RegioneLombardia

Est Ticino Villoresi
Consorzio di Bonifica

# PROGETTAZIONE DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA DI UNA VASCA DI LAMINAZIONE DELLE PIENE DEL TORRENTE MOLGORA IN COMUNE DI BUSSERO (MI)

DIRETTORE GENERALE
arch. Laura Burzilleri

ELABORATO
R.4

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
dott. ing. Stefano Burchielli

GRUPPO DI LAVORO
ing. Fabio Taglioretti
ing. Pietro Randazzo
geom. Roberto Comizzoli

ATI PROGETTAZIONE:

PROGETTISTA
ALTENE INGEGNERI ASSOCIATI
ing. Giuseppe Floreale
ing. Andrea Maconi
ing. Emanuele Bottazzi
geom. Gianfilippo Zangla

ASPETTI GEOLOGICI ED IDROGEOLOGICI
TETHYS
dott. geol. Vincenzo Francani
ing. Giovanni Formentin
ing. Dario Fumagalli

ASPETTI PAESAGGISTICI ED ARCHITETTONICI
GG
arch. Gioia Gibelli

GIOVANE PROFESSIONISTA
arch. Filippo Chiesa Ricotti

CONSULENZA SPECIALISTICA ARCHEOLOGICA
studio AR.TE. ARCHEOLOGIA E TERRITORIO
dott.sa Stefania Felisati

| DESCRIZIONE | SCALA | DATA |
|---|---|---|
| RELAZIONE DI INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOTECNICO | – | FEB. 2019 |

| REV. | DATA | DESCRIZIONE MODIFICA | REDATTO | CONTROLL. | APPROVATO |
|---|---|---|---|---|---|
| 00 | 15.07.2018 | PRIMA EMISSIONE | FRANCANI | FLOREALE | BOTTAZZI |
| 01 | 25.02.2019 | MODIFICA PER DIVERSA DESTINAZIONE MATERIALE IN ESUBERO | FRANCANI | FLOREALE | BOTTAZZI |
| | | | | | |

Est Ticino Villoresi
Consorzio di Bonifica

CONSORZIO DI BONIFICA EST TICINO VILLORESI
Via Ludovico Ariosto, 30
20145 - Milano
tel. 02 48561301
e.mail: info@etvilloresi.it - PEC: etvilloresi@pec.it

*A TERMINI DI LEGGE CI SI RISERVA LA PROPRIETA' DEL PRESENTE ELABORATO, CHE PERTANTO NON PUO' ESSERE RIPRODOTTO E/O CEDUTO A TERZI SENZA AUTORIZZAZIONE DEL CONSORZIO DI BONIFICA EST TICINO VILLORESI*

# INDICE

1. PREMESSA ..... 3

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, IDROGEOLOGICO E SISMICO GENERALE 3

2.1 Inquadramento territoriale ..... 3

2.2 Inquadramento geologico ..... 4

2.2.1 Caratteri litologici ..... 6

2.3 Aspetti di dinamica morfologica ..... 6

2.4 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO ..... 6

2.4.1 Unità idrostratigrafiche ..... 6

2.4.2 Piezometria ..... 8

2.5 STORIA SISMICA DEL TERRITORIO ..... 9

2.5.1 Sismicità recente ..... 11

2.5.2 Verifica sorgenti sismogenetiche ..... 12

2.5.3 Pericolosità sismica locale ..... 12

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, IDROGEOLOGICO E GEOTECNICO DELL'AREA INTERESSATA DELLE OPERE IN PROGETTO ..... 13

3.1 Indagini geognostiche e idrogeologiche ..... 13

3.2 Assetto geologico e stratigrafico locale ..... 15

3.3 Caratteri litologici e geotecnici indicativi ..... 16

3.4 Assetto idrogeologico locale ..... 17

4. QUALITÀ DEI TERRENI ED ACQUE DI FALDA ..... 19

4.1 Analisi chimiche sui terreni ..... 19

4.2 Analisi chimiche sulle acque di falda ..... 20

ALLEGATI:

1 – Carta geomorfologica e dell'uso del suolo

2 – Carta geologica e delle indagini e sezioni geologiche

3 – Piezometria e rete idrografica

4 – Stratigrafie dei sondaggi eseguiti nell'area

5 – Curve granulometriche dei campioni raccolti

6 – Referti analitici dei campioni di terreno

7 – Referti analitici dei campioni di acqua di falda

# 1. PREMESSA

La presente relazione descrive le caratteristiche geologico-geotecniche e idrogeologiche delle aree in cui è prevista la realizzazione della vasca di laminazione del torrente Molgora in progetto nel territorio del comune di Bussero.

In particolare nella relazione vengono illustrati:

- L'inquadramento geologico, idrogeologico e sismico alla scala comunale, basato prevalentemente su informazioni bibliografiche e sui contenuti dello studio geologico del Piano di Governo del Territorio del comune di Bussero (capitolo 2).
- La descrizione delle indagini geognostiche eseguite nell'area interessata dalle opere in progetto e l'inquadramento geologico-geotecnico e idrogeologico di dettaglio delle suddette aree.

# 2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, IDROGEOLOGICO E SISMICO GENERALE

## 2.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'area di intervento è situata nel settore occidentale del comune di Bussero, ad una quota compresa tra 145 e 130 metri s.l.m., come illustrato in Figura 1 ((stralcio Carta Tecnica Regionale – Foglio B6d1).

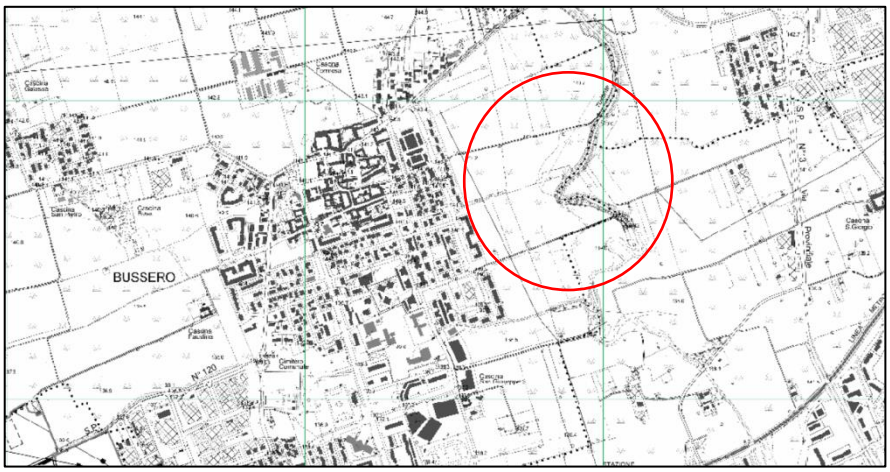



*Figura 1 Inquadramento territoriale (base C.T.R. scala 1:10.000)*

L'area in esame presenta una morfologia pianeggiante con una inclinazione in direzione Sud, derivante dalla deposizione di sedimenti dei corsi d'acqua fuoriuscenti dalle lingue glaciali pleistoceniche e ai successivi episodi di deposizione alluvionale.

Il sistema idrografico è rappresentato da due elementi:

- il torrente Molgora
- reticolo idrografico di bonifica di competenza del consorzio Est Ticino Villoresi.

Il torrente Molgora appartiene al reticolo idrico principale e scorre nel settore orientale del comune di Bussero, mentre i canali secondari e terziari del Villoresi sono a cielo aperto e interessano le aree limitrofe al centro abitato con una direzione circa Nord-Sud.

## 2.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area di interesse è situata nella parte centro settentrionale della provincia di Milano. La quota media è di circa 142 m s.l.m. L'area è collocata nell'alta pianura milanese al margine delle avanzate dei ghiacciai medio pleistocenici, in particolare nella zona a cavallo tra il lobo dell'Adda (a est) e il lobo del Lambro (a ovest) dell'anfiteatro del Lario, e comprende quindi le morene più esterne di questi lobi. La Figura 2 mostra uno stralcio della Carta Geologica d'Italia scala 1:100'000 in cui sono raffigurate le unità affioranti nel area di interesse. L'area di interesse si colloca nel settore della media pianura al limite meridionale degli orli di terrazzo dell'alta pianura milanese. L'intero territorio è costituito da sedimenti fluvioglaciali a una fase finale del Riss (Riss-Wurm) nell'accezione di Penck e Bruckner (1909); questi sedimenti sono ricoperti in corrispondenza dell'area esaminata da depositi più recenti.

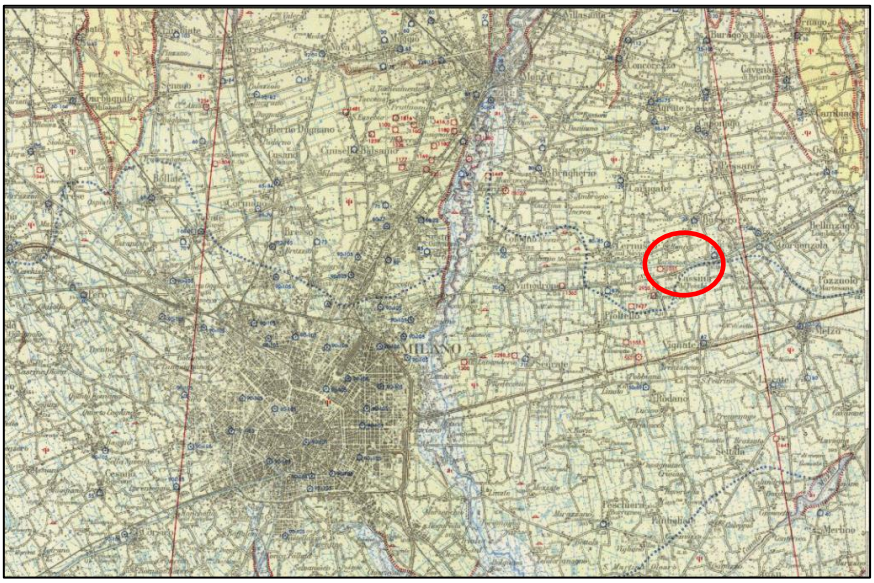



*Figura 2 Carta Geologica Foglio 45 Milano. In rosso l'area in cui è prevista la realizzazione della vasca di laminazione*

In riferimento alle unità allostratigrafiche mappate nel Foglio 97 Vimercate alla scala 1:50'000 è possibile estendere in direzione Sud le unità presenti lungo la valle della Molgora.

**SINTEMA DEL PO (POI)** [Unità Postglaciale]

Depositi fluviali costituiti da Sabbie a supporto di matrice e ghiaie fini con sabbia grossolana a supporto clastico. Questa unità comprende tutti i depositi, indipendentemente dall'agente deposizionale, formatisi posteriormente all'ultimo evento glaciale pleistocenico e abbraccia un arco temporale che va dalla parte terminale del Pleistocene superiore sino a tutto l'Olocene.

**SUPERSINTEMA DEI LAGHI (LCN) SINTEMA DI CANTU'** [Pleistocene superiore]

Ghiaie e sabbie stratificate, limi di esondazione. Diamicton massivi a supporto di matrice o clastico. Ghiaie a elementi spigolosi, ghiaie alterate con matrice argillosa arrossata. Superficie limite superiore caratterizzata da copertura loessica assente, profilo di alterazione poco evoluto con profondità massima del fronte di decarbonatazione di circa 1,5 m. Colore 10YR.

***SUPERSINTEMA DI BESNATE*** **- UNITA DI CADORAGO (BEE)** [Pleistocene medio - superiore]

Ghiaie massive o organizzate con ciottoli di dimensioni massime fino a 30 cm; intercalzioni sabbiose. Diamicton a supporto di matrice con alterazione limitata alla porzione superficiale.

**SINTEMA DI BINAGO (BIN)** [Pleistocene medio]

Ghiaie a supporto di matrice (depositi fluvioglaciali). Diamicton massivi a supporto clastico (depositi glaciali). Superficie limite superiore caratterizzata da un profilo di alterazione evoluto di spessore non valutabile.

Le unità sopra descritte si relazionano tra loro secondo lo schema stratigrafico mostrato in Figura 3.

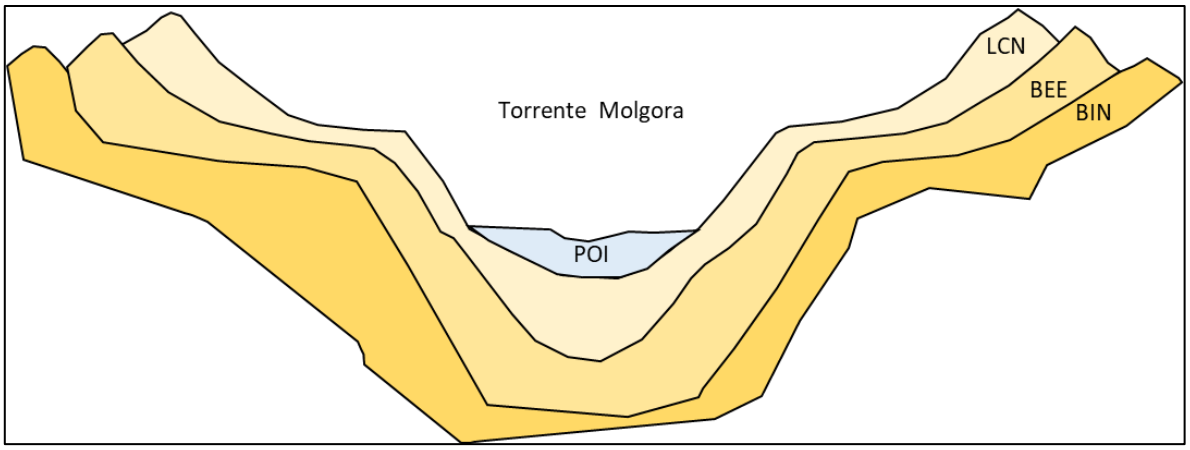



*Figura 3 Schema dei rapporti stratigrafici - Non in scala-*

### 2.2.1 Caratteri litologici

L'area di indagine è caratterizzata da depositi fluvioglaciali a carattere sciolto; le analisi granulometriche identificano ghiaie sabbiose limose e sabbie con ghiaia. Localmente è possibile trovare ciottoli poligenici con dimensione massima fino a 12 cm, inoltre la matrice può essere più o meno abbondante. In prossimità del piano campagna i sondaggi mostrano la presenza di limi e argille di colore marrone fino ad una profondità massima di 4.3 metri dal piano campagna.

## 2.3 ASPETTI DI DINAMICA MORFOLOGICA

L'analisi documentale e bibliografica dello stato di dissesto relativa alla cartografia del P.A.I ha permesso di escludere fenomenologie e/o problematiche idrauliche e/o di dissesto idrogeologico in atto o potenziali in corrispondenza dell'area di intervento e in un suo intorno significativo.

## 2.4 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

### 2.4.1 Unità idrostratigrafiche

In riferimento alle unità idrostratigrafiche proposte da ENI-Regione Lombardia, l'area di interesse può essere cosi suddivisa:

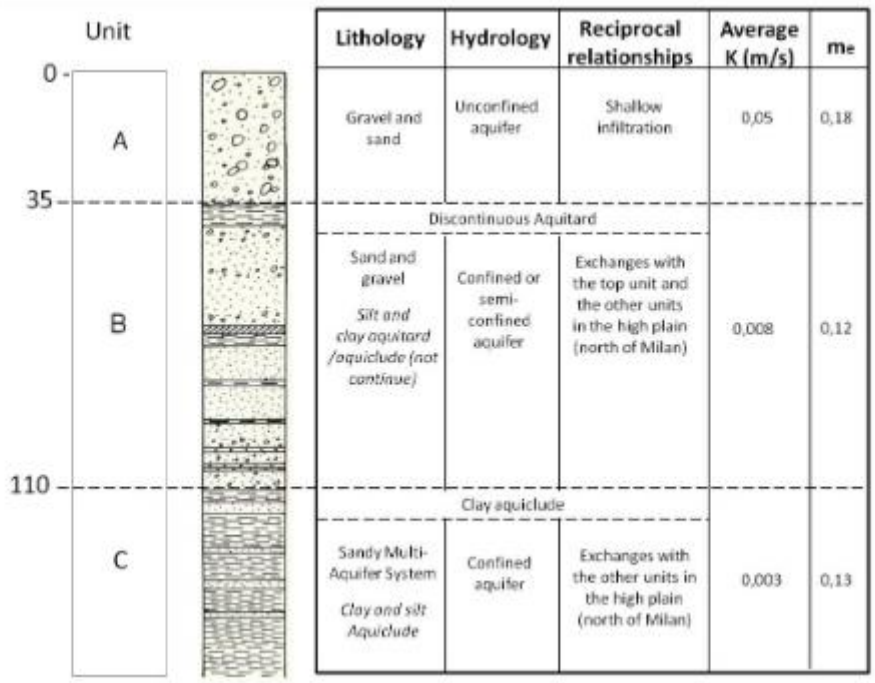



*Figura 4 Successione stratigrafica e rappresentazione sintetica delle caratteristiche delle unità idrostratigrafiche dell'area Milanese*

Nella Figura 4 sono riportate le definizioni delle unità idrostratigrafiche con i valori di riferimento dei parametri idrogeologici che le contraddistinguono. Presso Bussero il gruppo A corrisponde a sedimenti presenti fino ad una profondità di circa 10 metri dal piano campagna, mentre il gruppo B è caratterizzato da sedimenti sabbioso ghiaiosi, alla base di tale gruppo sono presenti conglomerati e arenarie noti in letteratura come Ceppo. Lo spessore del gruppo B è di circa 20 metri. A letto del gruppo B sono presenti lenti sabbiose confinate da limi e argille appartenenti al gruppo C.

- Gruppo Acquifero A

L'unità è caratterizzata dalla netta prevalenza di litotipi grossolani con lenti argillose di limitato spessore ed estensione areale. L'alimentazione avviene per infiltrazione delle acque meteoriche o da perdite dei corsi d'acqua lungo la valle della Molgora. Nell'area in esame tale unità risulta essere in continuità idraulica con le unità idrogeologiche sottostanti dato che non ci sono orizzonti con limitate permeabilità idraulica.

- Gruppo Acquifero B

Il gruppo acquifero consta di alternanze di depositi sabbioso-ghiaiosi, sabbiosi e limoso-argillosi, con lenti cementate di conglomerato e/o di arenaria. La falda che vi scorre non è protetta tramite livelli di separazione idraulica sufficientemente continui; quindi la sua alimentazione avviene sia per infiltrazione sia per scambio idrico con i sedimenti alluvionali della piana della Molgora.

- Gruppo Acquifero C

Questa unità è caratterizzata in prevalenza da argille e limi di colore grigio con torbe; essa forma il substrato della falda tradizionalmente sfruttata. A questi litotipi sono intercalate lenti più o meno estese di sabbie e ghiaie che formano acquiferi con falde confinate, identificati con la denominazione di "terzo acquifero" o "acquiferi profondi". Nel settore in esame tale unità non è stata rinvenuta.

### 2.4.2 Piezometria

La carta piezometrica illustrata in Figura 5 mostra una direzione di flusso orientata circa NNO-SSE con un gradiente idraulico del 0,3%. La soggiacenza si attesta a circa 13-14 metri dal piano campagna (la quota piezometrica pari a 125 metri s.l.m.) nel settore nord mentre nel settore sud la soggiacenza è di circa 17-18 metri dal piano campagna (livello piezometrico pari a 120 metri s.l.m.).

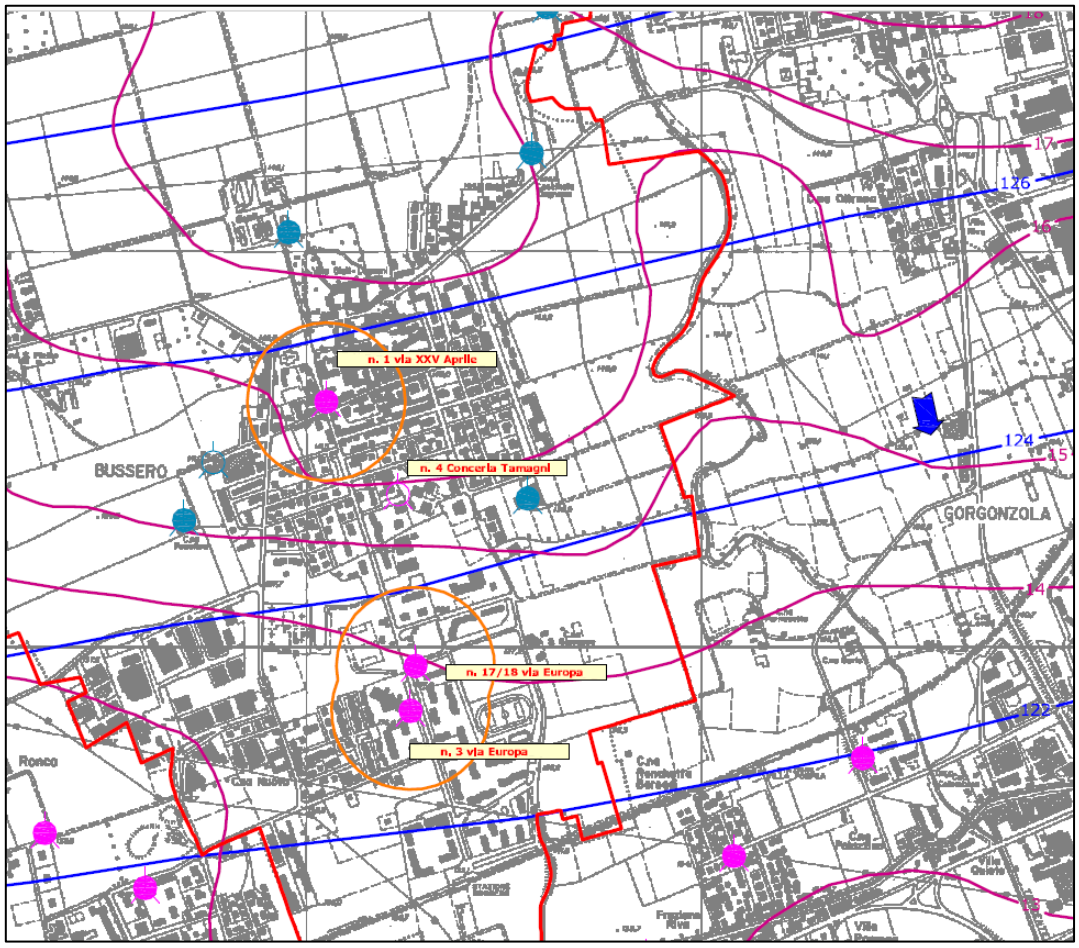



*Figura 5 Carta piezometrica tratta dal PGT di Bussero, dettaglio dell'area di interesse. Isopieze di colore blu.*

Per quanto riguarda le variazioni del livello freatico nel tempo, è possibile osservare la serie storica del piezometro situato a Cernusco sul Naviglio (Figura 6), dato che non sono presenti punti con un monitoraggio in continuo presso il comune di Bussero. I dati mostrano come siano presenti oscillazioni stagionali dell'ordine di 4 metri.

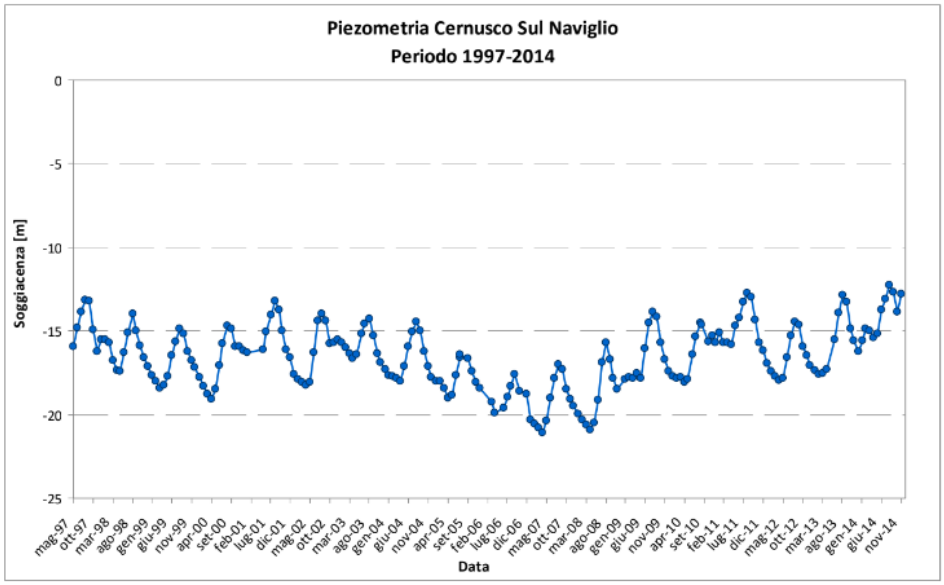



*Figura 6 oscillazioni del livello piezometrico (tratto dal PGT di Bussero)*

## 2.5 STORIA SISMICA DEL TERRITORIO

L'analisi della sismicità, intesa come distribuzione spazio-temporale dei terremoti in una determinata area, costituisce il primo tassello per gli studi di valutazione della pericolosità sismica di base. Trattandosi di modelli probabilistici, infatti, le caratteristiche sismotettoniche e le modalità di rilascio dell'energia sismica pregressa consentono la messa a punto di modelli previsionali dell'attività sismica attraverso una quantificazione dei livelli di accelerazione attesi. Nella classificazione definita dai Decreti emessi fino al 1984 (D.M. 05.03.1984) la sismicità è definita attraverso il "grado di sismicità" S; nella proposta di riclassificazione del GdL del 1998 si utilizzano 3 categorie sismiche più una categoria di Comuni Non Classificati (NC) della quale faceva parte il Comune di Bussero. Nella nuova classificazione 2003 e s.m.i., il grado di sismicità territoriale viene definito mediante quattro zone, numerate da 1 a 4 e Bussero rientra nella zona 4.

Infine, a seguito dell'emanazione della recente D.G.R. 11 luglio 2014 n.X/2129 "*Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia*", il Comune è stato riclassificato con l'attribuzione di una zona sismica 3.

Come deducibile dal *catalogo DBMI15*, database utilizzato per la compilazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15) aggiornato al dicembre 2014 (Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P., 2016), nel quale sono riportate le osservazioni

macrosismiche relative a diversi comuni italiani, e dalla consultazione dei cataloghi sismici redatti dall'Istituto di Geofisica e Vulcanologia per gli studi di pericolosità, risulta la seguente storia sismica locale:

- le osservazioni relative a Bussero archiviano n. 4 registrazioni.
- l'area comunale è caratterizzata da risentimenti connessi ad eventi sismici di intensità epicentrale massima rilevata dell'ordine del V-VI grado della scala Mercalli;
- le località epicentrali per gli eventi che hanno prodotto i maggiori risentimenti al sito (osservazioni macrosismiche) provengono da settori territoriali del tutto decentrati rispetto all'area comunale, nello specifico nell'area del lago Iseo, Franciacorta, nel reggiano e nel Monferrato.
- dal catalogo parametrico dei terremoti italiani non si rileva attività sismica con epicentro all'interno del territorio comunale di Carnate.

Le suddette osservazioni sono elencate nel seguente prospetto tratto dall'archivio sismico INGV:

**Seismic history of Bussero [45.495, 9.375] - Total number of earthquakes: 4**

| Effects | Earthquake occurred | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Intensità al sito | Anno Mese Giorno Ora | Area epicentrale | N. oss. macrosismiche | Intensità epicentrale (MCS) | Magnitudo (Mw) |
| 3 | 1987 05 02 20:43 | Reggiano | 802 | 6 | 4.71 |
| NF | 1995 10 29 13:00 | Lago d'Iseo | 408 | 5-6 | 4.35 |
| NF | 2000 08 21 17:14 | Monferrato | 595 | 6 | 4.94 |
| 3 | 2002 11 13 10:48 | Franciacorta | 768 | 5 | 4.21 |

**This file has been downloaded from INGV – DBMI15**

Infine, per il dettaglio del Comune di Bussero, considerando le "Massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani", valutate a partire dalla banca dati macrosismici del GNDT e dai dati del Catalogo dei Forti Terremoti in Italia di ING/SGA (D. Molin, M. Stucchi, G. Valensise), dalla Figura 8 emerge una $I_{max} \leq 6$ (scala Mercalli).

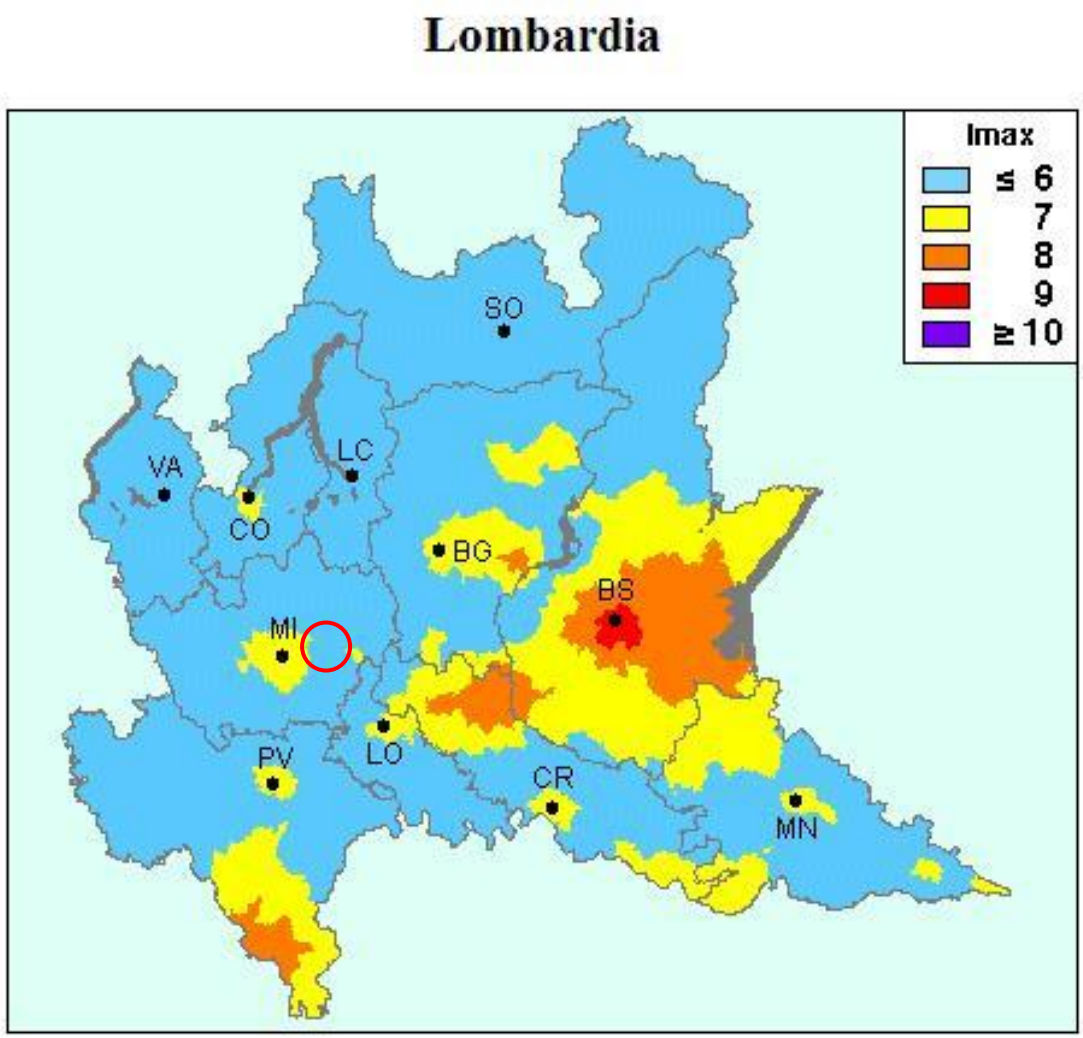



*Figura 7- Massime intensità macrosimiche. Il cerchio rosso include l'area di studio.*

### 2.5.1 Sismicità recente

A completamento dell'inquadramento sismico, la *Figura* 9 illustra la distribuzione della sismicità "recente" dell'area in esame, riportando le localizzazioni epicentrali degli eventi registrati dalla rete Sismica Nazionale nell'intervallo di tempo compreso tra il 1981 ed il 2006 (Catalogo della sismicità italiana C.S. 1.0), che risultano distanti rispetto all'area di pertinenza dell'intervento. Nello specifico, l'evento più vicino registrato è relativo all'area prossima al lago d'Iseo per il quale è stata rilevata una magnitudo compresa tra 4 e 5 della scala Richter e profondità epicentrale tra 18 e 35 km.

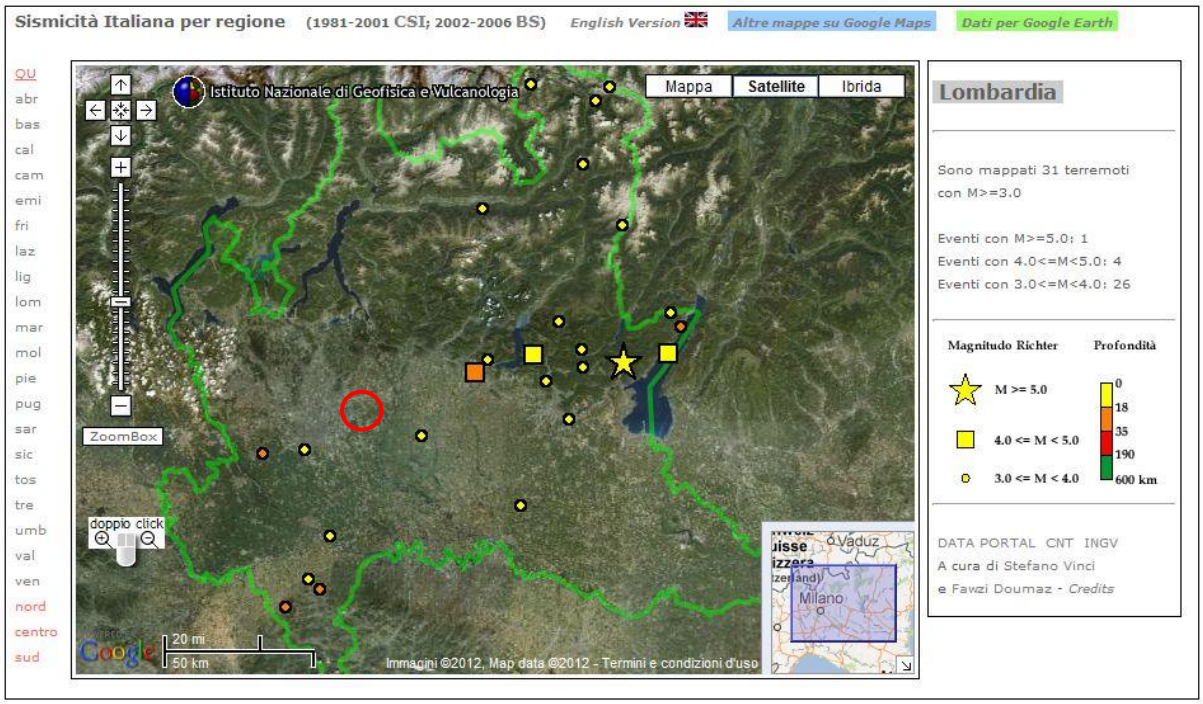



*Figura 8 - Distribuzione sismicità recente. Il cerchio rosso include l'area di studio.*

### 2.5.2 Verifica sorgenti sismogenetiche

A conclusione dell'analisi della sismicità, alla luce dei recenti avvenimenti che hanno coinvolto l'Emilia-Romagna, è stato condotto un approfondimento della tematica.

Nello specifico si è verificato se l'area di pertinenza l'intervento sia ricompresa nell'ambito delle cosiddette *Individual or Composite Seismogenic Sources*, ovvero settori individuati per i quali è palese una evoluzione sismica in atto legata a fenomeni neotettonici (sorgenti sismogenetiche). Dall'analisi del suddetto database a cura dell'INGV, si evince come l'area di interesse sia esterna a dette sorgenti sismogenetiche.

### 2.5.3 Pericolosità sismica locale

In relazione alla definizione della pericolosità sismica locale, lo studio geologico del Piano di Governo del Territorio del comune di Carnate, include l'area interessata dal progetto della vasca di laminazione alle classi Z4a (zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi) e Z4d (zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale) connesse a possibili effetti di amplificazione litologica.

# 3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, IDROGEOLOGICO E GEOTECNICO DELL'AREA INTERESSATA DELLE OPERE IN PROGETTO

L'area di indagine è delimitata a Ovest dal torrente Molgora, che scorre in direzione Nord-Sud, mentre in direzione Est dall'abitato di Bussero. Nel dettaglio la morfologia è pianeggiante dato che la quota media in prossimità di Bussero è di circa 142 metri s.l.m. mentre presso il Torrente Molgora è di 139 metri s.l.m. Non sono presenti nell' area orli di terrazzo che giustappongono sedimenti legati a diversi eventi glaciali.

## 3.1 INDAGINI GEOGNOSTICHE E IDROGEOLOGICHE

Nell'area di interesse è stata condotta una campagna di indagini geognostiche: 6 sondaggi geognostici di cui n. 2 attrezzati successivamente a piezometro.

La Tabella 1 descrive le caratteristiche di ciascuna indagine di sottosuolo e le relative analisi che sono state realizzate. La posizione delle indagini è mostrata in Figura 9.

*Tabella 1 Indagini realizzate*

| *Indagine* | *tipologia* | *profondità* | *Filtri - da -* | *Filtri - a -* | *S.P.T* | *analisi granulometriche* | *prove di portata* | *data realizzazione* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S3-PZ | piezometro | 25 | 18 | 24 | si | si | si | 11-13/04/2018 |
| S4-PZ | piezometro | 26 | 18 | 25 | si | si | si | 17-19/04/2018 |
| S1 | sondaggio | 10 | - | - | si | si | no | 09/04/2018 |
| S2 | sondaggio | 10 | - | - | si | si | no | 10/04/2018 |
| S5 | sondaggio | 10 | - | - | si | si | no | 16/04/2018 |
| S6 | sondaggio | 10 | - | - | si | si | no | 20/04/2018 |

Le stratigrafie dei sondaggi eseguiti sono riportate in Allegato 4.

I due piezometri sono collocati a monte e a valle della vasca di laminazione e hanno una profondità di 25 e 26 metri con tratto filtrato tra 18 e 32,5 m. I sondaggi S1, S2, S5 e S6 sono stati realizzati fino a 10 m di profondità lungo il perimetro per approfondire le conoscenze sito specifiche lungo il tracciato previsto per gli argini.

Per la caratterizzazione geotecnica del sottosuolo in tutte le verticali di indagine, sono state eseguite n. 2 prove penetrometriche SPT per ciascun sondaggio a profondità variabili tra 1,5 e 5,45 m da p.c.

In tutti i sondaggi sono stati inoltre prelevati campioni di terreno per esecuzione di prove granulometriche di laboratorio; sono stati prelevati in particolare n. 2 campioni per ogni sondaggio, di cui uno in prossimità del piano campagna (massimo 3 metri di profondità) e 1 compreso tra una profondità di 4 e 5 metri da piano campagna. I campioni sono stati

raccolti a profondità paragonabili a quelle dove sono state e seguite le prove SPT in fase di perforazione.

Le curve granulometriche dei campioni raccolti sono riportate in Allegato 5.

Sono stati inoltre prelevati campioni sottoposti ad analisi chimiche; i dettagli di questa attività sono riportati in Capitolo 0.

Al fine di caratterizzare il sottosuolo dal punto di vista idrogeologico sono state inoltre eseguite n. 2 prove di pompaggio a portata costante nei piezometri S3-PZ e S4-PZ. Le modalità esecutive delle prove e i risultati ottenuti sono descritti nel Paragrafo 2.3.

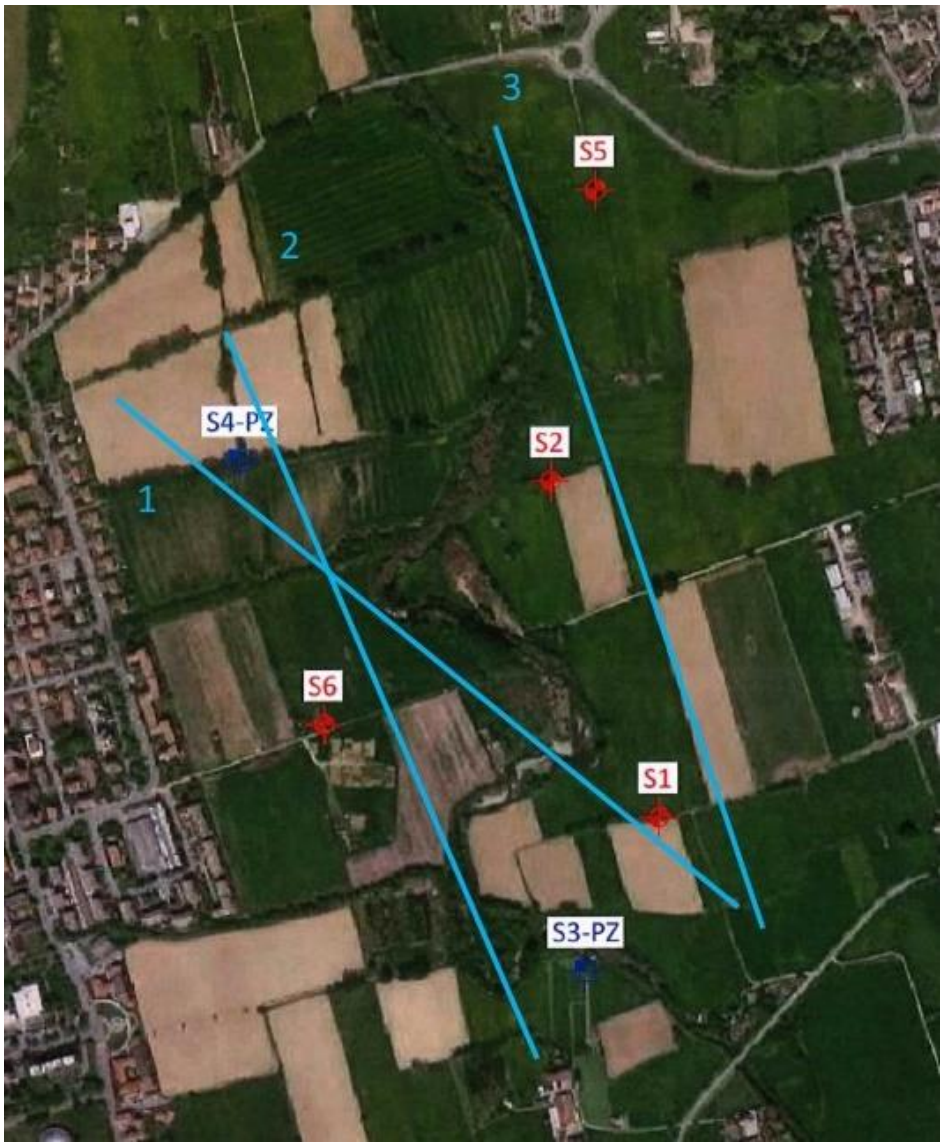



Figura 9 ubicazione delle indagini e traccia delle sezioni.

## 3.2 ASSETTO GEOLOGICO E STRATIGRAFICO LOCALE

Sulla base delle stratigrafie dei sondaggi geognostici eseguiti, sono state elaborate tre sezioni geologiche nell'area di realizzazione della vasca, rispettivamente due orientate circa Nord-Sud e una orientata circa Nord-Ovest/Sud-Est le cui tracce sono riportate in Figura 9. Le sezioni sono riportate in Allegato 2. La sezione 1 (Figura 10) mostra nel settore Nord la presenza di un orizzonte fine, argille limose di colore marrone, con una spessore pari a 4 metri, in direzione Sud tale livello si riduce di spessore, infatti presso il piezometro S3-Pz è di solo 1,5 metri di spessore. I sedimenti sottostanti sono caratterizzati da alternanze di sabbie e ghiaie con la presenza di ciottoli poligenici di varie dimensioni. Nel dettaglio alla profondità compresa tra 7,5 e 9 metri la dimensione dei ciottoli aumenta passando a circa 12 cm. Tale passaggio evidenzia una superficie erosionale tra alluvioni recenti e antiche (Sintema del Po e Sintema di Cantù) e quello di Besnate (in figura 3 fra LCN e BEE).

La Figura 10 mostra la sezione 3 con andamento circa Nord-Sud; I sondaggi mostrano come fino a 3 metri dal piano campagna sono presenti sedimenti fini, limi e argille per uno spessore massimo di 3 metri. Da 3 a 10 metri di profondità sono presenti sabbie e ghiaie di colore marrone grigio con ciottoli di varie dimensioni. Verosimilmente la superficie di separazione tra il sintema di Cantù (in arancio) e quello sottostante(in azzurro) è posta ad una profondità di 10 metri dato che le dimensioni dei ciottoli sono di circa 12 cm. Il limite inferiore dell'unità BEE non è stato individuato dai sondaggi dato che tale limite si trova in corrispondenza dei conglomerati attribuibili al Ceppo.

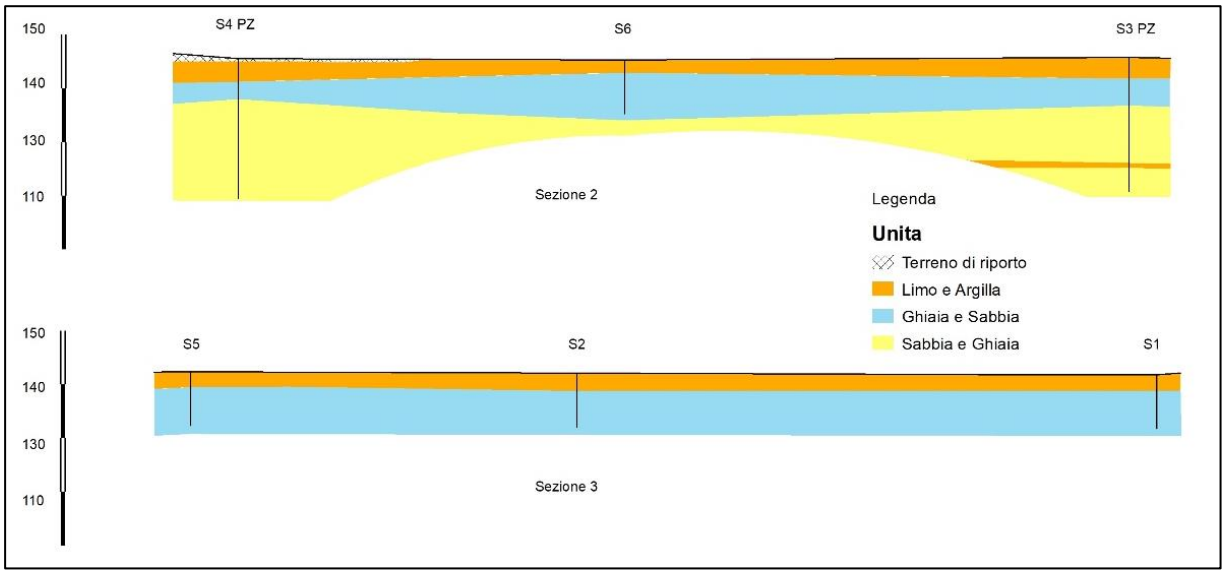



*Figura 10 sezione geologica 2 e 3.*

In bibliografia è possibile reperire diverse sezioni idrogeologiche che permettono di inquadrare meglio l'area di interesse. In Figura 11 è riportata una possibile interpretazione dei rapporti stratigrafici tra le diverse unità allostratigrafiche.

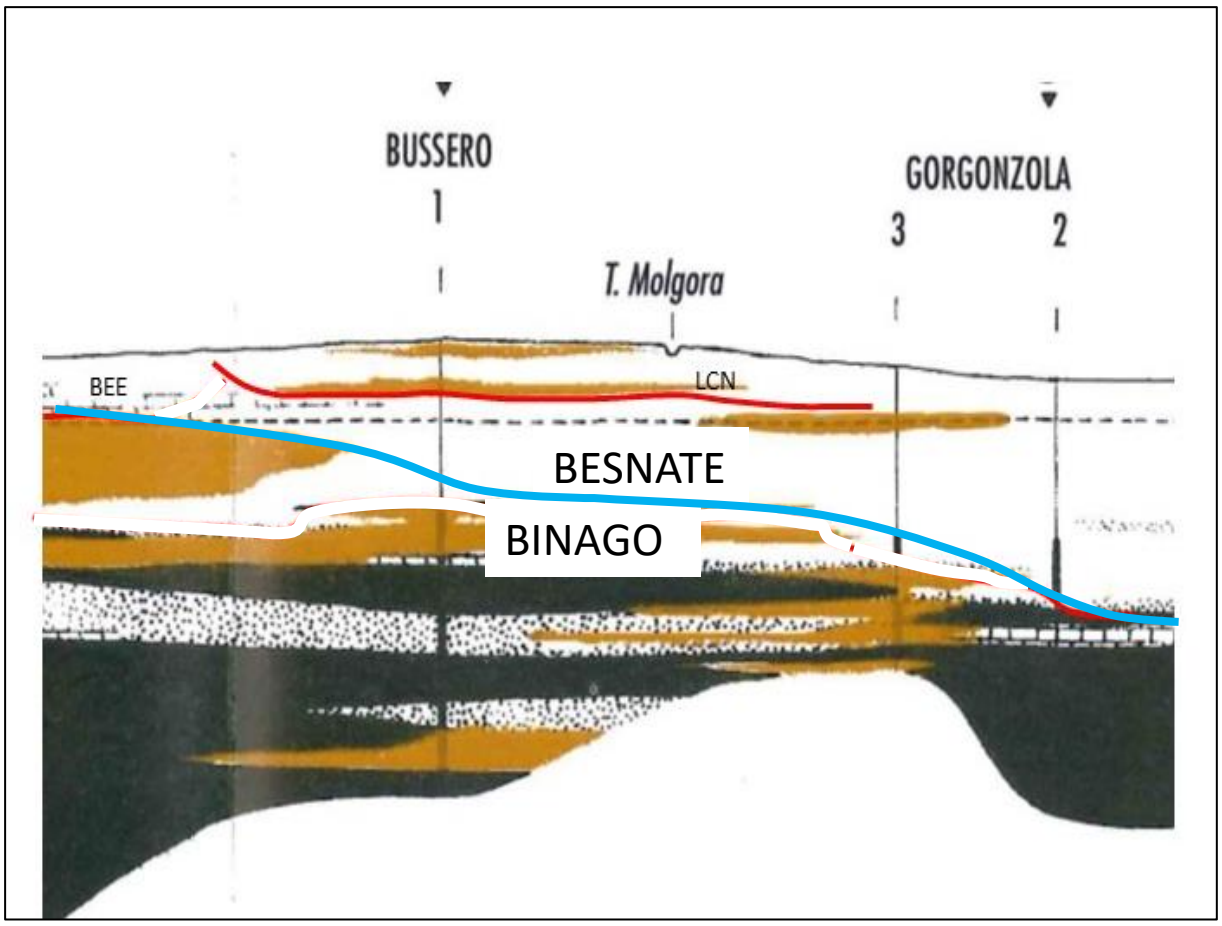



*Figura 11 Schema dei rapporti stratigrafici. Non in scala.*

## 3.3 CARATTERI LITOLOGICI E GEOTECNICI INDICATIVI

Le prove SPT eseguite hanno evidenziato un grado di basso grado di addensamento nei primi metri del sottosuolo, dove sono presenti prevalentemente limi e argille (n. SPT. 3-7); i valori più bassi sono stati in particolare osservati nel sondaggio S4-PZ dove sono presenti i maggiori spessori (4,3 metri) di argille limose ascrivibili in gran parte a depositi colluviali. I depositi sabbioso-ghiaiosi presenti a profondità maggiori mostrano un addensamento più elevato dato dal maggior grado di addensamento (n SPT. 10-20).

Le analisi granulometriche sono state realizzate su campioni prelevati a diverse profondità per valutare la variazione granulometrica verticale. In totale sono state realizzate 12 analisi granulometriche, nel dettaglio, due analisi per ogni sondaggio realizzato.

Nei campioni superficiali la classificazione granulometrica CNR-UNI 10006 ricade in classe A2-6 per i sondaggi S2, S5, S6, mentre in classe A4 per il sondaggi S4. I campioni più profondi hanno una classe A2-4 i sondaggi S2, S5, mentre è A-1b per i sondaggi S6 e S4.

## 3.4 ASSETTO IDROGEOLOGICO LOCALE

Di seguito, Figura 12, viene mostrato lo schema riassuntivo delle unità idrostratigrafiche presenti nell'area di studio, in accordo con la classificazione descritta al paragrafo 1.6.

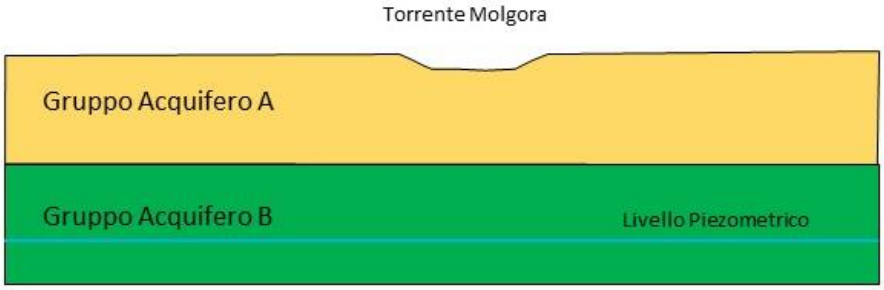



*Figura 12 schema riassuntivo delle unità idrostratigrafiche presenti nell'area*

Il Gruppo acquifero A e il Gruppo acquifero B presso l'area di studio sono in continuità idraulica dato che non è presente nessun livello a bassa permeabilità in grado di separare idraulicamente i due acquiferi. Nel dettaglio il Gruppo Acquifero A ha uno spessore di circa 10 metri, ed è localmente insaturo dato che il livello piezometrico si attesta ad una profondità di circa 18 metri da piano campagna. I sondaggi più profondi non hanno individuato il limite inferiore del Gruppo B, quindi non è stato possibile valutare lo spessore, anche se dai dati bibliografici è possibile stimare uno spessore di circa 20 metri nell'area in esame.

I piezometri realizzati hanno permesso di valutare la profondità della falda. Ad aprile 2018 il livello piezometrico si attesta ad una profondità di 18,5 metri da p.c. in S3-PZ, mentre in S4-PZ il livello è posto a 17,5 metri da p.c. ne consegue che la quota piezometrica è a circa 124 metri s.l.m. Sulla base del livello piezometrico rilevato viene confermato il fatto che il Gruppo acquifero A è insaturo, mentre il Gruppo Acquifero B ha uno spessore saturo di circa 15 metri.

Per la caratterizzazione idrogeologica dell'acquifero sono state eseguite n. 2 prove di pompaggio a portata costante nei piezometri S3-PZ e S4-PZ.

La prova sul piezometro S3-PZ è stata eseguita ad una portata costante di 19,8 $m^3$/ora per una durata complessiva di 5 ore. La soggiacenza statica iniziale è risultata pari a 18,8 m da bocca pozzo, in seguito all'attivazione del pompaggio si è osservata una stabilizzazione del livello immediata, con un abbassamento finale di 2 cm. Dopo lo spegnimento della pompa è stata monitorata la risalita con raggiungimento del livello

statico iniziale pre-prova dopo circa 30 secondi. Si suppone che l'abbasamento sia stato limitato e la durata della risalita cosi breve in seguito al fatto che il punto S3-PZ sia posizionato in prossimità del Torrente Molgora e di conseguenza fornisca una ricarica verticale in prossimità dell'area investigata dalla prova di portata; ne segue che non è stato possibile interpretare la prova per ottenere un valore di trasmissività.

La prova sul piezometro S4-PZ è stata eseguita ad una portata di 3,6 $m^3$/ora e una durata di 6 ore. Il livello statico iniziale è risultato pari a 21 m da bocca pozzo. Il pompaggio ha determinato un abbassamento finale di 2,54 metri, con stabilizzazione del livello piezometrico a partire da circa 150 minuti dall'inizio della prova. Nella fase di risalita il livello statico pre-prova è stato nuovamente raggiunto dopo circa 90 minuti dallo spegnimento della pompa (grafico in Figura 13).

Il valore di trasmissività risultante dall'interpretazione della curva di risalita è pari a $1x10^{-3}$ $m^2/s$, corrispondente ad un valore di conducibilità idraulica pari a $2x10^{-4}$ m/s, considerando uno spessore saturo intercettato dal piezometro di circa 5 metri.

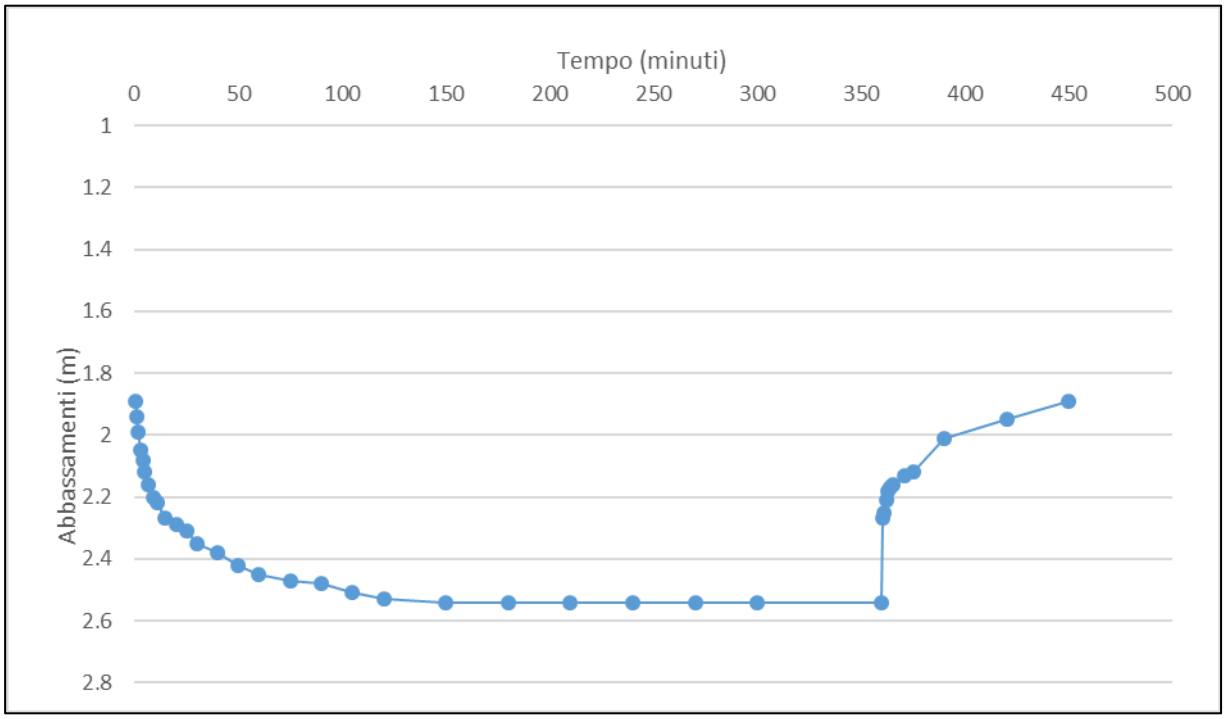



*Figura 13 andamento del livello piezometrico (soggiacenza in m da b.p.) nel corso della prova di pompaggio sul piezometro S4-PZ.*

*Tabella 2 riepilogo dei risultati delle prove di pompaggio sul piezometro S4-PZ*

| PORTATA [$m^3/h$] | SOGGIACENZA INIZIALE [m da b.p.] | ABBASSAMENTO FINALE [m] | SPESSORE SATURO [m] | TRASMISSIVITA' [$m^2/s$] | CONDUCIBILITA' IDRAULICA [m/s] |
|---|---|---|---|---|---|
| 3,6 | 21 | 2,54 | 5 | $1x10^{-3}$ | $2x10^{-4}$ |

## 4. QUALITÀ DEI TERRENI ED ACQUE DI FALDA

Nell'area interessata dall'opera in progetto sono stati eseguiti campionamenti di:

- terreni
- acque di falda

presso i sondaggi e piezometri appositamente realizzati, rappresentati in Figura 9.

### 4.1 ANALISI CHIMICHE SUI TERRENI

Per quanto riguarda i terreni, è stato eseguito il campionamento nei punti S1, S2, S3, S4, S5 e S6. Sono state prelevate aliquote di terreno rappresentative delle profondità da 0 a 1 metro e da 1 a 1 metri. In totale sono stati raccolti ed analizzati n. 12 campioni di terreno. Sono stati ricercati i seguenti parametri:

- metalli (arsenico, berillio, cadmio, cobalto, cromo, cromo VI, rame, mercurio, nichel, piombo, selenio, antimonio, tallio, vanadio, zinco)

- idrocarburi leggeri C<12

- idrocarburi pesanti C>12

- idrocarburi policiclici aromatici (pirene, benzo(a) antracene, crisene, benzo(b+j) fluorantene, benzo(k) fluorantene, benzo(a) pirene, indeno(1.2.3-c,d) pirene, dibenzo(a,h) antracene, benzo(g,h,i) perilene, dibenzo(a,l ) pirene, dibenzo(a,e) pirene, dibenzo(a,h) pirene).

Le determinazioni analitiche sono state condotte, come richiesto dal D. Lgs. n. 152/06, sull'aliquota di granulometrica inferiore ai 2 mm e le concentrazioni sono state determinate riferendosi alla totalità dei materiali secchi, comprensiva anche dello scheletro.

Le concentrazioni rilevate sono state confrontate con le Concentrazioni Soglia di Contaminazione ("CSC") definite dal D. Lgs. n. 152/06, riportate nelle colonne A e B della Tabella 1 dell'Allegato 5 al Titolo V della Parte Quarta del Decreto. Tutti i parametri ricercati nei campioni analizzati sono risultati inferiori ai limiti di colonna A della tabella citata.

I referti analitici dei campioni di terreno sono riportati in Allegato 6.

## 4.2 ANALISI CHIMICHE SULLE ACQUE DI FALDA

Il campionamento delle acque di falda è stato effettuato in data 16 luglio 2018 nei due piezometri S3-PZ e S4-PZ appositamente realizzati. Il campionamento è stato eseguito dopo che i piezometri sono stati sottoposti a spurgo.

Il campionamento è stato eseguito in condizioni dinamiche, in aderenza alle specifiche riportate nel D. Lgs. n. 152/06.

Sui campioni sono stati ricercati i seguenti parametri:

- idrocarburi totali (espressi come n-esano)

- metalli (alluminio, argento, arsenico, berillio, cadmio, cobalto, cromo, cromo VI, rame, ferro, mercurio, manganese, nichel, piombo, antimonio, selenio, tallio, zinco)

- composti organo-alogenati (tricloroetilene, tetracloroetilene, trialometani totali, triclorometano, dibromoclorometano, bromodiclorometano, bromoformio, 1,1,1-tricloroetano).

Le concentrazioni rilevate sono state confrontate con le Concentrazioni Soglia di Contaminazione ("CSC") previste dal D. Lgs. n. 152/06 per le acque sotterranee, riportate nella Tabella 2 dell'Allegato 5 al Titolo V della Parte Quarta del Decreto.

Risulta un'eccedenza, in entrambi i campioni, per il parametro nichel, rispetto al valore di CSC di 20 µg/l. In particolare, nelle acque del piezometro S3-PZ è stata rinvenuta una concentrazione di nichel pari a 45 ± 23 µg/l; in S4-PZ la concentrazione è pari a 37 ± 19 µg/l. Il medesimo parametro non presenta alcuna eccedenza nei terreni. Dati i tenori modesti con cui è stato rinvenuto anche in falda, la sua presenza potrebbe essere ascritta a fondo naturale[1].

L'analisi chimica delle acque di falda qui descritta consiste un "bianco", a cui potranno essere confrontate le analisi chimiche da eseguirsi una volta che la vasca sarà messa in funzione, al fine di l'eventuale influenza qualitativa che l'infiltrazione di acque potenzialmente inquinate potrebbe avere sulla falda freatica.

I referti analitici dei campioni di acqua di falda sono riportati in Allegato 7.

[1] Si veda Regione Lombardia, ERSAF, Università di Pavia, "Analisi del contenuto in rame e altri metalli nei suoli agricoli lombardi", febbraio 2007.

Legenda

**Elementi geomoroflogivci e uso del suolo**

Vasca

**Uso del suolo (COD5)**

- tessuto residenziale discontinuo
- tessuto residenziale rado
- tessuto residenziale sparso
- cascine
- Insediementi industriali
- Insediamenti produttivi agricoli
- Cimiteri
- reti stradali
- Parchi e giardini
- Aree verdi
- Impianti sportivi
- Seminativo semplice
- Colture floro vivaistiche
- Orti familiari
- Altre legnose agrarie
- Prati permanenti
- Formazioni ripariali
- Cespuglieti

N

0 125 250 500 Meters

1121 1121 12124 12112 1411 1221 1121 1121 1411 2111 3113 2111 12112 21141 3242 21141 2115 1121 1123 2311 12111 2111 21141 12122 1122 1121 2311 2115 3242 1411 1231

Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community

Legenda

Indagini

Tipo

Piezometro

Sondaggio

Vasca

Sezioni

Sintema di Cantù (LCN) - Pleistocene Sup.-

**Carta Geologica**

N

0 125 250 500 Meters

S5

S4 PZ

LCN

S2

3

1

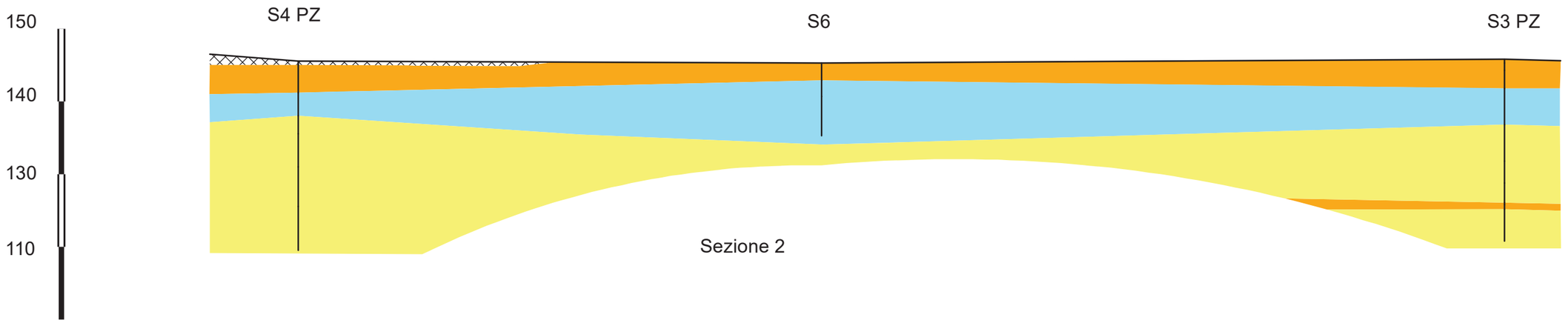
2

S6

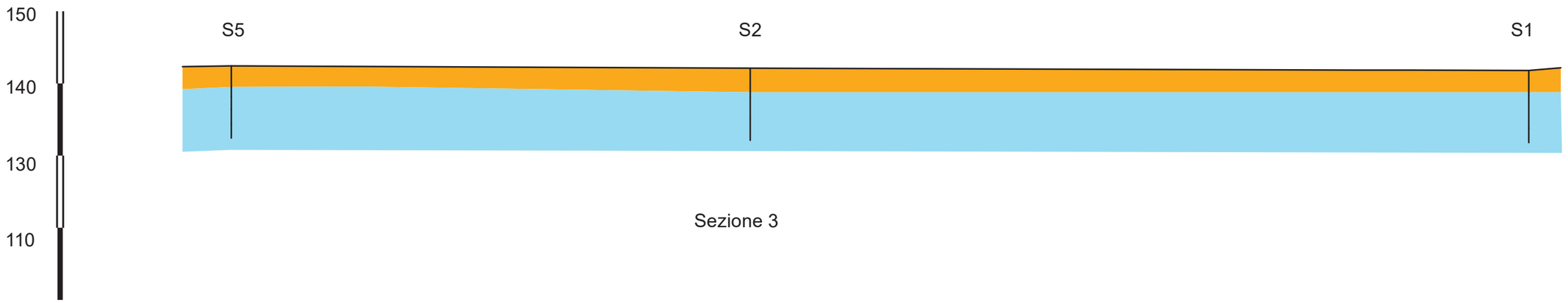
S1

S3-PZ

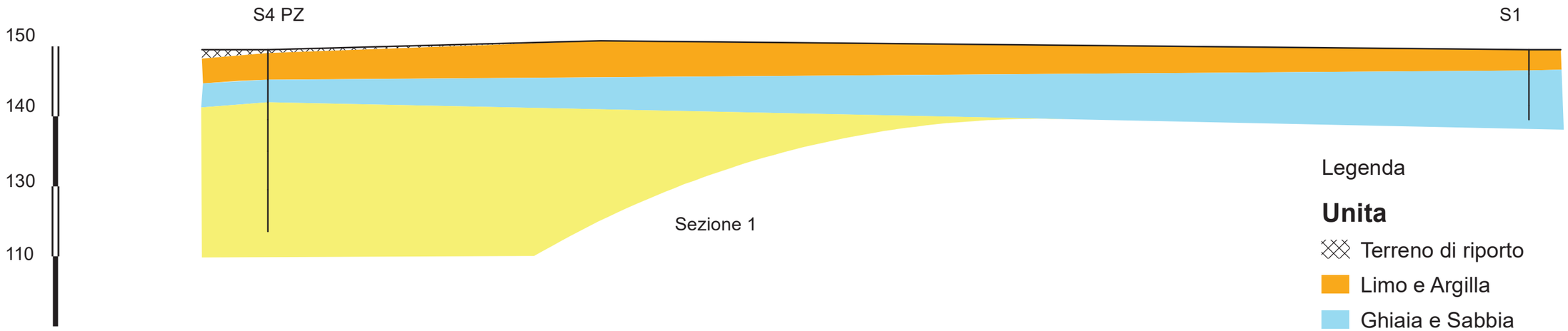
Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community




Sezione 2




Sezione 3




Sezione 1

# Piezometria e rete idrografica

Legenda

- Pozzi attivi
- Isopiezmetrica (2 metri) Luglio 2018
- Reticolo idrografico superficiale
- Vasca
- Torrente Molgora

N

0 250 500 1'000 Meters

130
128
126
124
122
120

Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community

Tecnosuolo s.r.l
27040 Casatisma (Pv) S.S Mi–Ge n° 10
Tel. (0383) 891852 Fax (0383) 891847

INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE

COMMITTENTE: CONSORZIO DI BONIFICA EST TICINO VILLORESI

LOCALITA': Bussero (MI)

QUOTA INIZIO: p.c.

SONDAGGIO N° S1

DATA 09.04.2018

| profondità strati mt. | spessore strati mt. | stratigrafia | % carotaggio | CAMPIONI tipo | CAMPIONI profond. mt. | $H_2O$ | DESCRIZIONE LITOLOGICA | K cm/s | P.P. Kg/cmq | S.P.T. | NOTE |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.00 | | | | | | | Argille più o meno limose di colore marrone con rari ciottoli poligenici. | | | m1.50–1.95 2 4 4 | |
| 3.00 | | | | | | | | | | | |
| 3.50 | | | | | | | Ghiaie e sabbie con ciottoli poligenici ed eterometrici subarrotondati diam.max.4–6cm in abbondante matrice fine limoso–argillosa di colore marrone. | | | m4.00–4.45 7 12 11 | |
| 8.00 | | | | | | | Sabbie e ghiaie con ciottoli poligenici ed eterometrici diam.max.8–10cm in matrice fine limoso–argillosa di colore grigiastro–marrone più o meno abbondante. | | | | |
| 10.00 | | | | | | | Ghiaie e sabbie con ciottoli poligenici ed eterometrici diam.max.>12cm in poca matrice fine limoso–argillosa di colore grigiastro–marrone. | | | | |

CAMPIONE: □ Rimaneggiato △ Semidisturbato • Indisturbato

ARGILLA LIMO SABBIA GHIAIA TERRENO VEGET. TORBA

ARGILLITE MARNA CALCARE ARENARIA CONGLOMERATO ROCCE IGNEE

CASSETTE CATALOGATRICI n° 2

LIVELLO FALDA

| DATA | Prof. riv. | Prof. foro | Livello acqua |
|---|---|---|---|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

CONSORZIO DI BONIFICA EST TICINO VILLORESI
Bussero (MI)
Nuova vasca di laminazione sul T. Molgora
SONDAGGIO S1
Cassetta da m 0.00 a m 5.00

CONSORZIO DI BONIFICA EST TICINO VILLORESI
Bussero (MI)
Nuova vasca di laminazione sul T. Molgora
SONDAGGIO S1
Cassetta da m 5.00 a m 10.00

Tecnosuolo s.r.l
27040 Casatisma (Pv) S.S Mi–Ge n° 10
Tel. (0383) 891852 Fax (0383) 891847

INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE

COMMITTENTE: CONSORZIO DI BONIFICA EST TICINO VILLORESI

LOCALITA': Bussero (MI)

QUOTA INIZIO: p.c.

SONDAGGIO N° S2

DATA 10.04.2018

| profondità strati mt. | spessore strati mt. | stratigrafia | % carotaggio | CAMPIONI tipo | CAMPIONI profond. mt. | $H_2O$ | DESCRIZIONE LITOLOGICA | K cm/s | P.P. Kg/cmq | S.P.T. | NOTE |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.00 | | | | | | | Argille più o meno limose di colore marrone con rari ciottoli poligenici. | | | m1.50–1.95<br>3 3 5 | |
| 3.20 | | | | | | | Ghiaie e sabbie con ciottoli poligenici ed eterometrici subarrotondati diam.max.4–6cm in abbondante matrice fine limoso–argillosa di colore marrone. | | | m4.00–4.45<br>6 9 13 | |
| 4.00 | | | | | | | Sabbie e ghiaie con ciottoli poligenici ed eterometrici diam.max.>12cm in matrice fine limoso–argillosa di colore grigiastro–marrone più o meno abbondante. | | | | |
| 7.00 | | | | | | | Ghiaie e sabbie con ciottoli poligenici ed eterometrici diam.max.>12cm in poca matrice fine limoso–argillosa di colore grigiastro–marrone. | | | | |
| 10.00 | | | | | | | | | | | |

CAMPIONE: □ Rimaneggiato △ Semidisturbato • Indisturbato

ARGILLA LIMO SABBIA GHIAIA TERRENO VEGET. TORBA

ARGILLITE MARNA CALCARE ARENARIA CONGLOMERATO ROCCE IGNEE

CASSETTE CATALOGATRICI n° 2

LIVELLO FALDA

| DATA | Prof. riv. | Prof. foro | Livello acqua |
|---|---|---|---|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

CONSORZIO DI BONIFICA EST TICINO VILLORESI
Bussero (MI)
Nuova vasca di laminazione sul T. Molgora
SONDAGGIO S2
Cassetta da m 0.00 a m 5.00

CONSORZIO DI BONIFICA EST TICINO VILLORESI
Bussero (MI)
Nuova vasca di laminazione sul T. Molgora
SONDAGGIO S2
Cassetta da m 5.00 a m 10.00

# Tecnosuolo s.r.l

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

INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE


COMMITTENTE: CONSORZIO DI BONIFICA EST TICINO VILLORESI

LOCALITA': Bussero (MI)

QUOTA INIZIO: p.c.

SONDAGGIO N°S3–PZ

DATA 11–13.04.2018

| profondità strati mt. | spessore strati mt. | stratigrafia | carotaggio | CAMPIONI tipo | CAMPIONI prof. mt. | $H_2O$ | DESCRIZIONE LITOLOGICA | K cm/s | P.P. Kg/cmq | schema piezometro | S.P.T. | NOTE |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.00 | | | | | | | | | | | | |
| 0.50 | 0.50 | | | | | | Terreno di riporto. | | | | | |
| 1.50 | 1.00 | | | | | | Sabbie e ghiaie con ciottoli poligenici ed eterometrici subarrotondati diam.max.4–5cm in abbondante matrice fine limoso–argillosa di colore rossastro. | | | | | |
| 4.00 | 2.50 | | | | | | Sabbie e ghiaie con ciottoli poligenici ed eterometrici subarrotondati diam.max.>12cm in matrice fine limoso–argillosa di colore marrone–grigiastro più o meno abbondante. | | | | m1.50–1.95<br>4 9 11<br>m3.00–3.45<br>9 10 16 | |
| 9.00 | 5.00 | | | | | | Ghiaie e sabbie con ciottoli poligenici ed eterometrici subarrotondati diam.max.>12cm in matrice fine limoso–argillosa di colore grigio–marrone più o meno abbondante. | | | benton. cement. | | |
| 14.00 | 5.00 | | | | | | Ghiaie e sabbie con ciottoli poligenici ed eterometrici subarrotondati diam.max.6–8cm in abbondante matrice fine limoso–argillosa di colore marrone–grigio. | | | | | |
| 17.00 | 3.00 | | | | | | Ghiaie e sabbie con ciottoli poligenici ed eterometrici subarrotondati diam.max.4–6cm in poca matrice fine limoso–argillosa di colore grigiastro. | | | | | |
| 19.70 | 2.70 | | | | | | Sabbie e ghiaie con ciottoli poligenici ed eterometrici subarrotondati diam.max.3–5cm in abbondante matrice fine limoso–argillosa di colore marrone–grigiastro. | | | filtro | | |
| 20.00 | 0.30 | | | | | | Limi argilloso–sabbiosi di colore marrone con screziature grigiastre. | | | | | |

Foro di sondaggio attrezzato con piezometro a tubo aperto diam.5" microfessurato da –18.0m a –24.0m.

CAMPIONE: □ Rimaneggiato △ Semidisturbato • Indisturbato

ARGILLA LIMO SABBIA GHIAIA TERRENO VEGET. TORBA

ARGILLITE MARNA CALCARE ARENARIA CONGLOMERATO ROCCE IGNEE

CASSETTE CATALOGATRICI n° 5

LIVELLO FALDA

| DATA | Prof. foro | Prof. riv. | Livello acqua |
|---|---|---|---|
| 12.04.2018 | –19.50 | –18.00 | –18.50 |
| 13.04.2018 | –25.00 | –25.00 | –18.50 |
| | | | |
| | | | |

Tecnosuolo s.r.l
27040 Casatisma (Pv) S.S Mi–Ge n° 10
Tel. (0383) 891852 Fax (0383) 891847

INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE

COMMITTENTE: CONSORZIO DI BONIFICA EST TICINO VILLORESI

LOCALITA': Bussero (MI)

QUOTA INIZIO: p.c.

SONDAGGIO N°S3–PZ

DATA 11–13.04.2018

| profondità strati mt. | spessore strati mt. | stratigrafia | % carotaggio | CAMPIONI tipo | CAMPIONI prof. mt. | $H_2O$ | DESCRIZIONE LITOLOGICA | K cm/s | P.P. Kg/cmq | schema piezometro | S.P.T. | NOTE |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 20.00 | | | | | | | | | | | | |
| 20.60 | 0.60 | | | | | | Limi argilloso–sabbiosi di colore marrone con screziature grigiastre. | | | | | |
| 25.00 | 4.40 | | | | | | Sabbie e ghiaie con ciottoli poligenici ed eterometrici subarrotondati diam.max.3–5cm in abbondante matrice fine limoso–argillosa di colore grigio–marrone. | | | filtro; benton. cement. | | |

Foro di sondaggio attrezzato con piezometro a tubo aperto diam.5" microfessurato da –18.0m a –24.0m.

CAMPIONE: □ Rimaneggiato △ Semidisturbato • Indisturbato

ARGILLA LIMO SABBIA GHIAIA TERRENO VEGET. TORBA

ARGILLITE MARNA CALCARE ARENARIA CONGLOMERATO ROCCE IGNEE

CASSETTE CATALOGATRICI n° 5

LIVELLO FALDA

| DATA | Prof. foro | Prof. riv. | Livello acqua |
|---|---|---|---|
| 12.04.2018 | –19.50 | –18.00 | –18.50 |
| 13.04.2018 | –25.00 | –25.00 | –18.50 |
| | | | |
| | | | |

CONSORZIO DI BONIFICA EST TICINO VILLORESI
Bussero (MI)
Nuova vasca di laminazione sul T. Molgora
SONDAGGIO S3-PZ
Cassetta da m 0.00 a m 5.00

CONSORZIO DI BONIFICA EST TICINO VILLORESI
Bussero (MI)
Nuova vasca di laminazione sul T. Molgora
SONDAGGIO S3-PZ
Cassetta da m 5.00 a m 10.00

CONSORZIO DI BONIFICA EST TICINO VILLORESI
Bussero (MI)
Nuova vasca di laminazione sul T. Molgora
SONDAGGIO S3-PZ
Cassetta da m 10.00 a m 15.00

CONSORZIO DI BONIFICA EST TICINO VILLORESI
Bussero (MI)
Nuova vasca di laminazione sul T. Molgora
SONDAGGIO S3-PZ
Cassetta da m 15.00 a m 20.00

CONSORZIO DI BONIFICA EST TICINO VILLORESI
Bussero (MI)
Nuova vasca di laminazione sul T. Molgora
SONDAGGIO S3-PZ
Cassetta da m 20.00 a m 25.00

# Tecnosuolo s.r.l

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

INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE


COMMITTENTE: CONSORZIO DI BONIFICA EST TICINO VILLORESI

LOCALITA': Bussero (MI)

QUOTA INIZIO: p.c.

SONDAGGIO N°S4–PZ

DATA 17–18.04.2018

| profondità strati mt. | spessore strati mt. | stratigrafia | % carotaggio | CAMPIONI tipo | CAMPIONI prof. mt. | $H_2O$ | DESCRIZIONE LITOLOGICA | K cm/s | P.P. Kg/cmq | schema piezometro | S.P.T. | NOTE |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.00 | | | | | | | | | | | | |
| 0.50 | 0.50 | | | | | | Terreno coltivo. | | | | | |
| 4.30 | 3.80 | | | | | | Argille limose e limi argillosi di colore marrone. | | | | m1.50–1.95 1 2 2 | |
| 7.50 | 3.20 | | | | | | Ghiaie e sabbie con ciottoli poligenici ed eterometrici subarrotondati diam.max.10–12cm in poca matrice fine limoso–argillosa di colore grigio–marrone. | | | | m5.00–5.45 5 13 9 | |
| 10.00 | 2.50 | | | | | | Sabbie e ghiaie con ciottoli poligenici ed eterometrici subarrotondati diam.max.6–8cm in poca matrice fine limoso–argillosa di colore marrone–grigio. | | | | | |
| 14.50 | 4.50 | | | | | | Ghiaie e sabbie con ciottoli poligenici ed eterometrici subarrotondati diam.max.10–12cm in poca matrice fine limoso–argillosa di colore grigiastro–marrone. | | | | | |
| 20.00 | 5.50 | | | | | | Sabbie e ghiaie con ciottoli poligenici ed eterometrici subarrotondati diam.max.4–6cm in matrice fine limoso–argillosa di colore marrone–grigiastro più o meno abbondante. | | | benton. cement. filtro | | Foro di sondaggio attrezzato con piezometro a tubo aperto diam.5" microfessurato da –18.0m a –25.0m. |

CAMPIONE: □ Rimaneggiato △ Semidisturbato • Indisturbato

ARGILLA LIMO SABBIA GHIAIA TERRENO VEGET. TORBA
ARGILLITE MARNA CALCARE ARENARIA CONGLOMERATO ROCCE IGNEE

CASSETTE CATALOGATRICI n° 5

LIVELLO FALDA

| DATA | Prof. foro | Prof. riv. | Livello acqua |
|---|---|---|---|
| 17.04.2018 | –18.00 | –16.50 | –17.80 |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Tecnosuolo s.r.l
27040 Casatisma (Pv) S.S Mi–Ge n° 10
Tel. (0383) 891852 Fax (0383) 891847

INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE

COMMITTENTE: CONSORZIO DI BONIFICA EST TICINO VILLORESI

LOCALITA': Bussero (MI)

QUOTA INIZIO: p.c.

SONDAGGIO N°S4–PZ

DATA 17–19.04.2018

| profondità strati mt. | spessore strati mt. | stratigrafia | carotaggio | CAMPIONI tipo | CAMPIONI prof. mt. | $H_2O$ | DESCRIZIONE LITOLOGICA | K cm/s | P.P. Kg/cmq | schema piezometro | S.P.T. | NOTE |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 20.00 | | | | | | | Sabbie e ghiaie con ciottoli poligenici ed eterometrici subarrotondati diam.max.6–10cm in matrice fine limoso–argillosa di colore marrone–grigiastro più o meno abbondante. | | | filtro / benton. cement. | | |
| 26.00 | | | | | | | | | | | | |

Foro di sondaggio attrezzato con piezometro a tubo aperto diam.5" microfessurato da –18.0m a –25.0m.

CAMPIONE: ☐ Rimaneggiato △ Semidisturbato • Indisturbato

ARGILLA · LIMO · SABBIA · GHIAIA · TERRENO VEGET. · TORBA

ARGILLITE · MARNA · CALCARE · ARENARIA · CONGLOMERATO · ROCCE IGNEE

CASSETTE CATALOGATRICI n° 5

LIVELLO FALDA

| DATA | Prof. foro | Prof. riv. | Livello acqua |
|---|---|---|---|
| 17.04.2018 | –18.00 | –16.50 | –17.80 |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

CONSORZIO DI BONIFICA EST TICINO VILLORESI
Bussero (MI)
Nuova vasca di laminazione sul T. Molgora
SONDAGGIO S4-PZ
Cassetta da m 0.00 a m 5.00

CONSORZIO DI BONIFICA EST TICINO VILLORESI
Bussero (MI)
Nuova vasca di laminazione sul T. Molgora
SONDAGGIO S4-PZ
Cassetta da m 5.00 a m 10.00

CONSORZIO DI BONIFICA EST TICINO VILLORESI
Bussero (MI)
Nuova vasca di laminazione sul T. Molgora
SONDAGGIO S4-PZ
Cassetta da m 10.00 a m 15.00

CONSORZIO DI BONIFICA EST TICINO VILLORESI
Bussero (MI)
Nuova vasca di laminazione sul T. Molgora
SONDAGGIO S4-PZ
Cassetta da m 15.00 a m 20.00

CONSORZIO DI BONIFICA EST TICINO VILLORESI
Bussero (MI)
Nuova vasca di laminazione sul T. Molgora
SONDAGGIO S4-PZ
Cassetta da m 20.00 a m 25.00

Tecnosuolo s.r.l
27040 Casatisma (Pv) S.S Mi–Ge n° 10
Tel. (0383) 891852 Fax (0383) 891847

INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE

COMMITTENTE: CONSORZIO DI BONIFICA EST TICINO VILLORESI

LOCALITA': Bussero (MI)

QUOTA INIZIO: p.c.

SONDAGGIO N° S5

DATA 16.04.2018

| profondità strati mt. | spessore strati mt. | stratigrafia | % carotaggio | CAMPIONI tipo | CAMPIONI profond. mt. | $H_2O$ | DESCRIZIONE LITOLOGICA | K cm/s | P.P. Kg/cmq | S.P.T. | NOTE |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.00 | | | | | | | Argille più o meno limose di colore marrone con rari ciottoli poligenici. | | | m1.50–1.95 4 5 3 | |
| 2.90 | | | | | | | Ghiaie e sabbie con ciottoli poligenici ed eterometrici subarrotondati diam.max.4–6cm in abbondante matrice fine limoso–argillosa di colore marrone. | | | m4.00–4.45 9 7 8 | |
| 4.20 | | | | | | | Sabbie e ghiaie con ciottoli poligenici ed eterometrici diam.max.6–8cm in matrice fine limoso–argillosa di colore grigiastro–marrone più o meno abbondante. | | | | |
| 6.00 | | | | | | | Ghiaie e sabbie con ciottoli poligenici ed eterometrici diam.max.>12cm in matrice fine limoso–argillosa di colore grigiastro–marrone più o meno abbondante. | | | | |
| 8.00 | | | | | | | Sabbie e ghiaie con ciottoli poligenici ed eterometrici diam.max.6–8cm in poca matrice fine limoso–argillosa di colore grigiastro–marrone. | | | | |
| 10.00 | | | | | | | | | | | |

CAMPIONE: □ Rimaneggiato △ Semidisturbato • Indisturbato

ARGILLA LIMO SABBIA GHIAIA TERRENO VEGET. TORBA

ARGILLITE MARNA CALCARE ARENARIA CONGLOMERATO ROCCE IGNEE

CASSETTE CATALOGATRICI n° 2

LIVELLO FALDA

| DATA | Prof. riv. | Prof. foro | Livello acqua |
|---|---|---|---|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

CONSORZIO DI BONIFICA EST TICINO VILLORESI
Bussero (MI)
Nuova vasca di laminazione sul T. Molgora
SONDAGGIO S5
Cassetta da m 0.00 a m 5.00

CONSORZIO DI BONIFICA EST TICINO VILLORESI
Bussero (MI)
Nuova vasca di laminazione sul T. Molgora
SONDAGGIO S5
Cassetta da m 5.00 a m 10.00

# Tecnosuolo s.r.l

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

INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE


COMMITTENTE: CONSORZIO DI BONIFICA EST TICINO VILLORESI

LOCALITA': Bussero (MI)

QUOTA INIZIO: p.c.

SONDAGGIO N° S6

DATA 20.04.2018

| profondità strati mt. | spessore strati mt. | stratigrafia | carotaggio | CAMPIONI tipo | CAMPIONI profond. mt. | $H_2O$ | DESCRIZIONE LITOLOGICA | K cm/s | P.P. Kg/cmq | S.P.T. | NOTE |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.00 | | | | | | | | | | | |
| | 2.40 | | | | | | Argille più o meno limosa di colore marrone. | | | m1.50–1.95<br>4 4 3 | |
| 2.40 | | | | | | | | | | | |
| | 4.60 | | | | | | Ghiaie e sabbie con ciottoli poligenici ed eterometrici diam.max.4–6cm in matrice fine limoso–argillosa di colore grigiastro–marrone. | | | m3.00–3.45<br>11 9 10 | |
| 4.60 | | | | | | | | | | | |
| | 10.00 | | | | | | Ghiaie e sabbie con ciottoli poligenici ed eterometrici diam.max.6–8cm in matrice fine limoso–argillosa di colore grigiastro–marrone. | | | | |
| 10.00 | | | | | | | | | | | |

CAMPIONE: □ Rimaneggiato △ Semidisturbato • Indisturbato

ARGILLA LIMO SABBIA GHIAIA TERRENO VEGET. TORBA

ARGILLITE MARNA CALCARE ARENARIA CONGLOMERATO ROCCE IGNEE

CASSETTE CATALOGATRICI n° 2

LIVELLO FALDA

| DATA | Prof. riv. | Prof. foro | Livello acqua |
|---|---|---|---|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

CONSORZIO DI BONIFICA EST TICINO VILLORESI
Bussero (MI)
Nuova vasca di laminazione sul T. Molgora
SONDAGGIO S6
Cassetta da m 0.00 a m 5.00

CONSORZIO DI BONIFICA EST TICINO VILLORESI
Bussero (MI)
Nuova vasca di laminazione sul T. Molgora
SONDAGGIO S6
Cassetta da m 5.00 a m 10.00

LABORATORIO PROVE TP Lenta (VC)

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

| **RAPPORTO DI PROVA** | **05169/V** | **DEL** | **26/06/2018** | **Pagina 1 di 3** |
|---|---|---|---|---|
| Verbale di accettazione n° | 458/GT | del | 06/06/2018 | Vs. rif. : - |

| | | |
|---|---|---|
| **SETTORE** | **GEOTECNICA - PROVE DI LABORATORIO SUI TERRENI** | |
| **CANTIERE** | Bussero (MI) | |
| **ENTE APPALTANTE** | - | |
| **DIRETTORE DEI LAVORI:** | - | |
| **DESCRIZIONE MATERIALE** | n. 1 campione di terreno rimaneggiato:<br>*Contrassegno/cod. prova:* **S1 C.R.1**<br>*Sondaggio:* S1<br>*Opera/WBS/Ubicazione:* Bussero (MI)<br>*Quota/Profondità:* prof. da -2,50 a -3,00 m<br>*Data prelievo:* - | *DATA ARRIVO AL LABORATORIO*<br>**06/06/2018**<br>*MODALITA' DI ACCETTAZIONE*<br>**Consegnato dal Committente** |
| **PROVE ESEGUITE** | **Analisi granulometrica per vagliatura**<br>**Classificazione geotecnica**<br>**Analisi granulometrica per sedimentazione** | *NORMA DI RIFERIMENTO*<br>**CNR B.U. n. 23 - CEN ISO/TS 17892-4**<br>**CNR UNI 10006**<br>**ASTM D422** |

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

| | |
|---|---|
| LO SPERIMENTATORE | *Dott.ssa Geol. Camilla DE BORTOLI* |
| IL DIRETTORE DEL LABORATORIO GEOTECNICO | *Dott. Geol. Marco BETTIO* |


È vietata la riproduzione parziale di questo documento, senza autorizzazione scritta della Tecno Piemonte.

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Committente:* | **TECNOSUOLO s.r.l.** | | |
| *Rapporto di prova n.:* | **05169/V** | del | **26/06/2018** |
| *Verbale di accettazione n.:* | **458/GT** | del | **06/06/2018** |
| *Vs. rif.:* | - | | |

| | |
|---|---|
| *Oggetto:* | **ANALISI GRANULOMETRICA, CLASSIFICAZIONE** |
| *Normativa di riferimento:* | CNR B.U. n. 23 - ASTM: D421 - D422 - CEN ISO/TS 17892-4; Raccomandazioni AGI; UNI 10006 |
| *Cantiere:* | Bussero (MI) |
| *Ente Appaltante:* | - |
| *General Contractor:* | - |
| *Direzione Lavori:* | - |

*Identificazione del campione*

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Contrassegno/cod. prova:* | S1 C.R.1 | *Modalità accettazione:* | consegnato dal Committente |
| *Sondaggio:* | S1 | | |
| *Opera/WBS/Ubicazione:* | Bussero (MI) | *Data arrivo al lab.:* | 06/06/2018 |
| *Quota/Profondità (m):* | prof. da -2,50 a -3,00 m | *Data prova:* | 15/06/2018 |
| *Osservazioni:* | | | |

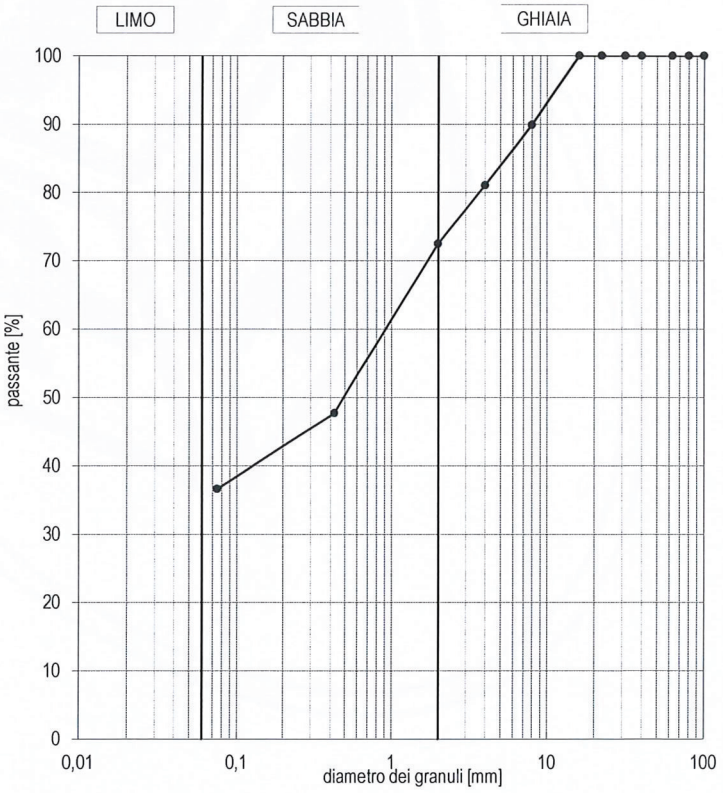
*Metodo di prova: analisi eseguita mediante vagliatura via umida*

| | serie vagli ISO apertura [mm] | trattenuto parz. [%] | passante progr. [%] |
|---|---|---|---|
| # | **100** | 0,0 | **100,0** |
| # | **80** | 0,0 | **100,0** |
| # | **63** | 0,0 | **100,0** |
| # | **40** | 0,0 | **100,0** |
| # | **31,5** | 0,0 | **100,0** |
| # | **22,4** | 0,0 | **100,0** |
| # | **16** | 0,0 | **100,0** |
| # | **8** | 10,1 | **89,9** |
| # | **4** | 8,8 | **81,1** |
| # | **2** | 8,6 | **72,5** |
| # | **0,425** | 24,7 | **47,7** |
| # | **0,075** | 11,1 | **36,6** |
| | peso iniziale: | 396 | g |

**LIMITI DI ATTERBERG**

Limite liquido **44**
Limite plastico **19**
Indice plastico **25**
Indice di gruppo **4**

**Classificazione UNI 10006** **A7-6**




È vietata la riproduzione parziale di questo documento, senza autorizzazione scritta della Tecno Piemonte.

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Committente:* | **TECNOSUOLO s.r.l.** | | |
| *Rapporto di prova n.:* | **05169/V** | del | **26/06/2018** |
| *Verbale di accettazione n.:* | **458/GT** | del | **06/06/2018** |
| *Vs. rif.:* | - | | |

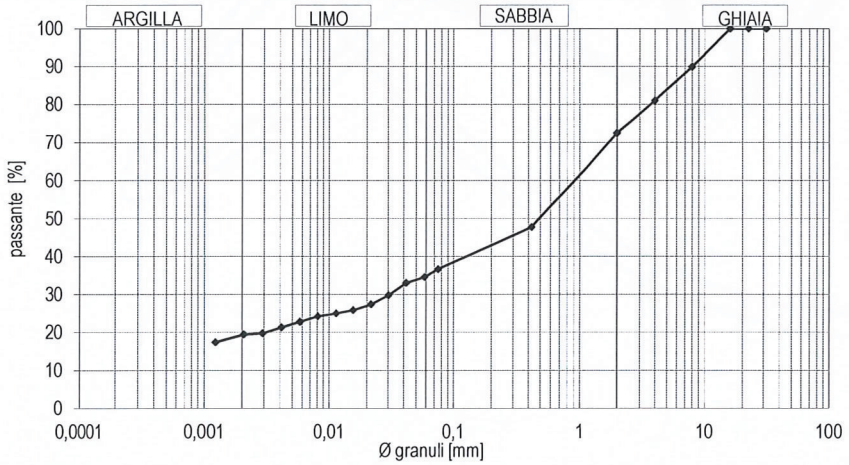
| | |
|---|---|
| *Oggetto:* | **ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE** |
| *Normativa di riferimento:* | ASTM D 422 |
| *Cantiere:* | Bussero (MI) |
| *Ente Appaltante:* | - |
| *Direttore dei Lavori:* | - |

*Identificazione del campione*

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Contrassegno/cod. prova:* | S1 C.R.1 | *Modalità accettazione:* | consegnato dal Committente |
| *Sondaggio:* | S1 | *Quota/Profondità:* | - |
| *Opera/WBS/Ubicazione:* | Bussero (MI) | *Data arrivo al lab.:* | 06/06/2018 |
| *Quota/Profondità (m):* | prof. da -2,50 a -3,00 m | *Data prova:* | 19/06/2018 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| DENSIMETRO: | 151H (n° 56) | FATTORI DI CORREZIONE: | | Massa secca provino: | 36,00 g |
| $H_0$ (cm) = | 9,1 | $C_m$ = | 0,0005 | Volume della sospensione | 1000 $cm^3$ |
| $H_1$ (cm) = | 2,5 | $C_d$ = | -0,0035 | MASSA DELL'UNITA' DI VOLUME DEI GRANI: | |
| $h_1$ (cm) = | 15,1 | CILINDRO DI PROVA: | | Misurata: | 2745 $kg/m^3$ |
| $V_d$ ($cm^3$) = | 60,0 | A ($cm^2$) = | 29 | Passante al setaccio ASTM n° 200: | 36,6 % |

| tempi di lettura [min] | tempi di lettura [s] | temperatura [°C] | lettura al densimetro R | correzione temperatura $C_t$ | lettura corretta $R_c$ | diametro particelle D [mm] | passante parz. P [%] | passante totale P' [%] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,5 | 30 | 24,0 | 1,0210 | 0,0037 | 1,0217 | 0,0583 | 94,4 | 34,6 |
| 1 | 60 | 24,0 | 1,0200 | 0,0037 | 1,0207 | 0,0417 | 90,1 | 33,0 |
| 2 | 120 | 24,0 | 1,0180 | 0,0037 | 1,0187 | 0,0302 | 81,4 | 29,8 |
| 4 | 240 | 24,0 | 1,0165 | 0,0037 | 1,0172 | 0,0217 | 74,9 | 27,4 |
| 8 | 480 | 24,0 | 1,0155 | 0,0037 | 1,0162 | 0,0155 | 70,5 | 25,8 |
| 15 | 900 | 24,0 | 1,0150 | 0,0037 | 1,0157 | 0,0114 | 68,3 | 25,0 |
| 30 | 1800 | 24,0 | 1,0145 | 0,0037 | 1,0152 | 0,0081 | 66,2 | 24,2 |
| 60 | 3600 | 24,2 | 1,0135 | 0,0038 | 1,0143 | 0,0058 | 62,1 | 22,7 |
| 120 | 7200 | 24,4 | 1,0125 | 0,0039 | 1,0134 | 0,0041 | 58,1 | 21,3 |
| 240 | 14400 | 24,6 | 1,0115 | 0,0039 | 1,0124 | 0,0029 | 54,1 | 19,8 |
| 480 | 28800 | 25,4 | 1,0110 | 0,0042 | 1,0122 | 0,0021 | 53,1 | 19,5 |
| 1440 | 86400 | 24,6 | 1,0100 | 0,0039 | 1,0109 | 0,0012 | 47,5 | 17,4 |




**Ghiaia:** **27,5%**
**Sabbia:** **37,9%**
**Limo:** **15,1%**
**Argilla:** **19,5%**

Classificazione granulometrica:
(Raccomandazioni A.G.I.)
***Sabbia con ghiaia limosa-argillosa***


È vietata la riproduzione parziale di questo documento, senza autorizzazione scritta della Tecno Piemonte.

LABORATORIO PROVE TP Lenta (VC)

Committente:

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

| **RAPPORTO DI PROVA** | **05170/V** | **DEL** | **26/06/2018** | **Pagina 1 di 2** |
|---|---|---|---|---|
| Verbale di accettazione n° | 458/GT | del | 06/06/2018 | Vs. rif. : - |

| | | |
|---|---|---|
| **SETTORE** | **GEOTECNICA - PROVE DI LABORATORIO SUI TERRENI** | |
| **CANTIERE** | Bussero (MI) | |
| **ENTE APPALTANTE** | - | |
| **DIRETTORE DEI LAVORI:** | - | |
| **DESCRIZIONE MATERIALE** | n. 1 campione di terreno rimaneggiato:<br>*Contrassegno/cod. prova:* **S1 C.R.2**<br>*Sondaggio:* S1<br>*Opera/WBS/Ubicazione:* Bussero (MI)<br>*Quota/Profondità:* prof. da -4,50 a -5,00 m<br>*Data prelievo:* - | *DATA ARRIVO AL LABORATORIO*<br>**06/06/2018**<br>*MODALITA' DI ACCETTAZIONE*<br>**Consegnato dal Committente** |
| **PROVE ESEGUITE** | **Analisi granulometrica per vagliatura**<br>**Classificazione geotecnica** | *NORMA DI RIFERIMENTO*<br>**CNR B.U. n. 23 - CEN ISO/TS 17892-4**<br>**CNR UNI 10006** |

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

| | |
|---|---|
| LO SPERIMENTATORE | *Dott.ssa Geol. Camilla DE BORTOLI* |
| IL DIRETTORE DEL LABORATORIO GEOTECNICO | *Dott. Geol. Marco BETTIO* |


È vietata la riproduzione parziale di questo documento, senza autorizzazione scritta della Tecno Piemonte.

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Committente:* | **TECNOSUOLO s.r.l.** | | |
| *Rapporto di prova n.:* | **05170/V** | del | **26/06/2018** |
| *Verbale di accettazione n.:* | **458/GT** | del | **06/06/2018** |
| *Vs. rif.:* | - | | |

| | |
|---|---|
| *Oggetto:* | **ANALISI GRANULOMETRICA, CLASSIFICAZIONE** |
| *Normativa di riferimento:* | CNR B.U. n. 23 - ASTM: D421 - D422 - CEN ISO/TS 17892-4; Raccomandazioni AGI; UNI 10006 |
| *Cantiere:* | Bussero (MI) |
| *Ente Appaltante:* | - |
| *General Contractor:* | - |
| *Direzione Lavori:* | - |

*Identificazione del campione*

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Contrassegno/cod. prova:* | S1 C.R.2 | *Modalità accettazione:* | consegnato dal Committente |
| *Sondaggio:* | S1 | | |
| *Opera/WBS/Ubicazione:* | Bussero (MI) | *Data arrivo al lab.:* | 06/06/2018 |
| *Quota/Profondità (m):* | prof. da -4,50 a -5,00 m | *Data prova:* | 15/06/2018 |
| *Osservazioni:* | | | |

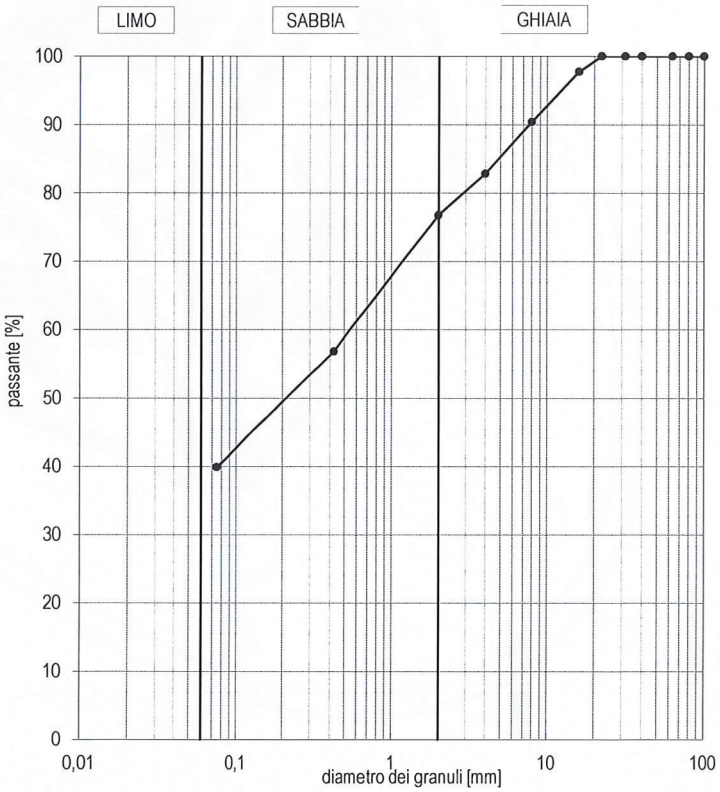
*Metodo di prova: analisi eseguita mediante vagliatura via umida*

| | serie vagli ISO apertura [mm] | trattenuto parz. [%] | passante progr. [%] |
|---|---|---|---|
| # | **100** | 0,0 | **100,0** |
| # | **80** | 0,0 | **100,0** |
| # | **63** | 0,0 | **100,0** |
| # | **40** | 0,0 | **100,0** |
| # | **31,5** | 0,0 | **100,0** |
| # | **22,4** | 0,0 | **100,0** |
| # | **16** | 2,3 | **97,7** |
| # | **8** | 7,3 | **90,4** |
| # | **4** | 7,6 | **82,8** |
| # | **2** | 6,1 | **76,8** |
| # | **0,425** | 19,9 | **56,8** |
| # | **0,075** | 16,9 | **39,9** |
| | peso iniziale: | 397 g | |

**LIMITI DI ATTERBERG**

Limite liquido **19**
Limite plastico **15**
Indice plastico **4**
Indice di gruppo **1**

**Classificazione UNI 10006** **A4**




È vietata la riproduzione parziale di questo documento, senza autorizzazione scritta della Tecno Piemonte.

LABORATORIO PROVE T P Lenta (VC)

Committente:

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

| **RAPPORTO DI PROVA** | **05171/V** | **DEL** | **26/06/2018** | **Pagina 1 di 3** |
|---|---|---|---|---|
| Verbale di accettazione n° | 458/GT | del | 06/06/2018 | Vs. rif. : - |

| | | |
|---|---|---|
| **SETTORE** | **GEOTECNICA - PROVE DI LABORATORIO SUI TERRENI** | |
| **CANTIERE** | Bussero (MI) | |
| **ENTE APPALTANTE** | - | |
| **DIRETTORE DEI LAVORI:** | - | |
| **DESCRIZIONE MATERIALE** | n. 1 campione di terreno rimaneggiato:<br>*Contrassegno/cod. prova:* **S2 C.R.1**<br>*Sondaggio:* S2<br>*Opera/WBS/Ubicazione:* Bussero (MI)<br>*Quota/Profondità:* prof. da -2,50 a -3,00 m<br>*Data prelievo:* - | *DATA ARRIVO AL LABORATORIO*<br>**06/06/2018**<br>*MODALITA' DI ACCETTAZIONE*<br>**Consegnato dal Committente** |
| **PROVE ESEGUITE** | **Analisi granulometrica per vagliatura**<br>**Classificazione geotecnica**<br>**Analisi granulometrica per sedimentazione** | *NORMA DI RIFERIMENTO*<br>**CNR B.U. n. 23 - CEN ISO/TS 17892-4**<br>**CNR UNI 10006**<br>**ASTM D422** |

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

| | |
|---|---|
| LO SPERIMENTATORE | *Dott.ssa Geol. Camilla DE BORTOLI* |
| IL DIRETTORE DEL LABORATORIO GEOTECNICO | *Dott. Geol. Marco BETTIO* |

È vietata la riproduzione parziale di questo documento, senza autorizzazione scritta della Tecno Piemonte.

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Committente:* | **TECNOSUOLO s.r.l.** | | |
| *Rapporto di prova n.:* | **05171/V** | del | **26/06/2018** |
| *Verbale di accettazione n.:* | **458/GT** | del | **06/06/2018** |
| *Vs. rif.:* | - | | |

| | |
|---|---|
| *Oggetto:* | **ANALISI GRANULOMETRICA, CLASSIFICAZIONE** |
| *Normativa di riferimento:* | CNR B.U. n. 23 - ASTM: D421 - D422 - CEN ISO/TS 17892-4; Raccomandazioni AGI; UNI 10006 |
| *Cantiere:* | Bussero (MI) |
| *Ente Appaltante:* | - |
| *General Contractor:* | - |
| *Direzione Lavori:* | - |

*Identificazione del campione*

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Contrassegno/cod. prova:* | S2 C.R.1 | *Modalità accettazione:* | consegnato dal Committente |
| *Sondaggio:* | S2 | | |
| *Opera/WBS/Ubicazione:* | Bussero (MI) | *Data arrivo al lab.:* | 06/06/2018 |
| *Quota/Profondità (m):* | prof. da -2,50 a -3,00 m | *Data prova:* | 15/06/2018 |
| *Osservazioni:* | | | |

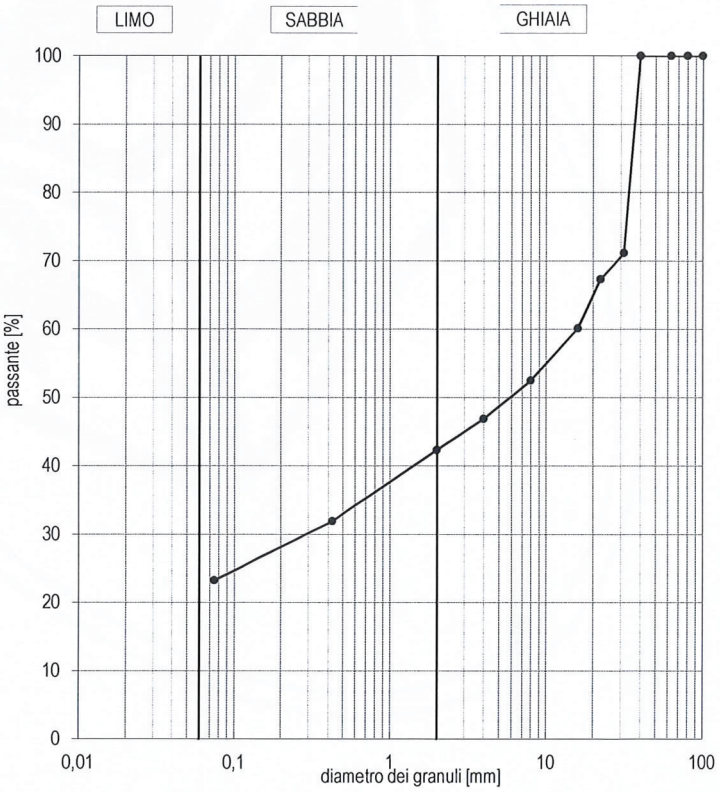
*Metodo di prova: analisi eseguita mediante vagliatura via umida*

| | serie vagli ISO apertura [mm] | trattenuto parz. [%] | passante progr. [%] |
|---|---|---|---|
| # | **100** | 0,0 | **100,0** |
| # | **80** | 0,0 | **100,0** |
| # | **63** | 0,0 | **100,0** |
| # | **40** | 0,0 | **100,0** |
| # | **31,5** | 28,8 | **71,2** |
| # | **22,4** | 3,9 | **67,3** |
| # | **16** | 7,2 | **60,1** |
| # | **8** | 7,6 | **52,5** |
| # | **4** | 5,6 | **46,9** |
| # | **2** | 4,5 | **42,3** |
| # | **0,425** | 10,4 | **31,9** |
| # | **0,075** | 8,7 | **23,2** |
| | peso iniziale: | 749 g | |

**LIMITI DI ATTERBERG**

Limite liquido **32**
Limite plastico **17**
Indice plastico **15**
Indice di gruppo **0**

**Classificazione UNI 10006** **A2-6**




È vietata la riproduzione parziale di questo documento, senza autorizzazione scritta della Tecno Piemonte.

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Committente:* | **TECNOSUOLO s.r.l.** | | |
| *Rapporto di prova n.:* | **05171/V** | del | **26/06/2018** |
| *Verbale di accettazione n.:* | **458/GT** | del | **06/06/2018** |
| *Vs. rif.:* | - | | |

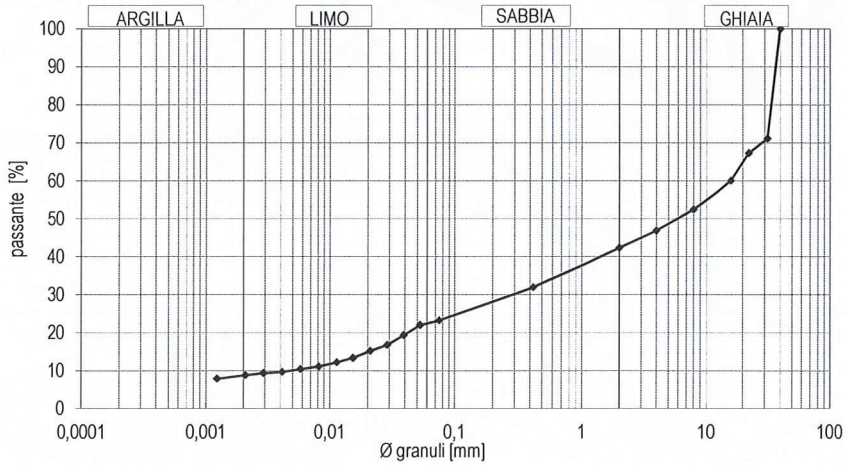
| | |
|---|---|
| *Oggetto:* | **ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE** |
| *Normativa di riferimento:* | ASTM D 422 |
| *Cantiere:* | Bussero (MI) |
| *Ente Appaltante:* | - |
| *Direttore dei Lavori:* | - |

*Identificazione del campione*

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Contrassegno/cod. prova:* | S2 C.R.1 | *Modalità accettazione:* | consegnato dal Committente |
| *Sondaggio:* | S2 | *Quota/Profondità:* | - |
| *Opera/WBS/Ubicazione:* | Bussero (MI) | *Data arrivo al lab.:* | 06/06/2018 |
| *Quota/Profondità (m):* | prof. da -2,50 a -3,00 m | *Data prova:* | 19/06/2018 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| DENSIMETRO: | 151H (n° 56) | FATTORI DI CORREZIONE: | | Massa secca provino: | 48,24 g |
| $H_0$ (cm) = | 9,1 | $C_m$ = | 0,0005 | Volume della sospensione | 1000 $cm^3$ |
| $H_1$ (cm) = | 2,5 | $C_d$ = | -0,0035 | MASSA DELL'UNITA' DI VOLUME DEI GRANI: | |
| $h_1$ (cm) = | 15,1 | CILINDRO DI PROVA: | | Misurata: | 2745 $kg/m^3$ |
| $V_d$ ($cm^3$) = | 60,0 | A ($cm^2$) = | 29 | Passante al setaccio ASTM n° 200: | 23,2 % |

| tempi di lettura [min] | tempi di lettura [s] | temperatura [°C] | lettura al densimetro R | correzione temperatura $C_t$ | lettura corretta $R_c$ | diametro particelle D [mm] | passante parz. P [%] | passante totale P' [%] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,5 | 30 | 24,0 | 1,0285 | 0,0037 | 1,0292 | 0,0527 | 94,8 | 22,0 |
| 1 | 60 | 24,0 | 1,0250 | 0,0037 | 1,0257 | 0,0391 | 83,5 | 19,4 |
| 2 | 120 | 24,0 | 1,0215 | 0,0037 | 1,0222 | 0,0290 | 72,1 | 16,7 |
| 4 | 240 | 24,0 | 1,0195 | 0,0037 | 1,0202 | 0,0210 | 65,6 | 15,2 |
| 8 | 480 | 24,0 | 1,0170 | 0,0037 | 1,0177 | 0,0153 | 57,5 | 13,4 |
| 15 | 900 | 24,0 | 1,0155 | 0,0037 | 1,0162 | 0,0113 | 52,6 | 12,2 |
| 30 | 1800 | 24,0 | 1,0140 | 0,0037 | 1,0147 | 0,0081 | 47,8 | 11,1 |
| 60 | 3600 | 24,2 | 1,0130 | 0,0038 | 1,0138 | 0,0058 | 44,7 | 10,4 |
| 120 | 7200 | 24,4 | 1,0120 | 0,0039 | 1,0129 | 0,0041 | 41,7 | 9,7 |
| 240 | 14400 | 24,6 | 1,0115 | 0,0039 | 1,0124 | 0,0029 | 40,3 | 9,4 |
| 480 | 28800 | 25,2 | 1,0105 | 0,0041 | 1,0116 | 0,0021 | 37,8 | 8,8 |
| 1440 | 86400 | 24,6 | 1,0095 | 0,0039 | 1,0104 | 0,0012 | 33,8 | 7,9 |




**Ghiaia:** **57,7%**
**Sabbia:** **20,3%**
**Limo:** **13,2%**
**Argilla:** **8,8%**

Classificazione granulometrica:
(Raccomandazioni A.G.I.)
***Ghiaia sabbioso-limosa deb.argillosa***


È vietata la riproduzione parziale di questo documento, senza autorizzazione scritta della Tecno Piemonte.

LABORATORIO PROVE T P Lenta (VC)

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

| **RAPPORTO DI PROVA** | **05172/V** | **DEL** | **26/06/2018** | **Pagina 1 di 2** |
|---|---|---|---|---|
| Verbale di accettazione n° | 458/GT | del | 06/06/2018 | Vs. rif. : - |

| | | |
|---|---|---|
| **SETTORE** | **GEOTECNICA - PROVE DI LABORATORIO SUI TERRENI** | |
| **CANTIERE** | Bussero (MI) | |
| **ENTE APPALTANTE** | - | |
| **DIRETTORE DEI LAVORI:** | - | |
| **DESCRIZIONE MATERIALE** | n. 1 campione di terreno rimaneggiato:<br>*Contrassegno/cod. prova:* **S2 C.R.2**<br>*Sondaggio:* S2<br>*Opera/WBS/Ubicazione:* Bussero (MI)<br>*Quota/Profondità:* prof. da -4,50 a -5,00 m<br>*Data prelievo:* - | *DATA ARRIVO AL LABORATORIO*<br>**06/06/2018**<br>*MODALITA' DI ACCETTAZIONE*<br>**Consegnato dal Committente** |
| **PROVE ESEGUITE** | **Analisi granulometrica per vagliatura**<br>**Classificazione geotecnica** | *NORMA DI RIFERIMENTO*<br>**CNR B.U. n. 23 - CEN ISO/TS 17892-4**<br>**CNR UNI 10006** |

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

| | |
|---|---|
| LO SPERIMENTATORE | *Dott.ssa Geol. Camilla DE BORTOLI* |
| IL DIRETTORE DEL LABORATORIO GEOTECNICO | *Dott. Geol. Marco BETTIO* |


È vietata la riproduzione parziale di questo documento, senza autorizzazione scritta della Tecno Piemonte.

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Committente:* | **TECNOSUOLO s.r.l.** | | |
| *Rapporto di prova n.:* | **05172/V** | del | **26/06/2018** |
| *Verbale di accettazione n.:* | **458/GT** | del | **06/06/2018** |
| *Vs. rif.:* | - | | |

| | |
|---|---|
| *Oggetto:* | **ANALISI GRANULOMETRICA, CLASSIFICAZIONE** |
| *Normativa di riferimento:* | CNR B.U. n. 23 - ASTM: D421 - D422 - CEN ISO/TS 17892-4; Raccomandazioni AGI; UNI 10006 |
| *Cantiere:* | Bussero (MI) |
| *Ente Appaltante:* | - |
| *General Contractor:* | - |
| *Direzione Lavori:* | - |

*Identificazione del campione*

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Contrassegno/cod. prova:* | S2 C.R.2 | *Modalità accettazione:* | consegnato dal Committente |
| *Sondaggio:* | S2 | | |
| *Opera/WBS/Ubicazione:* | Bussero (MI) | *Data arrivo al lab.:* | 06/06/2018 |
| *Quota/Profondità (m):* | prof. da -4,50 a -5,00 m | *Data prova:* | 15/06/2018 |
| *Osservazioni:* | | | |

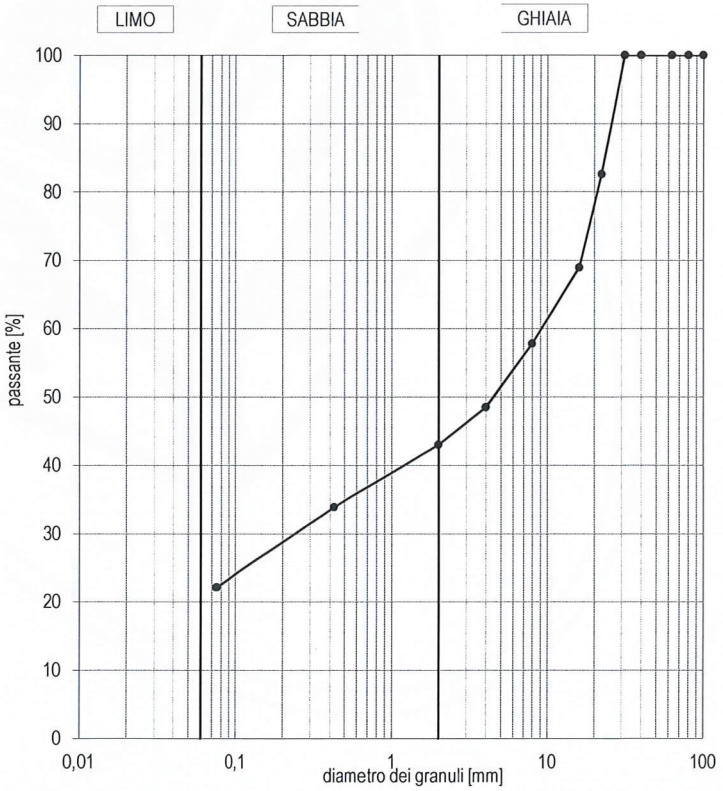
*Metodo di prova: analisi eseguita mediante vagliatura via umida*

| | serie vagli ISO apertura [mm] | trattenuto parz. [%] | passante progr. [%] |
|---|---|---|---|
| # | **100** | 0,0 | **100,0** |
| # | **80** | 0,0 | **100,0** |
| # | **63** | 0,0 | **100,0** |
| # | **40** | 0,0 | **100,0** |
| # | **31,5** | 0,0 | **100,0** |
| # | **22,4** | 17,4 | **82,6** |
| # | **16** | 13,7 | **68,9** |
| # | **8** | 11,1 | **57,8** |
| # | **4** | 9,3 | **48,5** |
| # | **2** | 5,5 | **43,0** |
| # | **0,425** | 9,1 | **33,9** |
| # | **0,075** | 11,8 | **22,1** |
| | peso iniziale: | 457 g | |

**LIMITI DI ATTERBERG**

Limite liquido **24**
Limite plastico **16**
Indice plastico **8**
Indice di gruppo **0**

**Classificazione UNI 10006** **A2-4**




È vietata la riproduzione parziale di questo documento, senza autorizzazione scritta della Tecno Piemonte.

LABORATORIO PROVE TP Lenta (VC)

Committente:

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

| **RAPPORTO DI PROVA** | **05173/V** | **DEL** | **26/06/2018** | **Pagina 1 di 3** |
|---|---|---|---|---|
| Verbale di accettazione n° | 458/GT | del | 06/06/2018 | Vs. rif. : - |

| | | |
|---|---|---|
| **SETTORE** | **GEOTECNICA - PROVE DI LABORATORIO SUI TERRENI** | |
| **CANTIERE** | Bussero (MI) | |
| **ENTE APPALTANTE** | - | |
| **DIRETTORE DEI LAVORI:** | - | |
| **DESCRIZIONE MATERIALE** | n. 1 campione di terreno rimaneggiato:<br>*Contrassegno/cod. prova:* **S3-PZ C.R.1**<br>*Sondaggio:* S3-PZ<br>*Opera/WBS/Ubicazione:* Bussero (MI)<br>*Quota/Profondità:* prof. da -1,50 a -2,00 m<br>*Data prelievo:* - | *DATA ARRIVO AL LABORATORIO*<br>**06/06/2018**<br>*MODALITA' DI ACCETTAZIONE*<br>**Consegnato dal Committente** |
| **PROVE ESEGUITE** | **Analisi granulometrica per vagliatura**<br>**Classificazione geotecnica**<br>**Analisi granulometrica per sedimentazione** | *NORMA DI RIFERIMENTO*<br>**CNR B.U. n. 23 - CEN ISO/TS 17892-4**<br>**CNR UNI 10006**<br>**ASTM D422** |

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

| | |
|---|---|
| LO SPERIMENTATORE | *Dott.ssa Geol. Camilla DE BORTOLI* |
| IL DIRETTORE DEL LABORATORIO GEOTECNICO | *Dott. Geol. Marco BETTIO* |

È vietata la riproduzione parziale di questo documento, senza autorizzazione scritta della Tecno Piemonte.