolmente limosa
CLASSIFICAZIONI
CNR UNI 10006:

PARAMETRI DETERMINATI	
PESO DI VOL. γ nat (gr/cm ³) =	
PESO DI VOL. γ sec (gr/cm ³) =	
PESO DI VOL. γ sat (gr/cm ³) =	
SATURAZIONE % S ₀ =	
INDICE DEI VUOTI ϵ_0 =	
POROSITA' n =	
PESO SPEC.(valore assunto) G _s	
UMIDITA' CAMPIONE W _n %	

NOTE:

**LABORATORIO ANALISI
L'ANALISTA**

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



ASACERT
ISO 9001:2008
QUALITY MANAGEMENT SYSTEM

Committente: **A.I.Po**
Agenzia Interregionale per il fiume Po

Località : **Varedo (MB)**

Data emissione: **22/01/18**

Campione n°: **Trincea TR7**

Campione n°: **C2 (rim)**

Profondità: **2,0 - 7,0 m**

Rapporto di Prova n°: **39/18GD**

Sperimentatore: **Dr. M.Bertasa**

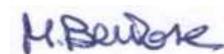
	1° campione di prova	2° campione di prova
Massa del campione di prova (gr)	5000	5000
m massa trattenuta 1,6 mm	3785,2	3719,3
$LA = \frac{(5000-m)}{50}$	24,3	25,6

COEFFICIENTE LOS ANGELES LA = 25,0

NOTE:

LABORATORIO ANALISI

L'ANALISTA



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



ASACERT
ISO 9001:2008
QUALITY MANAGEMENT SYSTEM

Committente: **A.I.Po**

Località: **Varedo (MB)**

Data emissione: **22/01/18**

Agenzia Interregionale per il fiume Po

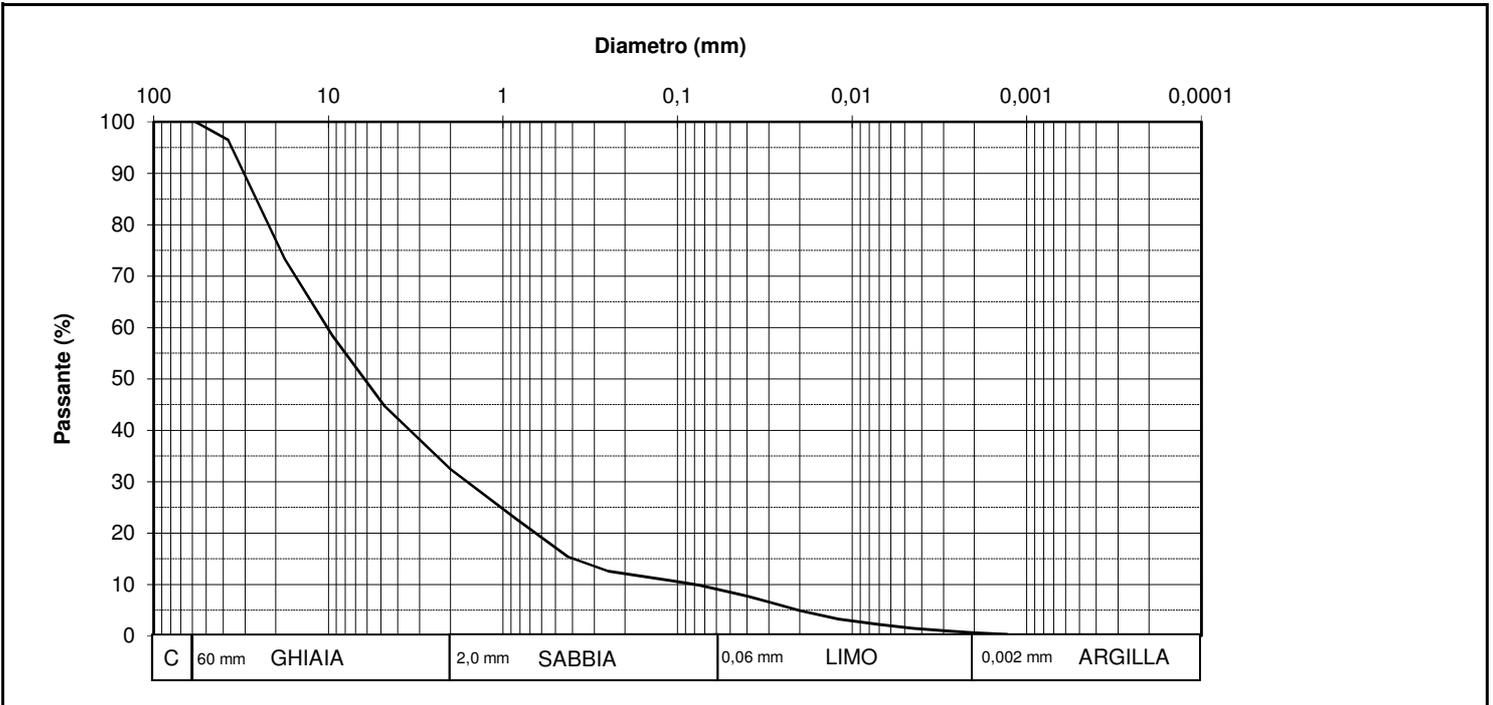
Provenienza: **Trincea TR8**

Campione n°: **C1 (rim.)**

Profondità: **0,0 - 4,0 m**

Rapporto di Prova n°: **16/18GD**

Sperimentatore: **Dr. M.Bertasa**



SETACCIATURA			AEROMETRIA		
diametro mm	% cumulativa trattenuto	% cumulativa passante	% trattenuto	diametro equivalente	% cumulativa passante
75	0,00	100,00	0,00	0,06	9,08
37,5	3,50	96,50	3,50	0,04	7,74
19	26,64	73,36	23,14	0,03	6,55
9,52	41,60	58,40	14,96	0,02	4,91
4,75	55,37	44,63	13,77	0,012	3,27
2	67,61	32,39	12,24	0,007	2,23
0,85	77,11	22,89	9,50	0,0045	1,49
0,425	84,62	15,38	7,51	0,0029	0,97
0,25	87,39	12,61	2,77	0,002	0,60
0,105	89,34	10,66	1,95	0,0013	0,30
0,075	90,18	9,82	0,84		
< 0,075	100,00	0,00	9,82		

DIAMETRO mm		
Diametro massimo D max		57,5
Diametro passante 60% D ₆₀		10
Diametro passante 50% D ₅₀		6
Diametro passante 30% D ₃₀		1,7
Diametro passante 10% D ₁₀		0,08
COEFFICIENTI		
COEFF. UNIFORMITA' U =	1,25E+02	
COEFF. CURVATURA C =	3,61E+00	
COEFF. PERMEAB. (cm/sec) K =	6,40E-03	

AGI CLASSE GRANULOMETRICA %	
CIOTTOLI:	
GHIAIA :	67,61
SABBIA :	23,31
LIMO :	8,48
ARGILLA :	0,60

DENOMINAZIONE AGI :
ghiaia sabbiosa debolmente limosa
CLASSIFICAZIONI
CNR UNI 10006:

PARAMETRI DETERMINATI	
PESO DI VOL. γ nat (gr/cm ³) =	
PESO DI VOL. γ sec (gr/cm ³) =	
PESO DI VOL. γ sat (gr/cm ³) =	
SATURAZIONE % S ₀ =	
INDICE DEI VUOTI ϵ_0 =	
POROSITA' n =	
PESO SPEC.(valore assunto) G _s	
UMIDITA' CAMPIONE W _n %	

NOTE:

**LABORATORIO ANALISI
L'ANALISTA**

M. Bertasa

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



ASACERT
ISO 9001:2008
QUALITY MANAGEMENT SYSTEM

Committente: **A.I.Po**
Agenzia Interregionale per il fiume Po

Località : **Varedo (MB)**

Data emissione: **22/01/18**

Campione n°: **Trincea TR8**

Campione n°: **C2 (rim)**

Profondità: **4,0 - 6,0 m**

Rapporto di Prova n°: **40/18GD**

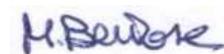
Sperimentatore: **Dr. M.Bertasa**

	1° campione di prova	2° campione di prova
Massa del campione di prova (gr)	5000	5000
m massa trattenuta 1,6 mm	3951,8	3994,2
$LA = \frac{(5000-m)}{50}$	21,0	20,1

COEFFICIENTE LOS ANGELES LA = 20,5

NOTE:

LABORATORIO ANALISI
L'ANALISTA



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



ASACERT
ISO 9001:2008
QUALITY MANAGEMENT SYSTEM

Committente: **A.I.Po**

Località: **Varedo (MB)**

Data emissione: **22/01/18**

Agenzia Interregionale per il fiume Po

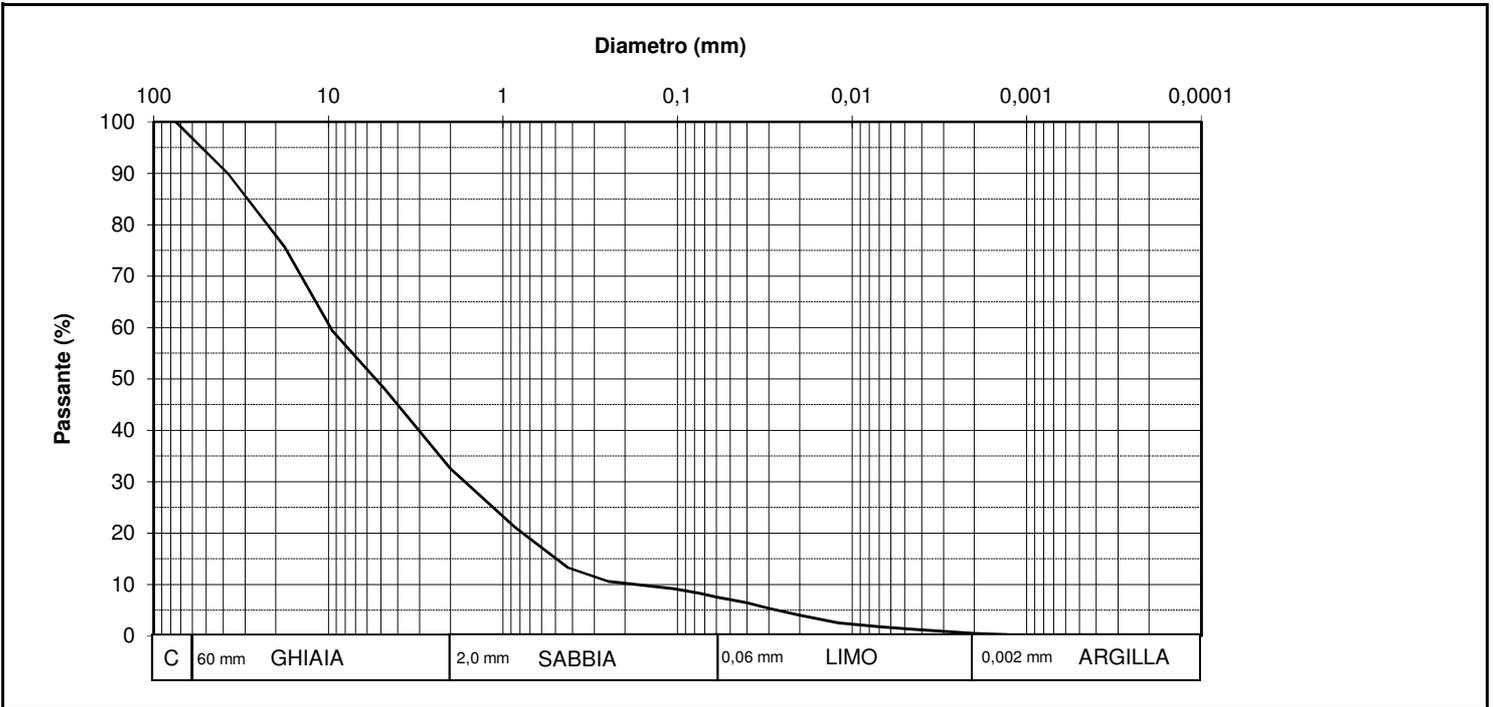
Provenienza: **Trincea TR8**

Campione n°: **C2 (rim.)**

Profondità: **4,0 - 6,0 m**

Rapporto di Prova n°: **17/18GD**

Sperimentatore: **Dr. M.Bertasa**



SETACCIATURA			AEROMETRIA		
diametro mm	% cumulativa trattenuto	% cumulativa passante	% trattenuto	diametro equivalente	% cumulativa passante
75	0,00	100,00	0,00	0,06	7,54
37,5	10,10	89,90	10,10	0,04	6,41
19	24,37	75,63	14,27	0,03	5,34
9,52	40,65	59,35	16,28	0,02	4,02
4,75	51,99	48,01	11,34	0,012	2,51
2	67,47	32,53	15,48	0,007	1,76
0,85	78,90	21,10	11,43	0,0045	1,26
0,425	86,73	13,27	7,83	0,0029	0,82
0,25	89,43	10,57	2,70	0,002	0,50
0,105	90,82	9,18	1,39	0,0013	0,25
0,075	91,70	8,30	0,88		
< 0,075	100,00	0,00	8,30		

DIAMETRO mm		
Diametro massimo D max		74,9
Diametro passante 60% D ₆₀		9,8
Diametro passante 50% D ₅₀		5,1
Diametro passante 30% D ₃₀		1,7
Diametro passante 10% D ₁₀		0,2
COEFFICIENTI		
COEFF. UNIFORMITA' U =	4,90E+01	
COEFF. CURVATURA C =	1,47E+00	
COEFF. PERMEAB. (cm/sec) K =	4,00E-02	

AGI	
CLASSE GRANULOMETRICA %	
CIOTTOLI:	3,00
GHIAIA :	64,47
SABBIA :	24,99
LIMO :	7,04
ARGILLA :	0,50

DENOMINAZIONE AGI :
ghiaia sabbiosa debolmente limosa
CLASSIFICAZIONI
CNR UNI 10006:

PARAMETRI DETERMINATI	
PESO DI VOL. γ nat (gr/cm ³) =	
PESO DI VOL. γ sec (gr/cm ³) =	
PESO DI VOL. γ sat (gr/cm ³) =	
SATURAZIONE % S ₀ =	
INDICE DEI VUOTI ϵ_0 =	
POROSITA' n =	
PESO SPEC.(valore assunto) G _s	
UMIDITA' CAMPIONE W _n %	

NOTE:

LABORATORIO ANALISI
L'ANALISTA

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



ASACERT
ISO 9001:2008
QUALITY MANAGEMENT SYSTEM

Committente: **A.I.Po**

Località: **Varedo (MB)**

Data emissione: **22/01/18**

Agenzia Interregionale per il fiume Po

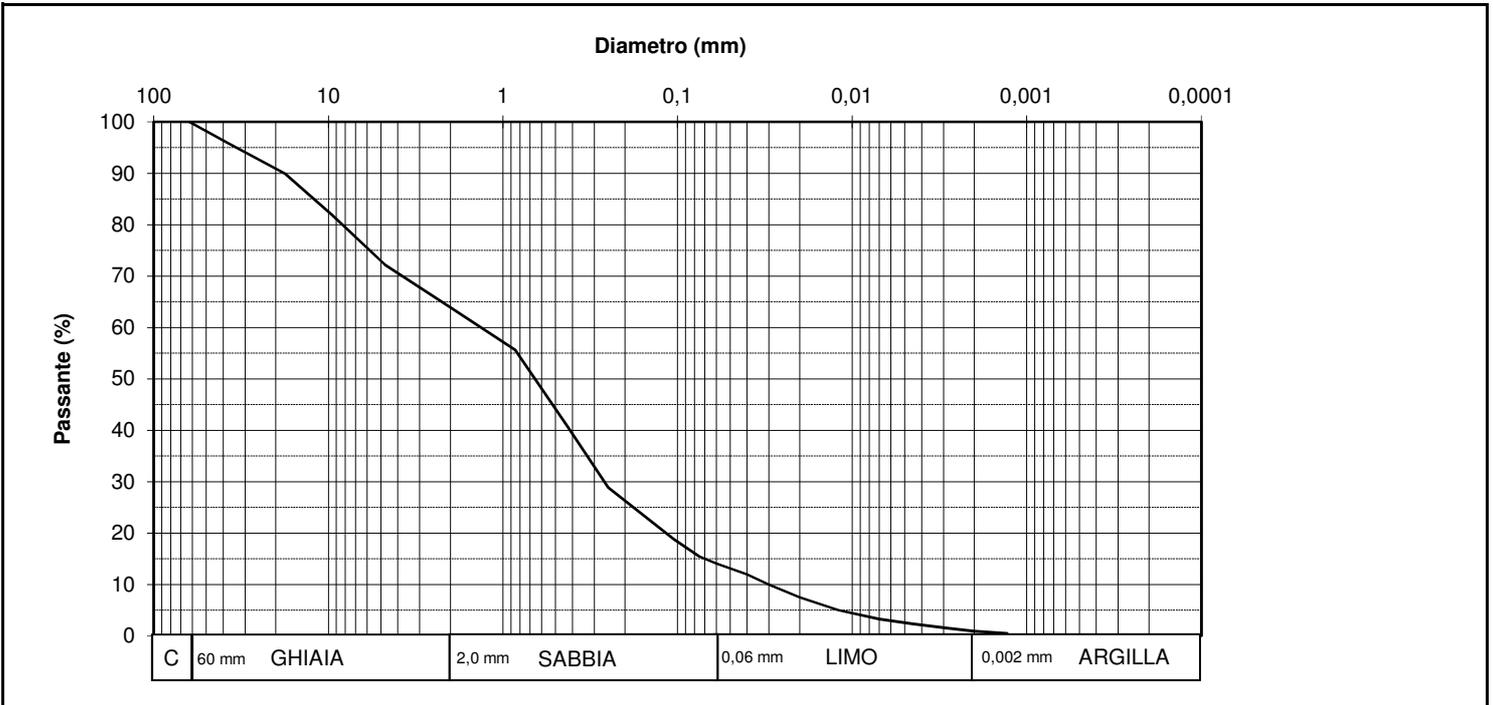
Provenienza: **Trincea TR8**

Campione n°: **C3 (rim.)**

Profondità: **6,0 - 7,5 m**

Rapporto di Prova n°: **18/18GD**

Sperimentatore: **Dr. M.Bertasa**



SETACCIATURA			AEROMETRIA		
diametro mm	% cumulativa trattenuto	% cumulativa passante	% trattenuto	diametro equivalente	% cumulativa passante
75	0,00	100,00	0,00	0,06	14,05
37,5	4,14	95,86	4,14	0,04	11,94
19	10,04	89,96	5,90	0,03	9,95
9,52	18,16	81,84	8,12	0,02	7,49
4,75	27,78	72,22	9,61	0,012	5,03
2	36,13	63,87	8,35	0,007	3,28
0,85	44,39	55,61	8,25	0,0045	2,34
0,425	59,38	40,62	15,00	0,0029	1,52
0,25	71,16	28,84	11,77	0,002	0,94
0,105	81,18	18,82	10,02	0,0013	0,47
0,075	84,54	15,46	3,36		
< 0,075	100,00	0,00	15,46		

DIAMETRO mm	
Diametro massimo D max	62,3
Diametro passante 60% D ₆₀	1,3
Diametro passante 50% D ₅₀	0,66
Diametro passante 30% D ₃₀	0,26
Diametro passante 10% D ₁₀	0,03
COEFFICIENTI	
COEFF. UNIFORMITA' U =	4,33E+01
COEFF. CURVATURA C =	1,73E+00
COEFF. PERMEAB. (cm/sec) K =	9,00E-04

AGI CLASSE GRANULOMETRICA %	
CIOTTOLI:	0,50
GHIAIA :	35,63
SABBIA :	49,82
LIMO :	13,11
ARGILLA :	0,94

DENOMINAZIONE AGI :
sabbia con ghiaia limosa
CLASSIFICAZIONI
CNR UNI 10006:

PARAMETRI DETERMINATI	
PESO DI VOL. γ nat (gr/cm ³) =	
PESO DI VOL. γ sec (gr/cm ³) =	
PESO DI VOL. γ sat (gr/cm ³) =	
SATURAZIONE % S ₀ =	
INDICE DEI VUOTI ϵ_0 =	
POROSITA' n =	
PESO SPEC.(valore assunto) G _s	
UMIDITA' CAMPIONE W _n %	

NOTE:

**LABORATORIO ANALISI
L'ANALISTA**

M. Bertasa

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



ASACERT
ISO 9001:2008
QUALITY MANAGEMENT SYSTEM

Committente: **A.I.Po**

Località: **Varedo (MB)**

Data emissione: **22/01/18**

Agenzia Interregionale per il fiume Po

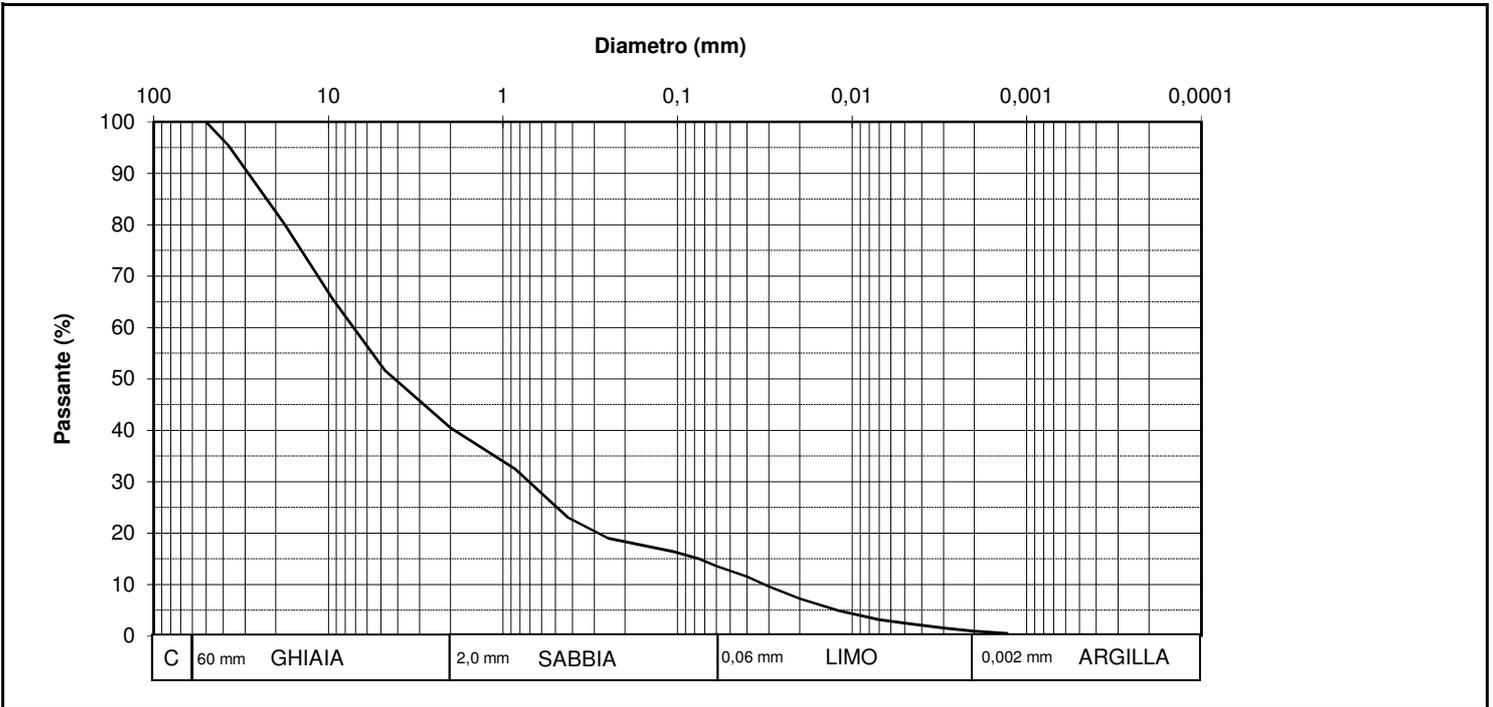
Provenienza: **Trincea TR9**

Campione n°: **C1 (rim.)**

Profondità: **1,6 - 3,3 m**

Rapporto di Prova n°: **19/18GD**

Sperimentatore: **Dr. M.Bertasa**



SETACCIATURA			AEROMETRIA		
diametro mm	% cumulativa trattenuto	% cumulativa passante	% trattenuto	diametro equivalente	% cumulativa passante
75	0,00	100,00	0,00	0,06	13,56
37,5	4,51	95,49	4,51	0,04	11,53
19	19,95	80,05	15,44	0,03	9,61
9,52	34,38	65,62	14,43	0,02	7,23
4,75	48,34	51,66	13,96	0,012	4,86
2	59,53	40,47	11,19	0,007	3,16
0,85	67,52	32,48	7,99	0,0045	2,26
0,425	76,97	23,03	9,46	0,0029	1,47
0,25	81,02	18,98	4,05	0,002	0,90
0,105	83,64	16,36	2,62	0,0013	0,45
0,075	85,08	14,92	1,45		
< 0,075	100,00	0,00	14,92		

DIAMETRO mm		
Diametro massimo D max		50,2
Diametro passante 60% D ₆₀		7,1
Diametro passante 50% D ₅₀		4,1
Diametro passante 30% D ₃₀		0,7
Diametro passante 10% D ₁₀		0,031
COEFFICIENTI		
COEFF. UNIFORMITA' U =	2,29E+02	
COEFF. CURVATURA C =	2,23E+00	
COEFF. PERMEAB. (cm/sec) K =	9,61E-04	

AGI	
CLASSE GRANULOMETRICA %	
CIOTTOLI:	
GHIAIA :	59,53
SABBIA :	26,91
LIMO :	12,66
ARGILLA :	0,90

DENOMINAZIONE AGI :
ghiaia con sabbia limosa
CLASSIFICAZIONI
CNR UNI 10006:

PARAMETRI DETERMINATI	
PESO DI VOL. γ nat (gr/cm ³) =	
PESO DI VOL. γ sec (gr/cm ³) =	
PESO DI VOL. γ sat (gr/cm ³) =	
SATURAZIONE % S ₀ =	
INDICE DEI VUOTI ϵ_0 =	
POROSITA' n =	
PESO SPEC.(valore assunto) G _s	
UMIDITA' CAMPIONE W _n %	

NOTE:

LABORATORIO ANALISI
L'ANALISTA

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



ASACERT
ISO 9001:2008
QUALITY MANAGEMENT SYSTEM

Committente: **A.I.Po**

Località: **Varedo (MB)**

Data emissione: **22/01/18**

Agenzia Interregionale per il fiume Po

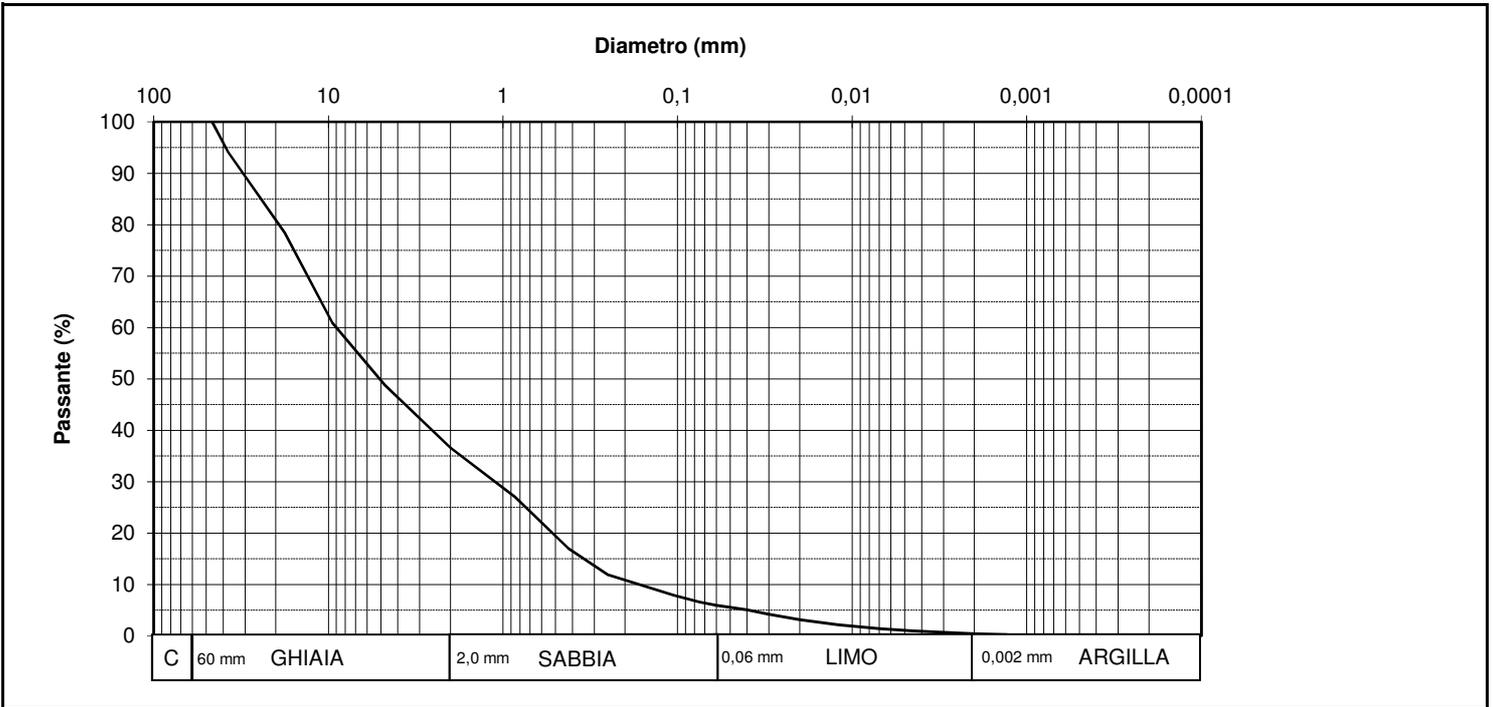
Provenienza: **Trincea TR9**

Campione n°: **C2 (rim.)**

Profondità: **3,3 - 7,0 m**

Rapporto di Prova n°: **20/18GD**

Sperimentatore: **Dr. M.Bertasa**



SETACCIATURA			AEROMETRIA		
diametro mm	% cumulativa trattenuto	% cumulativa passante	% trattenuto	diametro equivalente	% cumulativa passante
75	0,00	100,00	0,00	0,06	5,94
37,5	5,85	94,15	5,85	0,04	5,05
19	21,54	78,46	15,69	0,03	4,21
9,52	39,11	60,89	17,57	0,02	3,17
4,75	51,23	48,77	12,12	0,012	2,13
2	63,46	36,54	12,23	0,007	1,39
0,85	73,03	26,97	9,57	0,0045	0,99
0,425	82,96	17,04	9,93	0,0029	0,64
0,25	88,17	11,83	5,21	0,002	0,40
0,105	92,13	7,87	3,96	0,0013	0,20
0,075	93,47	6,53	1,34		
< 0,075	100,00	0,00	6,53		

DIAMETRO mm	
Diametro massimo D max	46,3
Diametro passante 60% D ₆₀	9
Diametro passante 50% D ₅₀	5
Diametro passante 30% D ₃₀	1,1
Diametro passante 10% D ₁₀	0,17
COEFFICIENTI	
COEFF. UNIFORMITA' U =	5,29E+01
COEFF. CURVATURA C =	7,91E-01
COEFF. PERMEAB. (cm/sec) K =	2,89E-02

AGI	
CLASSE GRANULOMETRICA %	
CIOTTOLI:	
GHIAIA :	63,46
SABBIA :	30,60
LIMO :	5,54
ARGILLA :	0,40

DENOMINAZIONE AGI :
ghiaia con sabbia debolmente limosa
CLASSIFICAZIONI
CNR UNI 10006:

PARAMETRI DETERMINATI	
PESO DI VOL. γ nat (gr/cm ³) =	
PESO DI VOL. γ sec (gr/cm ³) =	
PESO DI VOL. γ sat (gr/cm ³) =	
SATURAZIONE % S ₀ =	
INDICE DEI VUOTI ϵ_0 =	
POROSITA' n =	
PESO SPEC.(valore assunto) G _s	
UMIDITA' CAMPIONE W _n %	

NOTE:

LABORATORIO ANALISI

L'ANALISTA

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



ASACERT
ISO 9001:2008
QUALITY MANAGEMENT SYSTEM

Committente: **A.I.Po**
Agenzia Interregionale per il fiume Po

Località : **Varedo (MB)**

Data emissione: **22/01/18**

Campione n°: **Trincea TR9**

Campione n°: **C2 (rim)**

Profondità: **3,3 - 7,0 m**

Rapporto di Prova n°: **41/18GD**

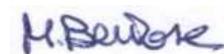
Sperimentatore: **Dr. M.Bertasa**

	1° campione di prova	2° campione di prova
Massa del campione di prova (gr)	5000	5000
m massa trattenuta 1,6 mm	3868,8	3916,2
$LA = \frac{(5000-m)}{50}$	22,6	21,7

COEFFICIENTE LOS ANGELES LA = 22,2

NOTE:

LABORATORIO ANALISI
L'ANALISTA



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



ASACERT
ISO 9001:2008
QUALITY MANAGEMENT SYSTEM

Committente: **A.I.Po**

Località: **Varedo (MB)**

Data emissione: **22/01/18**

Agenzia Interregionale per il fiume Po

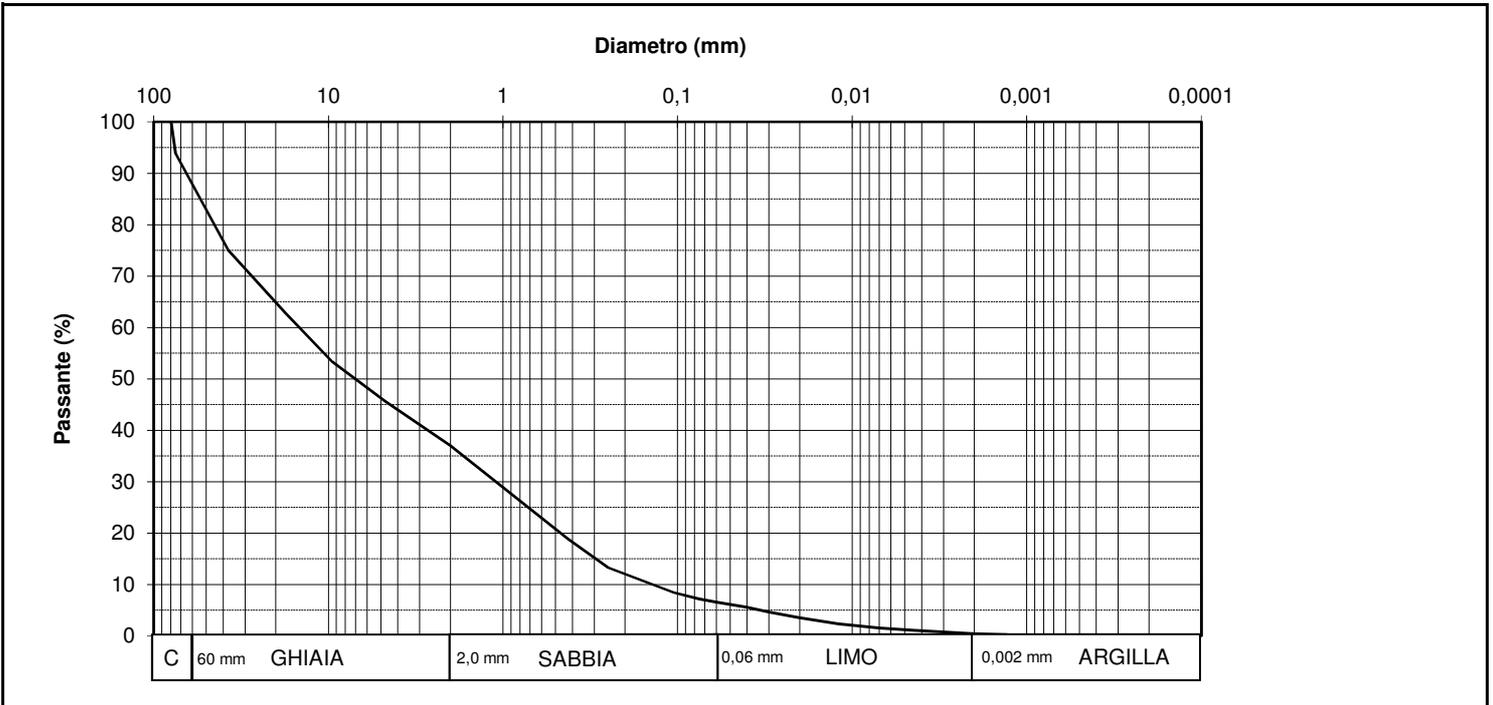
Provenienza: **Trincea TR10**

Campione n°: **C1 (rim.)**

Profondità: **2,0 - 3,5 m**

Rapporto di Prova n°: **21/18GD**

Sperimentatore: **Dr. M.Bertasa**



SETACCIATURA			AEROMETRIA		
diametro mm	% cumulativa trattenuto	% cumulativa passante	% trattenuto	diametro equivalente	% cumulativa passante
100	0,00	100,00	0,00	0,06	6,54
75	6,17	93,83	6,17	0,04	5,56
37,5	24,92	75,08	18,75	0,03	4,63
17,8	37,05	62,95	12,13	0,02	3,49
9,5	46,65	53,35	9,60	0,012	2,34
4,75	54,29	45,71	7,63	0,007	1,52
2	63,03	36,97	8,75	0,0045	1,09
0,425	81,16	18,84	18,13	0,0029	0,71
0,25	86,71	13,29	5,55	0,002	0,44
0,105	91,56	8,44	4,85	0,0013	0,22
0,075	92,81	7,19	1,25		
< 0,075	100,00	0,00	7,19		

DIAMETRO mm	
Diametro massimo D max	77,5
Diametro passante 60% D ₆₀	16
Diametro passante 50% D ₅₀	7
Diametro passante 30% D ₃₀	1,1
Diametro passante 10% D ₁₀	0,15
COEFFICIENTI	
COEFF. UNIFORMITA' U =	1,07E+02
COEFF. CURVATURA C =	5,04E-01
COEFF. PERMEAB. (cm/sec) K =	2,25E-02

AGI	
CLASSE GRANULOMETRICA %	
CIOTTOLI:	12,00
GHIAIA :	42,29
SABBIA :	39,18
LIMO :	6,10
ARGILLA :	0,44

DENOMINAZIONE AGI :
ghiaia con sabbia ciottolosa debolmente limosa
CLASSIFICAZIONI
CNR UNI 10006:

PARAMETRI DETERMINATI	
PESO DI VOL. γ nat (gr/cm ³) =	
PESO DI VOL. γ sec (gr/cm ³) =	
PESO DI VOL. γ sat (gr/cm ³) =	
SATURAZIONE % S ₀ =	
INDICE DEI VUOTI ϵ_0 =	
POROSITA' n =	
PESO SPEC.(valore assunto) G _s	
UMIDITA' CAMPIONE W _n %	

NOTE:

LABORATORIO ANALISI
L'ANALISTA

M. Bertasa

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



ASACERT
ISO 9001:2008
QUALITY MANAGEMENT SYSTEM

Committente: **A.I.Po**
Agenzia Interregionale per il fiume Po

Località : **Varedo (MB)**

Data emissione: **22/01/18**

Campione n°: **Trincea TR10**

Campione n°: **C1 (rim)**

Profondità: **2,0 - 3,5 m**

Rapporto di Prova n°: **42/18GD**

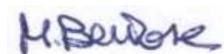
Sperimentatore: **Dr. M.Bertasa**

	1° campione di prova	2° campione di prova
Massa del campione di prova (gr)	5000	5000
m massa trattenuta 1,6 mm	3558,6	3521,1
$LA = \frac{(5000-m)}{50}$	28,8	29,6

COEFFICIENTE LOS ANGELES LA = 29,2

NOTE:

LABORATORIO ANALISI
L'ANALISTA



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



ASACERT
ISO 9001:2008
QUALITY MANAGEMENT SYSTEM

Committente: **A.I.Po**

Località: **Varedo (MB)**

Data emissione: **22/01/18**

Agenzia Interregionale per il fiume Po

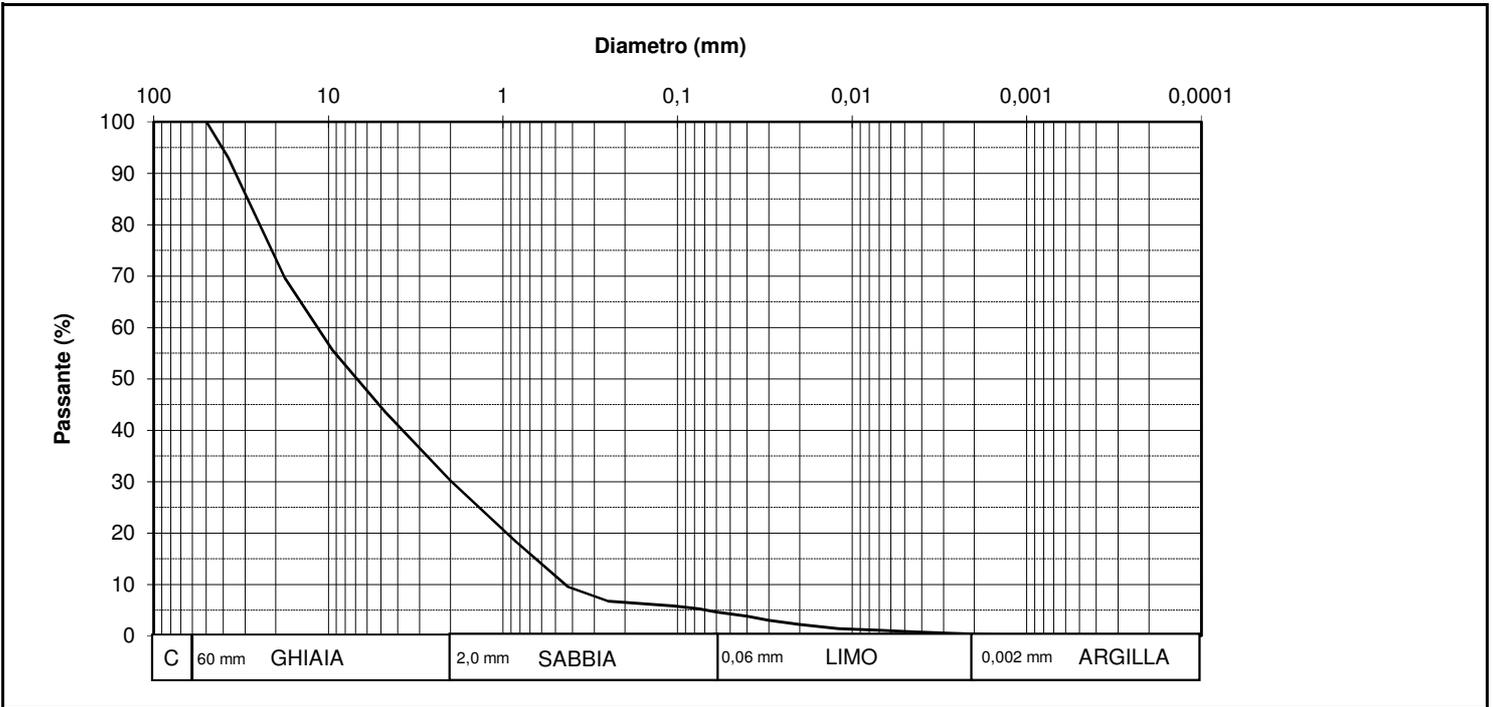
Provenienza: **Trincea TR10**

Campione n°: **C2 (rim.)**

Profondità: **3,5 - 7,1 m**

Rapporto di Prova n°: **22/18GD**

Sperimentatore: **Dr. M.Bertasa**



SETACCIATURA			AEROMETRIA		
diametro mm	% cumulativa trattenuto	% cumulativa passante	% trattenuto	diametro equivalente	% cumulativa passante
75	0,00	100,00	0,00	0,06	4,61
37,5	6,94	93,06	6,94	0,04	3,81
19	30,34	69,66	23,41	0,03	3,02
9,52	44,36	55,64	14,02	0,02	2,22
4,75	56,38	43,62	12,02	0,012	1,43
2	69,76	30,24	13,38	0,007	1,11
0,85	81,57	18,43	11,81	0,0045	0,79
0,425	90,44	9,56	8,87	0,0029	0,52
0,25	93,24	6,76	2,80	0,002	0,32
0,105	94,19	5,81	0,95	0,0013	0,16
0,075	94,76	5,24	0,57		
< 0,075	100,00	0,00	5,24		

DIAMETRO mm	
Diametro massimo D max	49,8
Diametro passante 60% D ₆₀	11
Diametro passante 50% D ₅₀	6,9
Diametro passante 30% D ₃₀	1,9
Diametro passante 10% D ₁₀	0,43
COEFFICIENTI	
COEFF. UNIFORMITA' U =	2,56E+01
COEFF. CURVATURA C =	7,63E-01
COEFF. PERMEAB. (cm/sec) K =	1,85E-01

AGI CLASSE GRANULOMETRICA %	
CIOTTOLI:	
GHIAIA :	69,76
SABBIA :	25,63
LIMO :	4,29
ARGILLA :	0,32

DENOMINAZIONE AGI :
ghiaia con sabbia (tracce di limo)
CLASSIFICAZIONI
CNR UNI 10006:

PARAMETRI DETERMINATI	
PESO DI VOL. γ nat (gr/cm ³) =	
PESO DI VOL. γ sec (gr/cm ³) =	
PESO DI VOL. γ sat (gr/cm ³) =	
SATURAZIONE % S ₀ =	
INDICE DEI VUOTI ϵ_0 =	
POROSITA' n =	
PESO SPEC. (valore assunto) G _s	
UMIDITA' CAMPIONE W _n %	

NOTE:

**LABORATORIO ANALISI
L'ANALISTA**

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



ASACERT
ISO 9001:2008
QUALITY MANAGEMENT SYSTEM

Committente: **A.I.Po**

Località: **Varedo (MB)**

Data emissione: **22/01/18**

Agenzia Interregionale per il fiume Po

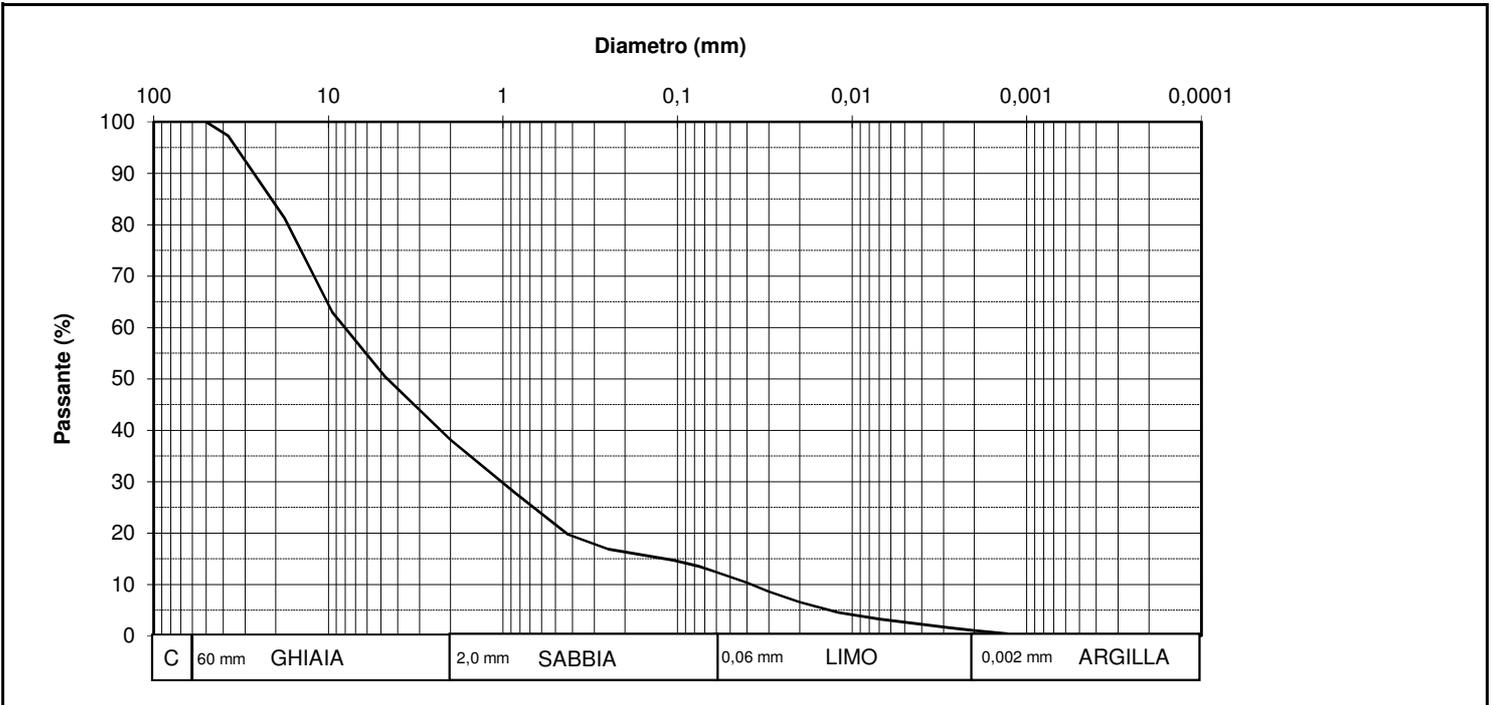
Provenienza: **Trincea TR11**

Campione n°: **C1 (rim.)**

Profondità: **0,0 - 4,0 m**

Rapporto di Prova n°: **23/18GD**

Sperimentatore: **Dr. M.Bertasa**



SETACCIATURA			AEROMETRIA		
diametro mm	% cumulativa trattenuto	% cumulativa passante	% trattenuto	diametro equivalente	% cumulativa passante
75	0,00	100,00	0,00	0,06	12,41
37,5	2,70	97,30	2,70	0,04	10,36
19	18,74	81,26	16,04	0,03	8,62
9,52	37,03	62,97	18,29	0,02	6,57
4,75	49,55	50,45	12,52	0,012	4,51
2	61,89	38,11	12,34	0,007	3,28
0,85	72,18	27,82	10,30	0,0045	2,46
0,425	80,30	19,70	8,12	0,0029	1,64
0,25	83,14	16,86	2,84	0,002	1,03
0,105	85,31	14,69	2,17	0,0013	0,41
0,075	86,46	13,54	1,14		
< 0,075	100,00	0,00	13,54		

DIAMETRO mm		
Diametro massimo D max		50,1
Diametro passante 60% D ₆₀		8
Diametro passante 50% D ₅₀		4,6
Diametro passante 30% D ₃₀		1
Diametro passante 10% D ₁₀		0,037
COEFFICIENTI		
COEFF. UNIFORMITA' U =		2,16E+02
COEFF. CURVATURA C =		3,38E+00
COEFF. PERMEAB. (cm/sec) K =		1,37E-03

AGI	
CLASSE GRANULOMETRICA %	
CIOTTOLI:	
GHIAIA :	61,89
SABBIA :	25,70
LIMO :	11,39
ARGILLA :	1,03

DENOMINAZIONE AGI :
ghiaia con sabbia limosa
CLASSIFICAZIONI
CNR UNI 10006:

PARAMETRI DETERMINATI	
PESO DI VOL. γ nat (gr/cm ³) =	
PESO DI VOL. γ sec (gr/cm ³) =	
PESO DI VOL. γ sat (gr/cm ³) =	
SATURAZIONE % S ₀ =	
INDICE DEI VUOTI ϵ_0 =	
POROSITA' n =	
PESO SPEC.(valore assunto) G _s	
UMIDITA' CAMPIONE W _n %	

NOTE:

LABORATORIO ANALISI
L'ANALISTA

M. Bertasa

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



ASACERT
ISO 9001:2008
QUALITY MANAGEMENT SYSTEM

Committente: **A.I.Po**

Località: **Varedo (MB)**

Data emissione: **22/01/18**

Agenzia Interregionale per il fiume Po

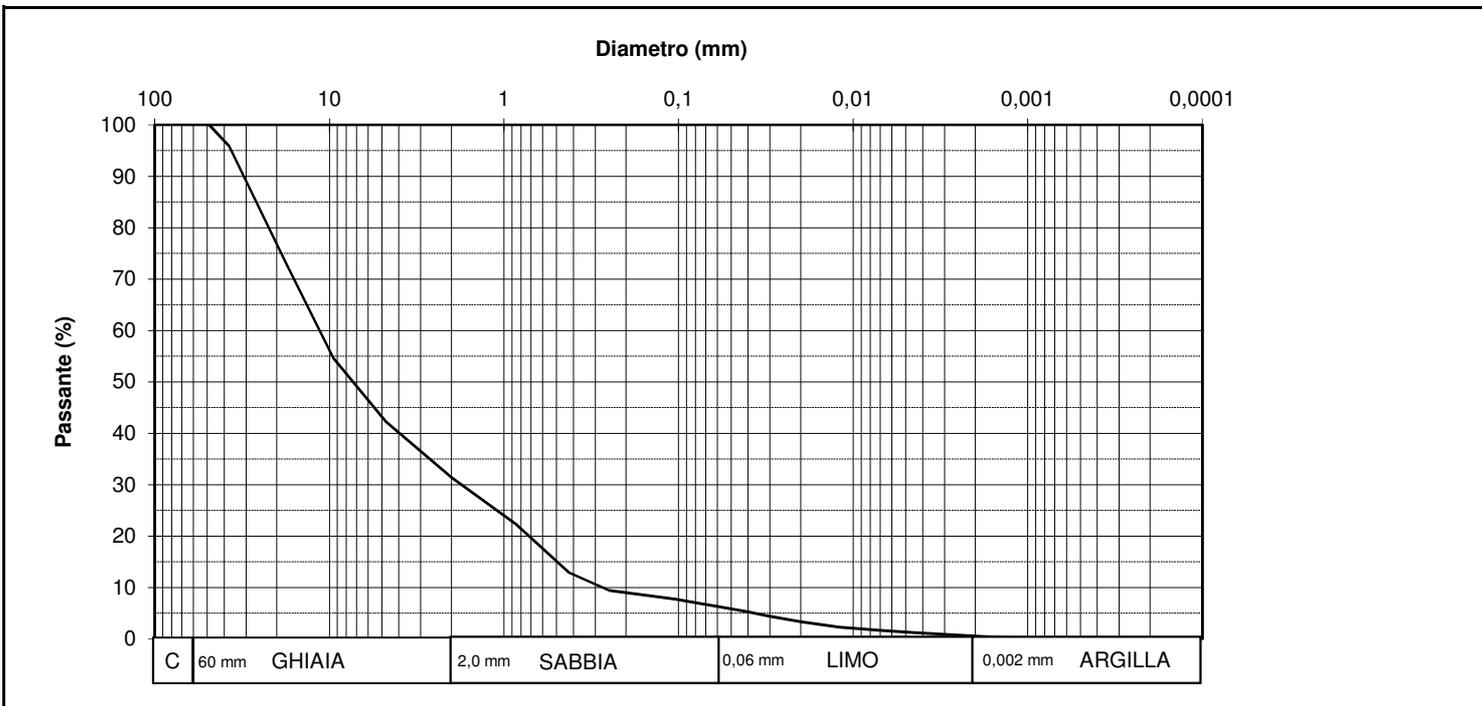
Provenienza: **Trincea TR11**

Campione n°: **C2 (rim.)**

Profondità: **4,0 - 7,0 m**

Rapporto di Prova n°: **24/18GD**

Sperimentatore: **Dr. M.Bertasa**



SETACCIATURA			AEROMETRIA		
diametro mm	% cumulativa trattenuto	% cumulativa passante	% trattenuto	diametro equivalente	% cumulativa passante
75	0,00	100,00	0,00	0,06	6,29
37,5	4,13	95,87	4,13	0,04	5,25
19	26,79	73,21	22,66	0,03	4,37
9,52	45,37	54,63	18,58	0,02	3,33
4,75	57,75	42,25	12,38	0,012	2,29
2	68,61	31,39	10,86	0,007	1,66
0,85	77,74	22,26	9,13	0,0045	1,25
0,425	87,09	12,91	9,36	0,0029	0,83
0,25	90,61	9,39	3,51	0,002	0,52
0,105	92,25	7,75	1,64	0,0013	0,21
0,075	93,13	6,87	0,88		
< 0,075	100,00	0,00	6,87		

DIAMETRO mm	
Diametro massimo D max	48,8
Diametro passante 60% D ₆₀	11
Diametro passante 50% D ₅₀	7,2
Diametro passante 30% D ₃₀	1,7
Diametro passante 10% D ₁₀	0,28
COEFFICIENTI	
COEFF. UNIFORMITA' U =	3,93E+01
COEFF. CURVATURA C =	9,38E-01
COEFF. PERMEAB. (cm/sec) K =	7,84E-02

AGI CLASSE GRANULOMETRICA %	
CIOTTOLI:	
GHIAIA :	68,61
SABBIA :	25,10
LIMO :	5,77
ARGILLA :	0,52

DENOMINAZIONE AGI :
ghiaia con sabbia debolmente limosa
CLASSIFICAZIONI
CNR UNI 10006:

PARAMETRI DETERMINATI	
PESO DI VOL. γ nat (gr/cm ³) =	
PESO DI VOL. γ sec (gr/cm ³) =	
PESO DI VOL. γ sat (gr/cm ³) =	
SATURAZIONE % S ₀ =	
INDICE DEI VUOTI ϵ_0 =	
POROSITA' n =	
PESO SPEC.(valore assunto) G _s	
UMIDITA' CAMPIONE W _n %	

NOTE:

**LABORATORIO ANALISI
L'ANALISTA**

M. Bertasa

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



ASACERT
ISO 9001:2008
QUALITY MANAGEMENT SYSTEM

Committente: **A.I.Po**
Agenzia Interregionale per il fiume Po

Località : **Varedo (MB)**

Data emissione: **22/01/18**

Campione n°: **Trincea TR11**

Campione n°: **C2 (rim)**

Profondità: **4,0 - 7,0 m**

Rapporto di Prova n°: **43/18GD**

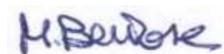
Sperimentatore: **Dr. M.Bertasa**

	1° campione di prova	2° campione di prova
Massa del campione di prova (gr)	5000	5000
m massa trattenuta 1,6 mm	3858,8	3831,7
$LA = \frac{(5000-m)}{50}$	22,8	23,4

COEFFICIENTE LOS ANGELES LA = 23,1

NOTE:

LABORATORIO ANALISI
L'ANALISTA



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



ASACERT
ISO 9001:2008
QUALITY MANAGEMENT SYSTEM

Committente: **A.I.Po**

 Località: **Varedo (MB)**

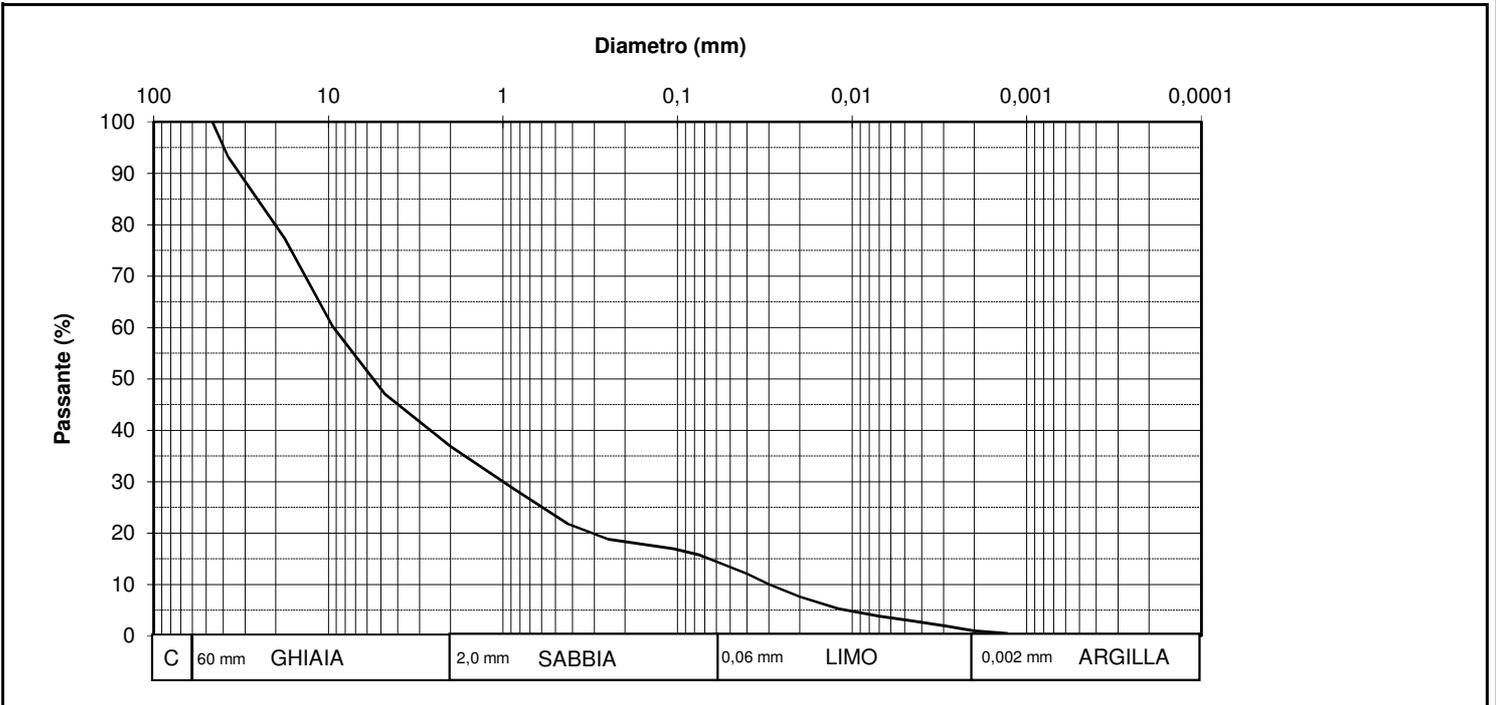
 Data emissione: **22/01/18**
Agenzia Interregionale per il fiume Po

 Provenienza: **Trincea TR12**

 Campione n°: **C1 (rim.)**

 Profondità: **1,6 - 5,0 m**

 Rapporto di Prova n°: **25/18GD**

 Sperimentatore: **Dr. M.Bertasa**


SETACCIATURA			AEROMETRIA		
diametro mm	% cumulativa trattenuto	% cumulativa passante	% trattenuto	diametro equivalente	% cumulativa passante
75	0,00	100,00	0,00	0,06	14,45
37,5	6,78	93,22	6,78	0,04	12,06
19	22,67	77,33	15,89	0,03	10,03
9,52	39,73	60,27	17,06	0,02	7,64
4,75	52,94	47,06	13,21	0,012	5,26
2	63,14	36,86	10,21	0,007	3,82
0,85	71,59	28,41	8,45	0,0045	2,87
0,425	78,20	21,80	6,61	0,0029	1,91
0,25	81,18	18,82	2,98	0,002	0,96
0,105	83,09	16,91	1,91	0,0013	0,48
0,075	84,23	15,77	1,14		
< 0,075	100,00	0,00	15,77		

DIAMETRO mm		
Diametro massimo D max		46,1
Diametro passante 60% D ₆₀		9,2
Diametro passante 50% D ₅₀		5,5
Diametro passante 30% D ₃₀		1
Diametro passante 10% D ₁₀		0,03
COEFFICIENTI		
COEFF. UNIFORMITA' U =		3,07E+02
COEFF. CURVATURA C =		3,62E+00
COEFF. PERMEAB. (cm/sec) K =		9,00E-04

AGI	
CLASSE GRANULOMETRICA %	
CIOTTOLI:	
GHIAIA :	63,14
SABBIA :	22,41
LIMO :	13,50
ARGILLA :	0,96

DENOMINAZIONE AGI :
ghiaia sabbiosa limosa
CLASSIFICAZIONI
CNR UNI 10006:

PARAMETRI DETERMINATI	
PESO DI VOL. γ nat (gr/cm ³) =	
PESO DI VOL. γ sec (gr/cm ³) =	
PESO DI VOL. γ sat (gr/cm ³) =	
SATURAZIONE % S ₀ =	
INDICE DEI VUOTI ϵ_0 =	
POROSITA' n =	
PESO SPEC.(valore assunto) G _s	
UMIDITA' CAMPIONE W _n %	

NOTE:

**LABORATORIO ANALISI
L'ANALISTA**

M. Bertasa

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



ASACERT
ISO 9001:2008
QUALITY MANAGEMENT SYSTEM

Committente: **A.I.Po**
Agenzia Interregionale per il fiume Po

Località : **Varedo (MB)**

Data emissione: **22/01/18**

Campione n°: **Trincea TR12**

Campione n°: **C1 (rim)**

Profondità: **1,6 - 5,0 m**

Rapporto di Prova n°: **44/18GD**

Sperimentatore: **Dr. M.Bertasa**

	1° campione di prova	2° campione di prova
Massa del campione di prova (gr)	5000	5000
m massa trattenuta 1,6 mm	3253,7	3271,4
$LA = \frac{(5000-m)}{50}$	34,9	34,6

COEFFICIENTE LOS ANGELES LA = 34,7

NOTE:

LABORATORIO ANALISI

L'ANALISTA



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



ASACERT
ISO 9001:2008
QUALITY MANAGEMENT SYSTEM

Committente: **A.I.Po**

Località: **Varedo (MB)**

Data emissione: **22/01/18**

Agenzia Interregionale per il fiume Po

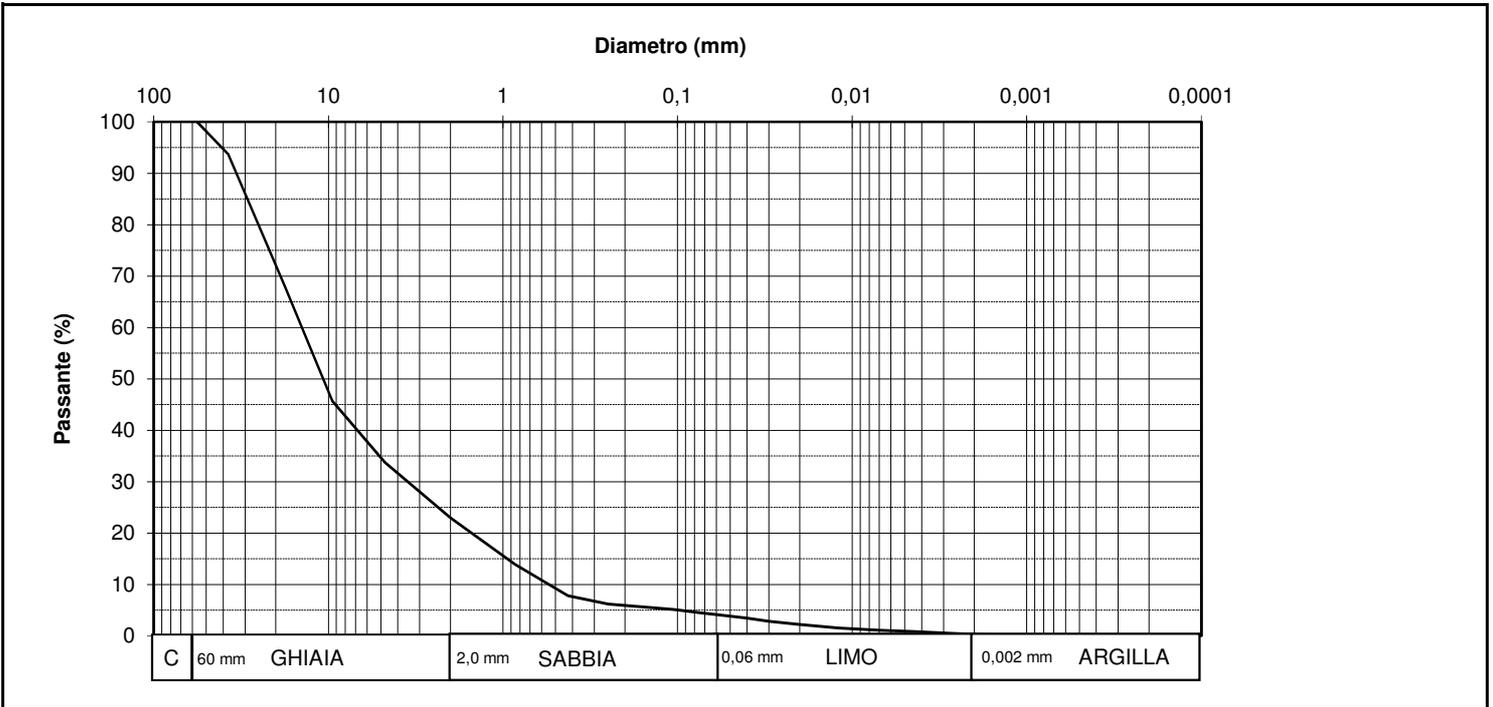
Provenienza: **Trincea TR12**

Campione n°: **C2 (rim.)**

Profondità: **5,0 - 7,2 m**

Rapporto di Prova n°: **26/18GD**

Sperimentatore: **Dr. M.Bertasa**



SETACCIATURA			AEROMETRIA		
diametro mm	% cumulativa trattenuto	% cumulativa passante	% trattenuto	diametro equivalente	% cumulativa passante
75	0,00	100,00	0,00	0,06	4,12
37,5	6,20	93,80	6,20	0,04	3,44
19	31,95	68,05	25,75	0,03	2,86
9,52	54,29	45,71	22,35	0,02	2,18
4,75	66,23	33,77	11,94	0,012	1,50
2	77,05	22,95	10,81	0,007	1,09
0,85	86,11	13,89	9,07	0,0045	0,82
0,425	92,19	7,81	6,07	0,0029	0,55
0,25	93,81	6,19	1,62	0,002	0,27
0,105	94,89	5,11	1,08	0,0013	0,14
0,075	95,50	4,50	0,61		
< 0,075	100,00	0,00	4,50		

DIAMETRO mm	
Diametro massimo D max	56,5
Diametro passante 60% D ₆₀	15
Diametro passante 50% D ₅₀	11
Diametro passante 30% D ₃₀	3,5
Diametro passante 10% D ₁₀	0,53
COEFFICIENTI	
COEFF. UNIFORMITA' U =	2,83E+01
COEFF. CURVATURA C =	1,54E+00
COEFF. PERMEAB. (cm/sec) K =	2,81E-01

AGI CLASSE GRANULOMETRICA %	
CIOTTOLI:	
GHIAIA :	77,05
SABBIA :	18,83
LIMO :	3,85
ARGILLA :	0,27

DENOMINAZIONE AGI :
ghiaia sabbiosa (tracce di limo)
CLASSIFICAZIONI
CNR UNI 10006:

PARAMETRI DETERMINATI	
PESO DI VOL. γ nat (gr/cm ³) =	
PESO DI VOL. γ sec (gr/cm ³) =	
PESO DI VOL. γ sat (gr/cm ³) =	
SATURAZIONE % S ₀ =	
INDICE DEI VUOTI ϵ_0 =	
POROSITA' n =	
PESO SPEC. (valore assunto) G _s	
UMIDITA' CAMPIONE W _n %	

NOTE:

**LABORATORIO ANALISI
L'ANALISTA**

M. Bertasa

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



ASACERT
ISO 9001:2008
QUALITY MANAGEMENT SYSTEM

Committente: **A.I.Po**

Località: **Varedo (MB)**

Data emissione: **22/01/18**

Agenzia Interregionale per il fiume Po

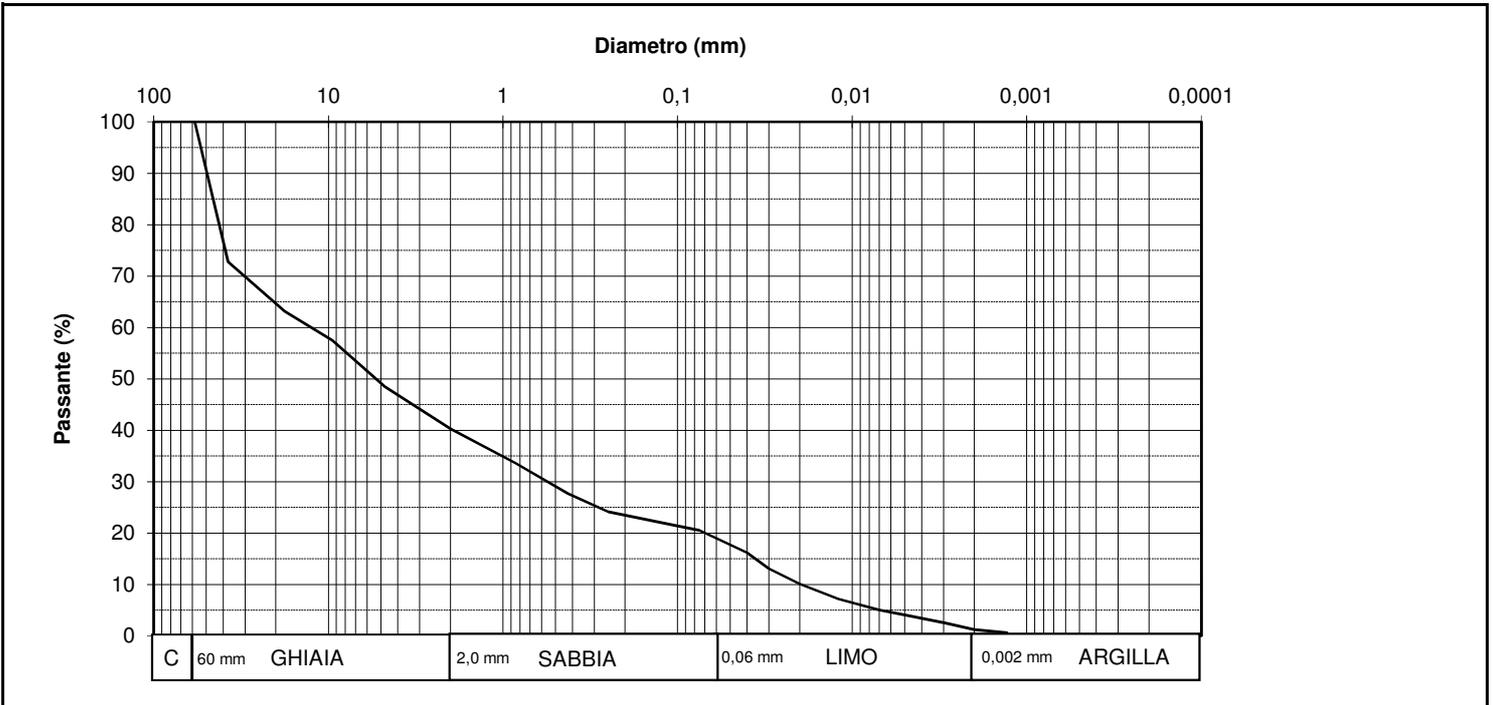
Provenienza: **Trincea TR13**

Campione n°: **C1 (rim.)**

Profondità: **3,2 - 5,4 m**

Rapporto di Prova n°: **27/18GD**

Sperimentatore: **Dr. M.Bertasa**



SETACCIATURA			AEROMETRIA		
diametro mm	% cumulativa trattenuto	% cumulativa passante	% trattenuto	diametro equivalente	% cumulativa passante
75	0,00	100,00	0,00	0,06	18,98
37,5	27,25	72,75	27,25	0,04	16,18
19	36,85	63,15	9,60	0,03	13,07
9,52	42,52	57,48	5,67	0,02	10,11
4,75	51,52	48,48	9,01	0,012	7,16
2	59,74	40,26	8,21	0,007	4,98
0,85	66,33	33,67	6,59	0,0045	3,73
0,425	72,30	27,70	5,97	0,0029	2,49
0,25	75,83	24,17	3,53	0,002	1,24
0,105	78,44	21,56	2,61	0,0013	0,62
0,075	79,46	20,54	1,02		
< 0,075	100,00	0,00	20,54		

DIAMETRO mm		
Diametro massimo D max		58,3
Diametro passante 60% D ₆₀		12
Diametro passante 50% D ₅₀		5,2
Diametro passante 30% D ₃₀		0,55
Diametro passante 10% D ₁₀		0,019
COEFFICIENTI		
COEFF. UNIFORMITA' U =		6,32E+02
COEFF. CURVATURA C =		1,33E+00
COEFF. PERMEAB. (cm/sec) K =		3,61E-04

AGI	
CLASSE GRANULOMETRICA %	
CIOTTOLI:	
GHIAIA :	59,74
SABBIA :	21,28
LIMO :	17,74
ARGILLA :	1,24

DENOMINAZIONE AGI :
ghiaia sabbiosa limosa
CLASSIFICAZIONI
<i>CNR UNI 10006:</i>

PARAMETRI DETERMINATI	
PESO DI VOL. γ nat (gr/cm ³) =	
PESO DI VOL. γ sec (gr/cm ³) =	
PESO DI VOL. γ sat (gr/cm ³) =	
SATURAZIONE % S ₀ =	
INDICE DEI VUOTI ϵ_0 =	
POROSITA' n =	
PESO SPEC.(valore assunto) G _s	
UMIDITA' CAMPIONE W _n %	

NOTE:

LABORATORIO ANALISI
L'ANALISTA

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



ASACERT
ISO 9001:2008
QUALITY MANAGEMENT SYSTEM

Committente: **A.I.Po**
Agenzia Interregionale per il fiume Po

Località : **Varedo (MB)**

Data emissione: **22/01/18**

Campione n°: **Trincea TR13**

Campione n°: **C1 (rim)**

Profondità: **3,2 - 5,4 m**

Rapporto di Prova n°: **45/18GD**

Sperimentatore: **Dr. M.Bertasa**

	1° campione di prova	2° campione di prova
Massa del campione di prova (gr)	5000	5000
m massa trattenuta 1,6 mm	3521,7	3488,8
$LA = \frac{(5000-m)}{50}$	29,6	30,2

COEFFICIENTE LOS ANGELES LA = 29,9

NOTE:

LABORATORIO ANALISI
L'ANALISTA



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



ASACERT
ISO 9001:2008
QUALITY MANAGEMENT SYSTEM

Committente: **A.I.Po**

 Località: **Varedo (MB)**

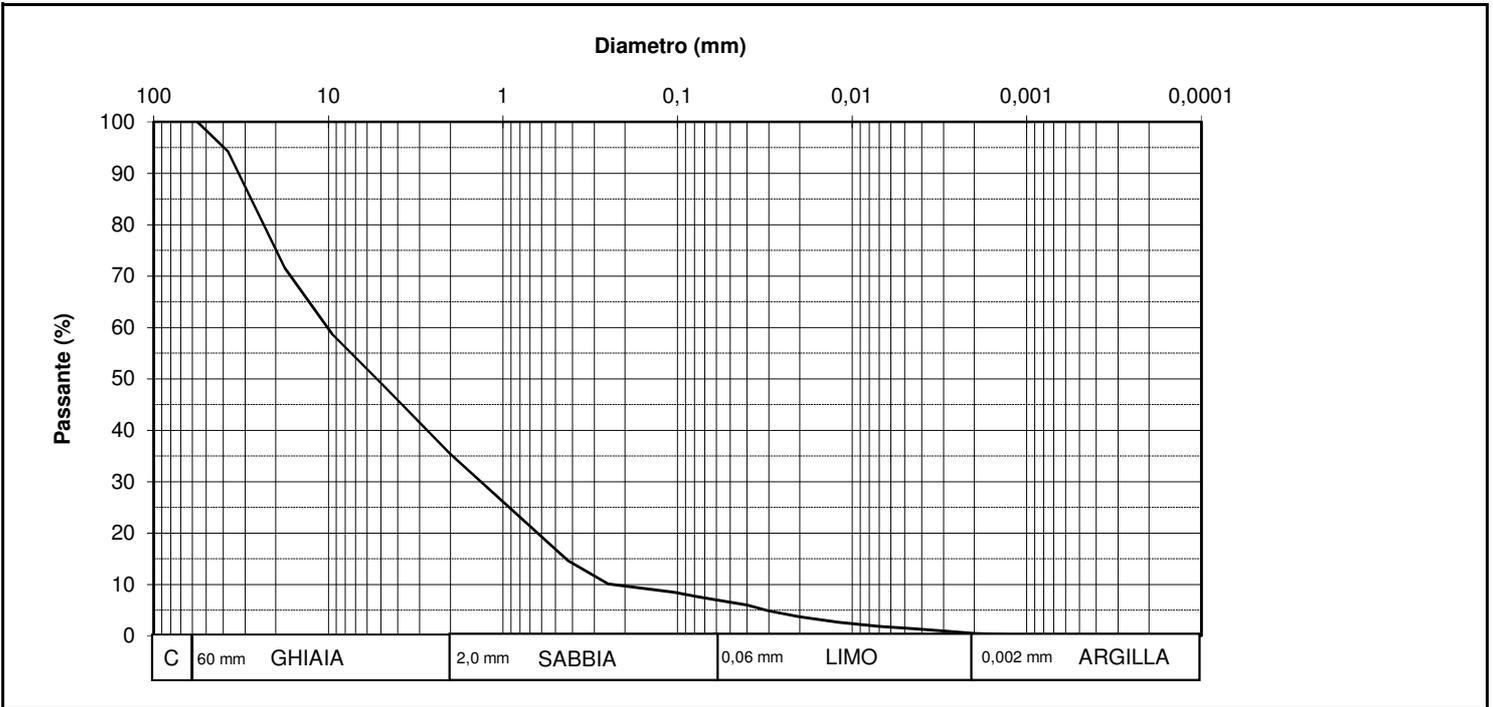
 Data emissione: **22/01/18**
Agenzia Interregionale per il fiume Po

 Provenienza: **Trincea TR13**

 Campione n°: **C2 (rim.)**

 Profondità: **5,4 - 7,5 m**

 Rapporto di Prova n°: **28/18GD**

 Sperimentatore: **Dr. M.Bertasa**


SETACCIATURA			AEROMETRIA		
diametro mm	% cumulativa trattenuto	% cumulativa passante	% trattenuto	diametro equivalente	% cumulativa passante
75	0,00	100,00	0,00	0,06	7,00
37,5	5,76	94,24	5,76	0,04	5,97
19	28,43	71,57	22,66	0,03	4,82
9,52	41,31	58,69	12,89	0,02	3,73
4,75	51,54	48,46	10,23	0,012	2,64
2	64,63	35,37	13,09	0,007	1,84
0,85	76,03	23,97	11,40	0,0045	1,38
0,425	85,37	14,63	9,34	0,0029	0,92
0,25	89,87	10,13	4,50	0,002	0,46
0,105	91,53	8,47	1,66	0,0013	0,23
0,075	92,42	7,58	0,89		
< 0,075	100,00	0,00	7,58		

DIAMETRO mm	
Diametro massimo D max	56,2
Diametro passante 60% D ₆₀	10
Diametro passante 50% D ₅₀	5,2
Diametro passante 30% D ₃₀	1,3
Diametro passante 10% D ₁₀	0,24
COEFFICIENTI	
COEFF. UNIFORMITA' U =	4,17E+01
COEFF. CURVATURA C =	7,04E-01
COEFF. PERMEAB. (cm/sec) K =	5,76E-02

AGI CLASSE GRANULOMETRICA %	
CIOTTOLI:	
GHIAIA :	64,63
SABBIA :	28,37
LIMO :	6,54
ARGILLA :	0,46

DENOMINAZIONE AGI :
ghiaia con sabbia debolmente limosa
CLASSIFICAZIONI
CNR UNI 10006:

PARAMETRI DETERMINATI	
PESO DI VOL. γ nat (gr/cm ³) =	
PESO DI VOL. γ sec (gr/cm ³) =	
PESO DI VOL. γ sat (gr/cm ³) =	
SATURAZIONE % S ₀ =	
INDICE DEI VUOTI ϵ_0 =	
POROSITA' n =	
PESO SPEC.(valore assunto) G _s	
UMIDITA' CAMPIONE W _n %	

NOTE:

**LABORATORIO ANALISI
L'ANALISTA**

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



ASACERT
ISO 9001:2008
QUALITY MANAGEMENT SYSTEM

Committente: **A.I.Po**

Località: **Varedo (MB)**

Data emissione: **22/01/18**

Agenzia Interregionale per il fiume Po

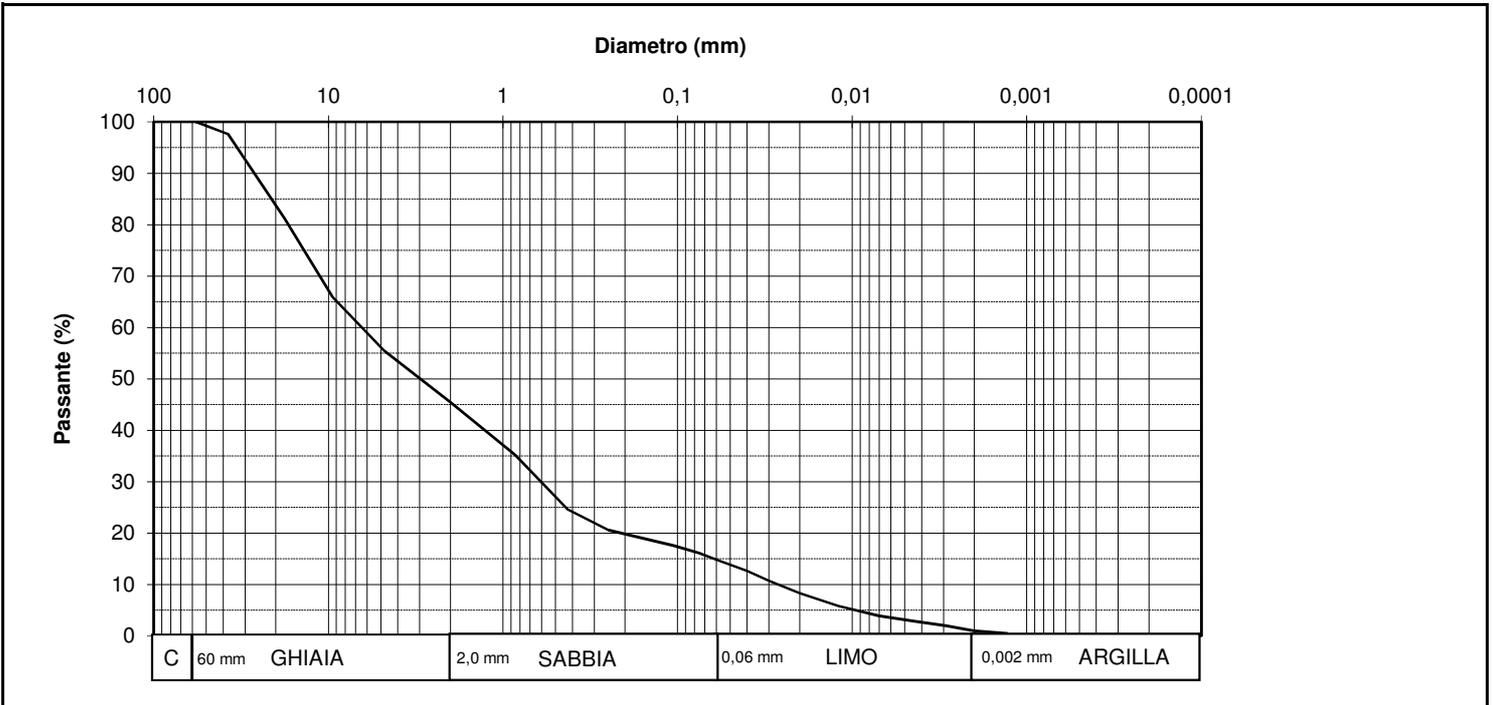
Provenienza: **Trincea TR14**

Campione n°: **C1 (rim.)**

Profondità: **0,7 - 2,5 m**

Rapporto di Prova n°: **29/18GD**

Sperimentatore: **Dr. M.Bertasa**



SETACCIATURA			AEROMETRIA		
diametro mm	% cumulativa trattenuto	% cumulativa passante	% trattenuto	diametro equivalente	% cumulativa passante
75	0,00	100,00	0,00	0,06	14,84
37,5	2,38	97,62	2,38	0,04	12,65
19	18,82	81,18	16,44	0,03	10,70
9,52	33,99	66,01	15,17	0,02	8,27
4,75	44,60	55,40	10,61	0,012	5,84
2	54,55	45,45	9,95	0,007	3,89
0,85	64,82	35,18	10,26	0,0045	2,92
0,425	75,40	24,60	10,59	0,0029	1,95
0,25	79,37	20,63	3,97	0,002	0,97
0,105	82,47	17,53	3,09	0,0013	0,49
0,075	83,95	16,05	1,48		
< 0,075	100,00	0,00	16,05		

DIAMETRO mm	
Diametro massimo D max	57,3
Diametro passante 60% D ₆₀	6,3
Diametro passante 50% D ₅₀	2,9
Diametro passante 30% D ₃₀	0,6
Diametro passante 10% D ₁₀	0,027
COEFFICIENTI	
COEFF. UNIFORMITA' U =	2,33E+02
COEFF. CURVATURA C =	2,12E+00
COEFF. PERMEAB. (cm/sec) K =	7,29E-04

AGI CLASSE GRANULOMETRICA %	
CIOTTOLI:	
GHIAIA :	54,55
SABBIA :	30,61
LIMO :	13,86
ARGILLA :	0,97

DENOMINAZIONE AGI :
ghiaia con sabbia limosa
CLASSIFICAZIONI
CNR UNI 10006:

PARAMETRI DETERMINATI	
PESO DI VOL. γ nat (gr/cm ³) =	
PESO DI VOL. γ sec (gr/cm ³) =	
PESO DI VOL. γ sat (gr/cm ³) =	
SATURAZIONE % S ₀ =	
INDICE DEI VUOTI ϵ_0 =	
POROSITA' n =	
PESO SPEC.(valore assunto) G _s	
UMIDITA' CAMPIONE W _n %	

NOTE:

**LABORATORIO ANALISI
L'ANALISTA**

M. Bertasa

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



ASACERT
ISO 9001:2008
QUALITY MANAGEMENT SYSTEM

Committente: **A.I.Po**

Località: **Varedo (MB)**

Data emissione: **22/01/18**

Agenzia Interregionale per il fiume Po

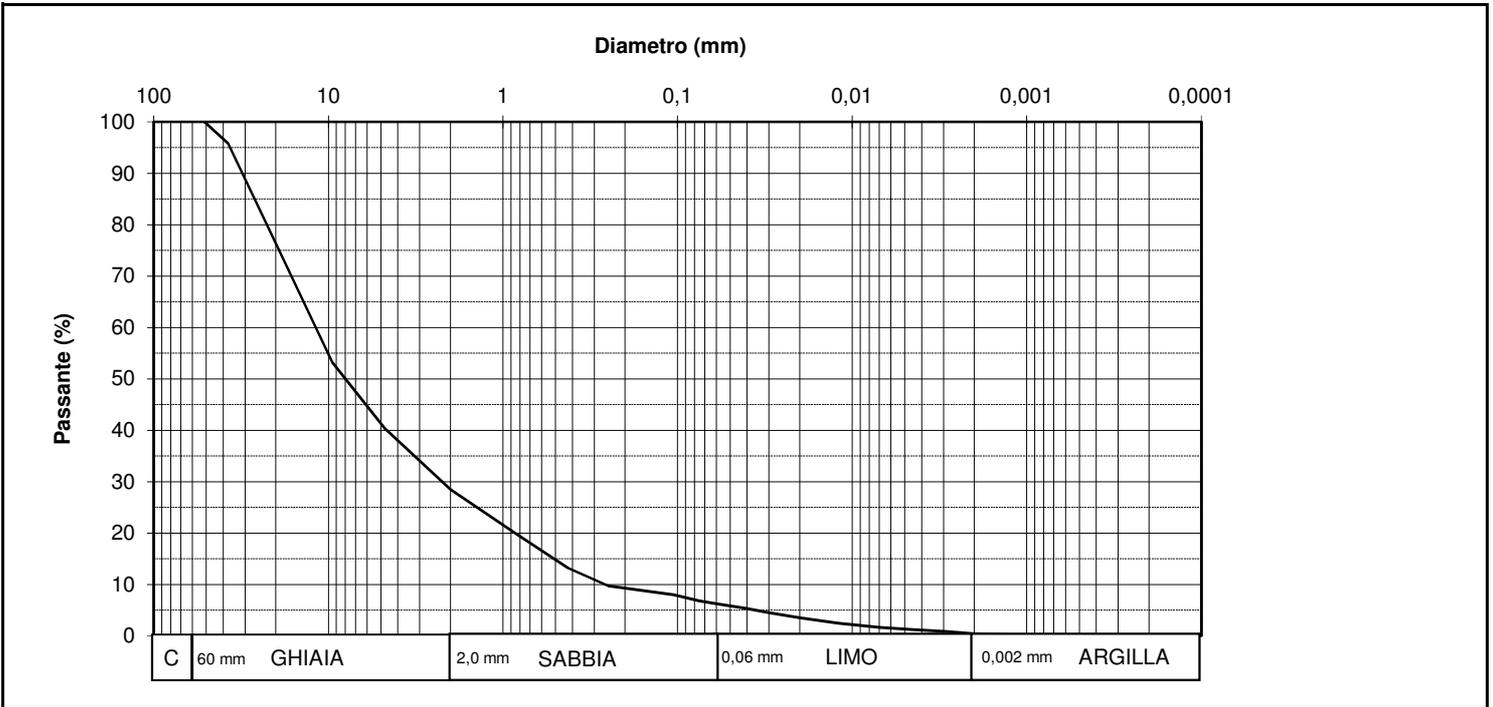
Provenienza: **Trincea TR14**

Campione n°: **C2 (rim.)**

Profondità: **2,5 - 7,0 m**

Rapporto di Prova n°: **30/18GD**

Sperimentatore: **Dr. M.Bertasa**



SETACCIATURA			AEROMETRIA		
diametro mm	% cumulativa trattenuto	% cumulativa passante	% trattenuto	diametro equivalente	% cumulativa passante
75	0,00	100,00	0,00	0,06	6,27
37,5	4,19	95,81	4,19	0,04	5,35
19	27,31	72,69	23,12	0,03	4,53
9,52	46,78	53,22	19,47	0,02	3,50
4,75	59,65	40,35	12,87	0,012	2,47
2	71,54	28,46	11,90	0,007	1,65
0,85	80,01	19,99	8,47	0,0045	1,23
0,425	86,78	13,22	6,77	0,0029	0,82
0,25	90,27	9,73	3,49	0,002	0,41
0,105	92,00	8,00	1,73	0,0013	0,21
0,075	93,21	6,79	1,21		
< 0,075	100,00	0,00	6,79		

DIAMETRO mm	
Diametro massimo D max	51,2
Diametro passante 60% D ₆₀	12
Diametro passante 50% D ₅₀	7,9
Diametro passante 30% D ₃₀	2,2
Diametro passante 10% D ₁₀	0,26
COEFFICIENTI	
COEFF. UNIFORMITA' U =	4,62E+01
COEFF. CURVATURA C =	1,55E+00
COEFF. PERMEAB. (cm/sec) K =	6,76E-02

AGI CLASSE GRANULOMETRICA %	
CIOTTOLI:	
GHIAIA :	71,54
SABBIA :	22,19
LIMO :	5,86
ARGILLA :	0,41

DENOMINAZIONE AGI :
ghiaia sabbiosa debolmente limosa
CLASSIFICAZIONI
CNR UNI 10006:

PARAMETRI DETERMINATI	
PESO DI VOL. γ nat (gr/cm ³) =	
PESO DI VOL. γ sec (gr/cm ³) =	
PESO DI VOL. γ sat (gr/cm ³) =	
SATURAZIONE % S ₀ =	
INDICE DEI VUOTI ϵ_0 =	
POROSITA' n =	
PESO SPEC.(valore assunto) G _s	
UMIDITA' CAMPIONE W _n %	

NOTE:

**LABORATORIO ANALISI
L'ANALISTA**

M. Bertasa

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



ASACERT
ISO 9001:2008
QUALITY MANAGEMENT SYSTEM

Committente: **A.I.Po**
Agenzia Interregionale per il fiume Po

Località : **Varedo (MB)**

Data emissione: **22/01/18**

Campione n°: **Trincea TR14**

Campione n°: **C2 (rim)**

Profondità: **2,5 - 7,0 m**

Rapporto di Prova n°: **46/18GD**

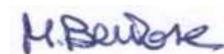
Sperimentatore: **Dr. M.Bertasa**

	1° campione di prova	2° campione di prova
Massa del campione di prova (gr)	5000	5000
m massa trattenuta 1,6 mm	3711,1	3675,1
$LA = \frac{(5000-m)}{50}$	25,8	26,5

COEFFICIENTE LOS ANGELES LA = 26,1

NOTE:

LABORATORIO ANALISI
L'ANALISTA



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



ASACERT
ISO 9001:2008
QUALITY MANAGEMENT SYSTEM

Committente: **A.I.Po**

Località: **Varedo (MB)**

Data emissione: **22/01/18**

Agenzia Interregionale per il fiume Po

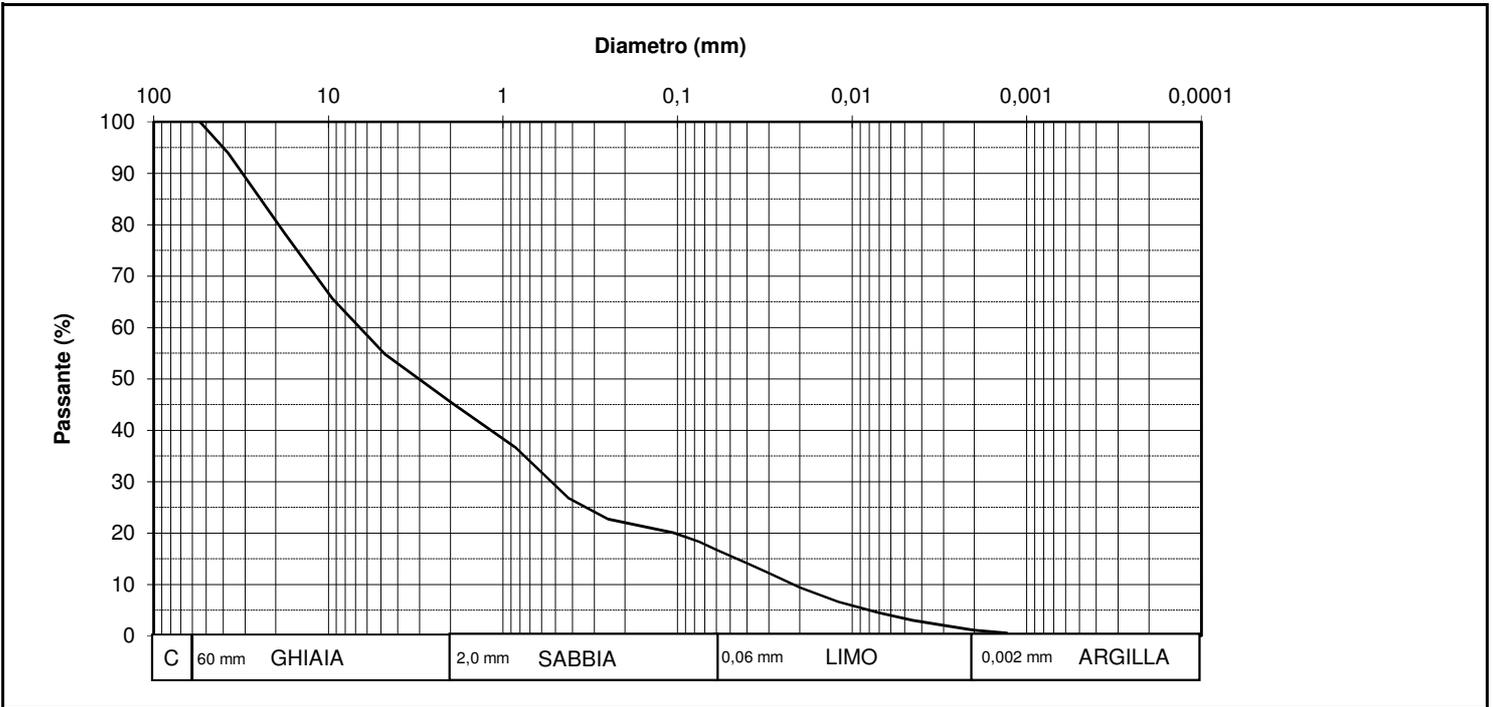
Provenienza: **Trincea TR15**

Campione n°: **C1 (rim.)**

Profondità: **1,5 - 3,6 m**

Rapporto di Prova n°: **31/18GD**

Sperimentatore: **Dr. M.Bertasa**



SETACCIATURA			AEROMETRIA		
diametro mm	% cumulativa trattenuto	% cumulativa passante	% trattenuto	diametro equivalente	% cumulativa passante
75	0,00	100,00	0,00	0,06	16,75
37,5	6,06	93,94	6,06	0,04	14,12
19	21,70	78,30	15,64	0,03	12,18
9,52	34,39	65,61	12,69	0,02	9,41
4,75	45,15	54,85	10,75	0,012	6,65
2	54,48	45,52	9,33	0,007	4,43
0,85	63,34	36,66	8,86	0,0045	3,05
0,425	73,16	26,84	9,81	0,0029	1,94
0,25	77,29	22,71	4,14	0,002	1,11
0,105	79,96	20,04	2,67	0,0013	0,55
0,075	81,73	18,27	1,76		
< 0,075	100,00	0,00	18,27		

DIAMETRO mm		
Diametro massimo D max		54,3
Diametro passante 60% D ₆₀		6,7
Diametro passante 50% D ₅₀		3
Diametro passante 30% D ₃₀		0,52
Diametro passante 10% D ₁₀		0,021
COEFFICIENTI		
COEFF. UNIFORMITA' U =		3,19E+02
COEFF. CURVATURA C =		1,92E+00
COEFF. PERMEAB. (cm/sec) K =		4,41E-04

AGI CLASSE GRANULOMETRICA %	
CIOTTOLI:	
GHIAIA :	54,48
SABBIA :	28,77
LIMO :	15,64
ARGILLA :	1,11

DENOMINAZIONE AGI :
ghiaia con sabbia limosa
CLASSIFICAZIONI
CNR UNI 10006:

PARAMETRI DETERMINATI	
PESO DI VOL. γ nat (gr/cm ³) =	
PESO DI VOL. γ sec (gr/cm ³) =	
PESO DI VOL. γ sat (gr/cm ³) =	
SATURAZIONE % S ₀ =	
INDICE DEI VUOTI ϵ_0 =	
POROSITA' n =	
PESO SPEC.(valore assunto) G _s	
UMIDITA' CAMPIONE W _n %	

NOTE:

**LABORATORIO ANALISI
L'ANALISTA**

M. Bertasa

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



ASACERT
ISO 9001:2008
QUALITY MANAGEMENT SYSTEM

Committente: **A.I.Po**
Agenzia Interregionale per il fiume Po

Località : **Varedo (MB)**

Data emissione: **22/01/18**

Campione n°: **Trincea TR15**

Campione n°: **C1 (rim)**

Profondità: **1,5 - 3,5 m**

Rapporto di Prova n°: **47/18GD**

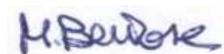
Sperimentatore: **Dr. M.Bertasa**

	1° campione di prova	2° campione di prova
Massa del campione di prova (gr)	5000	5000
m massa trattenuta 1,6 mm	3476,6	3443,9
$LA = \frac{(5000-m)}{50}$	30,5	31,1

COEFFICIENTE LOS ANGELES LA = 30,8

NOTE:

LABORATORIO ANALISI
L'ANALISTA



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



ASACERT
ISO 9001:2008
QUALITY MANAGEMENT SYSTEM

Committente: **A.I.Po**

Località: **Varedo (MB)**

Data emissione: **22/01/18**

Agenzia Interregionale per il fiume Po

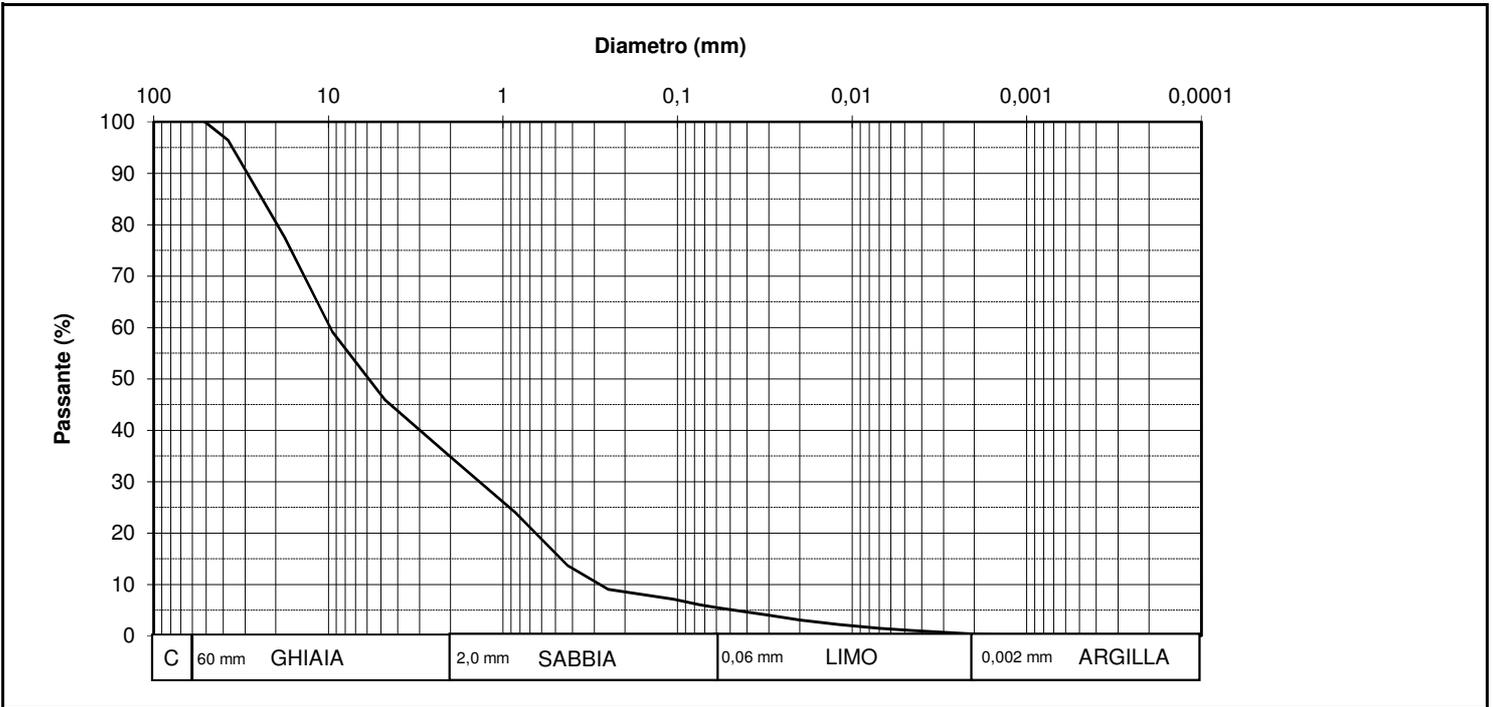
Provenienza: **Trincea TR15**

Campione n°: **C2 (rim.)**

Profondità: **3,6 - 7,0 m**

Rapporto di Prova n°: **32/18GD**

Sperimentatore: **Dr. M.Bertasa**



SETACCIATURA			AEROMETRIA		
diametro mm	% cumulativa trattenuto	% cumulativa passante	% trattenuto	diametro equivalente	% cumulativa passante
75	0,00	100,00	0,00	0,06	5,53
37,5	3,53	96,47	3,53	0,04	4,66
19	22,53	77,47	19,00	0,03	4,02
9,52	40,84	59,16	18,32	0,02	3,11
4,75	54,08	45,92	13,23	0,012	2,19
2	65,15	34,85	11,07	0,007	1,46
0,85	75,96	24,04	10,81	0,0045	1,01
0,425	86,37	13,63	10,41	0,0029	0,64
0,25	90,98	9,02	4,61	0,002	0,37
0,105	92,90	7,10	1,91	0,0013	0,18
0,075	93,96	6,04	1,07		
< 0,075	100,00	0,00	6,04		

DIAMETRO mm	
Diametro massimo D max	50,8
Diametro passante 60% D ₆₀	9,9
Diametro passante 50% D ₅₀	5,8
Diametro passante 30% D ₃₀	1,3
Diametro passante 10% D ₁₀	0,27
COEFFICIENTI	
COEFF. UNIFORMITA' U =	3,67E+01
COEFF. CURVATURA C =	6,32E-01
COEFF. PERMEAB. (cm/sec) K =	7,29E-02

AGI CLASSE GRANULOMETRICA %	
CIOTTOLI:	
GHIAIA :	65,15
SABBIA :	29,32
LIMO :	5,17
ARGILLA :	0,37

DENOMINAZIONE AGI :
ghiaia con sabbia debolmente limosa
CLASSIFICAZIONI
CNR UNI 10006:

PARAMETRI DETERMINATI	
PESO DI VOL. γ nat (gr/cm ³) =	
PESO DI VOL. γ sec (gr/cm ³) =	
PESO DI VOL. γ sat (gr/cm ³) =	
SATURAZIONE % S ₀ =	
INDICE DEI VUOTI ϵ_0 =	
POROSITA' n =	
PESO SPEC.(valore assunto) G _s	
UMIDITA' CAMPIONE W _n %	

NOTE:

**LABORATORIO ANALISI
L'ANALISTA**

M. Bertasa

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



ASACERT
ISO 9001:2008
QUALITY MANAGEMENT SYSTEM