



## PROGRAMMA NAZIONALE DI SVILUPPO RURALE 2014-2020

Investimenti in infrastrutture per l'approvvigionamento ed  
il risparmio di risorse idriche

IMPERMEABILIZZAZIONE DEL CANALE PRINCIPALE ADDUTTORE  
VILLORESI NEI COMUNI DI SOMMA LOMBARDO, VIZZOLA TICINO,  
ARCONATE, BUSTO GAROLFO E PARABIAGO

## PROGETTO DEFINITIVO

## STUDIO DI INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Elaborato N.

2.2

DIRETTORE DELL'AREA TECNICA E GESTIONE RETE  
dott. ing. MARIO FOSSATI

PROGETTISTA  
dott. ing. MARIO FOSSATI

COLLABORATORI  
geom. GIOVANNI MAURIZIO MOTTI  
dott. ing. MARCELLO PABA

GRUPPO DI LAVORO  
geom. LUCA MINOLI  
geom. LUCA GARAVAGLIA  
geom. SERGIO WEDENISSOW  
geom. ANDREA GABRIELE  
dott. STEFANO RAINA

ATTIVITA' TECNICO-SPECIALISTICHE  
IL RESPONSABILE  
dott. ing. FULVIO BERNABEI



**DIZETA INGEGNERIA**  
STUDIO ASSOCIATO  
Via Bassini, 19 - 20133 MILANO Tel. 02-70600125  
server@dizetaingegneria.it Fax 02-70600014

**Est Ticino Villoresi - Consorzio di Bonifica**

AREA TECNICA E GESTIONE RETE

SETTORE PROGETTAZIONE, DIREZIONE LAVORI E SICUREZZA

Via L. Ariosto, 30 - 20145 Milano

centralino 02/48561301 - fax 02/48013031 - www.etvilloresi.it - e-mail: info@etvilloresi.it

DATA

MARZO 2017

NOME FILE

pdl/progetti/anno\_2017/2017-09/progetto definitivo

CODICE PROGETTO

2017/09

REDATTO  
iMPCONTROLLATO  
gGMMAPPROVATO  
iMF

REVISIONE DATA DESCRIZIONE MODIFICA

REDATTO

CONTROLLATO

APPROVATO



## INDICE

<b>1. PREMESSE.....</b>	<b>2</b>
<b>2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO .....</b>	<b>4</b>
<b>3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE.....</b>	<b>5</b>
<b>4. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO GENERALE .....</b>	<b>8</b>
<b>5. SISMICITÀ .....</b>	<b>9</b>
<b>6. INDAGINI GEOGNOSTICHEE .....</b>	<b>10</b>
<b>7. STUDIO IDROGEOLOGICO TECNOSUOLO S.R.L. ....</b>	<b>11</b>
7.1 INDAGINI ESEGUITE .....	12
7.1.1 Sondaggi.....	12
7.1.2 Prove penetrometriche dinamiche in foro (S.P.T.).....	13
7.1.3 Prove di permeabilità tipo Lefranc.....	17
7.1.4 Piezometri .....	18
7.2 FALDA .....	19
7.3 STRATIGRAFIA .....	20
7.4 CONCLUSIONI.....	20
<b>8. CAMPAGNA INDAGINI DI GHEOS S.A.S. DI SACCHI G. &amp; C. ....</b>	<b>22</b>
8.1 INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA IN ESAME.....	22
8.2 INDAGINI ESEGUITE .....	23
8.3 CONCLUSIONI.....	23
<b>9. COMPONENTE GEOLOGICA DEL COMUNE DI SOMMA LOMBARDO.....</b>	<b>25</b>
9.1 INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA IN ESAME.....	25
9.2 INDAGINI DISPONIBILI.....	26



## **1. PREMESSE**

Il presente progetto si riferisce agli interventi per il reperimento delle risorse idriche: Impermeabilizzazione Canale Villoresi – nei Comuni di Somma Lombardo e Vizzola Ticino in provincia di Varese e nei Comuni di Arconate, Busto Garolfo e Parabiago in provincia di Milano.

Il progetto è finalizzato a completare il rifacimento del rivestimento delle sponde e del fondo nelle tratte di Canale non ancora ripristinate, ubicate all'interno dei tronchi in cui l'impermeabilizzazione è già stata eseguita. L'intervento, pertanto, risulta suddiviso in tre diverse tratte: la prima è compresa fra le progressive km 3+496 e km 6+088, in comune di Somma Lombardo e Vizzola Ticino; la seconda è compresa fra le progressive km 25+735 e km 30+596, nei comuni di Arconate, Busto Garolfo e Parabiago; la terza, infine, è compresa fra le progressive km 30+596 e km 35+100, in comune di Parabiago.

L'inquadramento geologico e idrogeologico generale del territorio in cui ricade l'opera è stato sviluppato sulla base dei dati ricavati dalla bibliografia geologica.

Per l'inquadramento geologico di dettaglio delle aree in cui verranno realizzati gli interventi in progetto si è fatto riferimento a due campagne di indagini geologiche condotte a supporto della progettazione degli interventi di impermeabilizzazione già eseguiti per tratti di canale immediatamente a monte e a valle del tratto in esame:

- studio idrogeologico condotto dalla società Tecnosuolo S.r.l. nell'aprile del 2000 per conto del Consorzio Villoresi con l'intento di fornire un quadro dettagliato della situazione geologica, geotecnica ed idrogeologica dell'area nei dintorni del tracciato del Canale Adduttore Principale, al fine di analizzare le problematiche connesse alle opere di manutenzione e parziale rifacimento del canale stesso.



- campagna di indagini geognostiche e geotecniche a cura di GHEOS s.a.s. di Sacchi G. & C. condotta a supporto della progettazione esecutiva dei “lavori di rifacimento delle sponde e del fondo del Canale Adduttore Principale Villoresi nei comuni di Nerviano e Lainate” (luglio 2003).

E' inoltre possibile far riferimento agli elaborati relativi alla componente geologica del Piano di Governo del Territorio del Comune di Somma Lombardo, approvato con Delibera di Consiglio Comunale n. 30 dell' 11.07.2013.



## **2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO**

Il Canale Villoresi venne costruito negli anni 1881-1886 con lo scopo di derivare le acque del fiume Ticino per uso irriguo. Tale operazione viene tutt'oggi resa possibile mediante un'opera di presa realizzata in fregio alla traversa di Panperduto nel comune di Somma Lombardo (VA). Dopo un percorso di circa 82 km in direzione ovest-est, il Canale scarica le proprie acque nel fiume Adda all'altezza di Gropello di Cassano d'Adda.

L'area in studio si trova all'estremo occidentale della Pianura Padana delimitata ad ovest dal fiume Ticino, a sud dal fiume Po, mentre verso nord il limite è costituito dalle pendici dell'arco prealpino.

Il paesaggio è essenzialmente pianeggiante, con alternanza di aree a uso agricolo e di aree urbanizzate. Il canale si distende per lunghi tratti pensili sulla superficie fondamentale della Pianura Padana e per altri incassato all'interno dei depositi ghiaioso-sabbiosi del piano generale terrazzato.

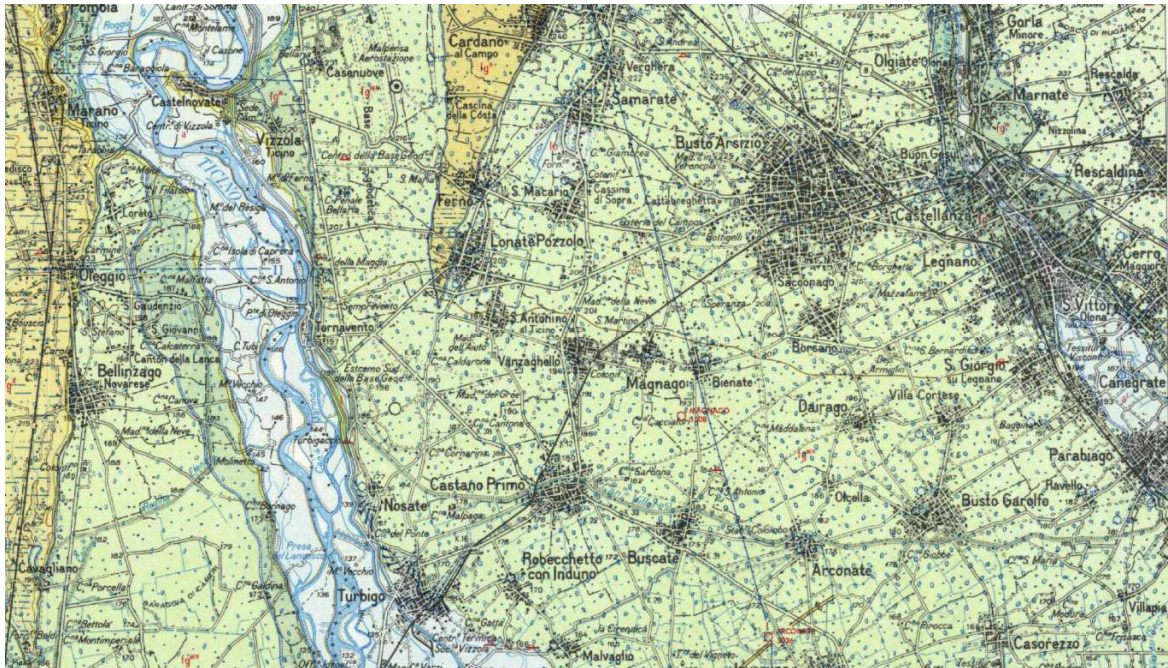
L'idrografia superficiale del comprensorio si riduce essenzialmente alla rete di canali e scoli irrigui che sono decisamente più sviluppati nei territori in sponda destra del Villoresi, da cui prelevano acqua tramite le opere di presa. Fanno eccezione i torrenti Cisnara e Viamate, che intersecano il canale Villoresi all'interno del Parco delle Groane.

Le opere in progetto interessano tre tratti di canale, compresi nei primi 35 km a valle dell'opera di presa sul Ticino. L'area oggetto dello studio è ubicata all'interno della Pianura Padana tra i comuni di Somma Lombardo, Vizzola Ticino, Arconate, Busto Garolfo e Parabiago.



### 3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

L'area oggetto dello studio è cartografata, dal punto di vista geologico, all'interno del Foglio n. 44 Novara della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000.



**Estratto della Carta Geologica d'Italia 1:100.000 - Foglio n. 44 Novara**

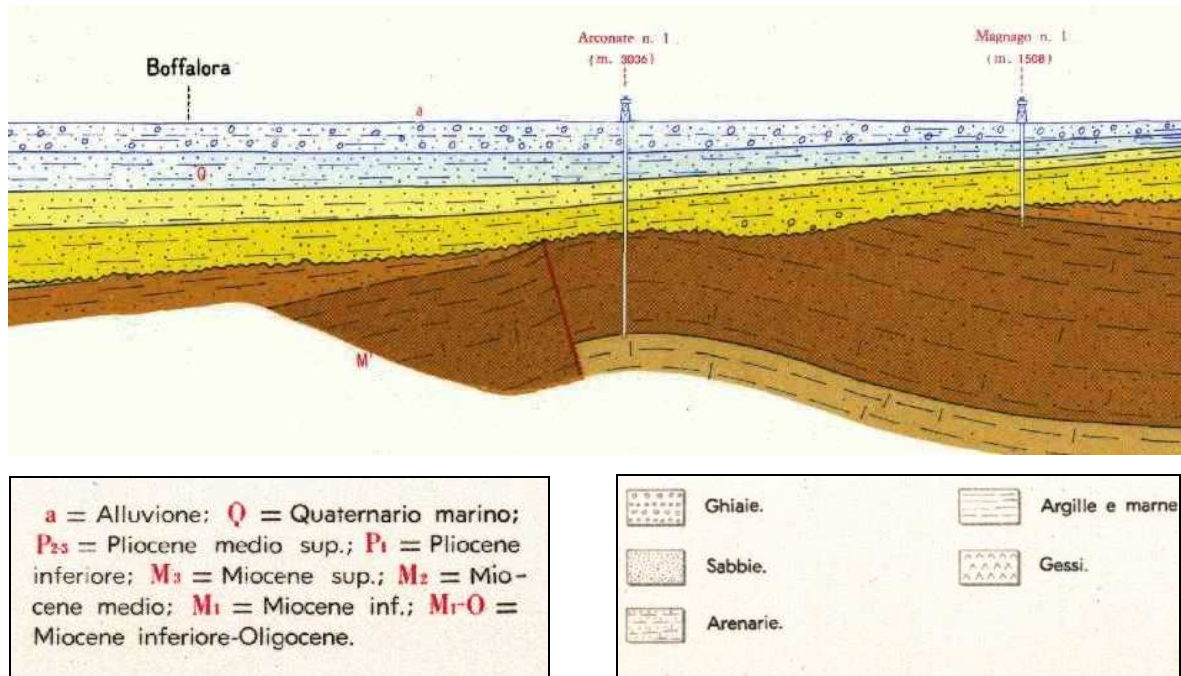
La zona di studio appartiene ad una porzione della Pianura Padana ubicata a Nord del Fiume Po, alle pendici dell'arco prealpino, e risulta posizionata sui terreni fluvio-glaciali.

Tale settore della pianura padana risulta formato da un bacino di sedimentazione riempitosi durante l'era terziaria e soprattutto quaternaria di depositi glaciali e fluvio-glaciali, e dalle alluvioni dei corsi d'acqua impostatisi sugli stessi.

La sequenza stratigrafica di questa porzione della Pianura Padana è generalmente caratterizzata da sabbia e ghiaia con locali lenti limose



argillose, ubicate in profondità, con sottili intercalazioni di livelli ghiaiosi e localmente argillosi.



**Estratto della Carta Geologica d'Italia 1:100.000 - Foglio n. 44 Novara:**  
**sezione geologica nella zona d'interesse**

Dal punto di vista morfologico la zona di interesse è completamente pianeggiante pur presentando un aspetto morfologico caratteristico della Pianura Padana, dovuto alla presenza di una serie di terrazzi incisi dalle aste fluviali del Fiume Ticino e del Fiume Olona.

I salti morfologici e l'andamento meandreggiante dei due fiumi, indicano una certa erodibilità dei terreni sabbiosi e la facilità con la quale i corsi d'acqua, impostatisi sui terreni fluvio glaciali, cercano una loro posizione di equilibrio all'interno delle alluvioni.



Le formazioni geologiche presenti e che di fatto interessano in modo più o meno diretto le opere in progetto, sono le seguenti:

- Fluvio glaciale Riss (fgr) alluvioni fluvioglaciali ghiaiose, caratterizzate spesso da paleosuoli argillosi di colore giallo ocra.
- Fluvio glaciale Wurm-Riss (fgw) alluvioni fluvioglaciali ghiaiose caratterizzate da paleosuoli argillosi di colore giallo rossastro.
- Fluvio glaciale Wurm (fgw) alluvioni fluviali e fluvio glaciali di origine prevalentemente ghiaioso-sabbiosa o limoso sabbiosa. Presentano debole alterazione superficiale ed appartengono al livello principale della pianura.
- Alluvium (a1/a2) alluvioni attuali e terrazzate sabbioso-ghiaiose sospese sui corsi d'acqua, originate da fenomeni di divagazione fluviale ed episodi di piene e magre, esse risultano localmente esondabili ed affiorano nella valle fluviale del fiume Ticino.

La differenza tra i depositi olocenici e quelli pleistocenici consiste essenzialmente nella diversa omogeneità litologica.

I terreni alluvionali pleistocenici sono piuttosto uniformi; generalmente costituiti da depositi sabbiosi abbondanti e depositi di più fine granulometria scarsamente presenti; al contrario, i sedimenti olocenici si presentano litologicamente disomogenei ed alternano presenza di ghiaie, sabbie ed argille con notevoli variazioni granulometriche sia in senso laterale che verticale a chiara testimonianza delle variazioni, nel tempo, di capacità di trasporto e deposito fluviali.



#### **4. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO GENERALE**

Dal punto di vista idrogeologico, l'area è interessata da corpi sedimentari costituiti da depositi sabbiosi o sabbioso ghiaiosi più grossolani, che rappresentano degli ottimi acquiferi.

Per quanto riguarda l'alimentazione delle falde, essa, per la maggior parte, proviene dall'apporto idrico di tipo alpino il quale, al loro sbocco nella pianura, in parte va ad alimentare il reticolato idrografico superficiale, in parte si disperde entro il materiale alluvionale grossolano e va ad alimentare le falde sotterranee secondo tragitti (legati a zone di drenaggio preferenziali = paleoalvei) molto spesso diversi da quello del corso d'acqua in superficie.

Al di sotto della coltre di depositi di origine fluvio-glaciale, si rinvencono depositi sia continentali che marini, del Pliocene e del Pleistocene inferiore-medio (Villafranchiano) a grana fine, con permeabilità medio-bassa, nei quali sono comprese delle intercalazioni più grossolane ben permeabili, in grado di ospitare falde idriche confinate o semiconfinite.

Il tracciato del Canale Villorese rientra in una fascia di territorio ove la falda è posizionata in profondità ad una quota relativa compresa tra -20/-30 m da piano campagna attuale, secondo i dati ricavati dalle pubblicazioni della provincia di Milano.

I depositi alluvionali recenti, presenti solo nella zona del Fiume Olona, costituiscono zone di circolazione idrica particolarmente attiva, sia per la granulometria generale grossolana che per l'effetto di drenaggio locale.

La permeabilità misurata attraverso le prove in sito, ha evidenziato un valore medio  $k$  di  $10^{-3}$  cm/s, con un generale aumento nei primi metri ove si è generalmente in presenza di riporto.



## 5. SISMICITÀ

Con riferimento alla classificazione sismica vigente, stabilita dalle Norme Tecniche delle Costruzioni di cui al DM 14/01/2008 i comuni in cui verrà realizzata l'opera (Somma Lombardo, Vizzola Ticino, Arconate, Busto Garolfo e Parabiago) ricadono tutti in **zona sismica 4**.



## **6. INDAGINI GEOGNOSTICHEE**

Come anticipato nelle premesse per l'inquadramento geologico di dettaglio delle aree in cui verranno realizzati gli interventi in progetto si è fatto riferimento a due campagne di indagini geologiche condotte a supporto della progettazione degli interventi di impermeabilizzazione già eseguiti per tratti di canale immediatamente a monte e a valle del tratto in esame:

- studio idrogeologico condotto dalla società Tecnosuolo S.r.l. nell'aprile del 2000 per conto del Consorzio Villoresi con l'intento di fornire un quadro dettagliato della situazione geologica, geotecnica ed idrogeologica dell'area nei dintorni del tracciato del Canale Adduttore Principale, al fine di analizzare le problematiche connesse alle opere di manutenzione e parziale rifacimento del canale stesso.
- campagna di indagini geognostiche e geotecniche a cura di GHEOS s.a.s. di Sacchi G. & C. condotta a supporto della progettazione esecutiva dei "lavori di rifacimento delle sponde e del fondo del Canale Adduttore Principale Villoresi nei comuni di Nerviano e Lainate" (luglio 2003).

Nelle due paragrafi che seguono vengono riportati per esteso i due studi sopra citati con la descrizione delle attività in essi condotte e delle conclusioni a cui ha portato.



## **7. STUDIO IDROGEOLOGICO TECNOSUOLO S.R.L.**

La presente relazione è stata redatta per lo studio dei terreni e dei materiali costituenti l'area interessata dalle opere civili ed idrauliche relative al Canale Villorresi, comprese tra le chilometriche di riferimento 14.000 e 23.500.

Obiettivo generale dell'indagine è stato quello di definire la situazione geologica, geotecnica ed idrogeologica dell'area di interesse al fine di analizzarne le problematiche connesse alle opere di manutenzione e parziale rifacimento del canale.

A tale scopo sono stati individuati i seguenti obiettivi di studio:

- definizione della stratigrafia di dettaglio dell'argine canale e del sottosuolo
- definizione delle unità geologiche presenti, privilegiando una caratterizzazione litologica-tecnica
- individuazione dell'assetto idrogeologico esistente

Ad una descrizione delle indagini in sito eseguite per la caratterizzazione geotecnica dei terreni, segue una illustrazione della geologia, della morfologia e dell'idrogeologia dell'area.

Lo studio è stato condotto nel rispetto del Decreto Ministeriale LL. PP. 11 marzo 1988 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".

Fanno parte integrante del seguente rapporto tutti gli elaborati grafici relativi alle stratigrafie, certificati delle prove di laboratorio e la documentazione generale reperita per l'incarico svolto nel periodo gennaio - marzo 2000.



## **7.1 Indagini eseguite**

Le indagini in sito hanno avuto lo scopo di definire le caratteristiche meccaniche dei terreni costituenti l'argine del canale e di quelli costituenti la fondazione.

In particolare, sono state eseguite le seguenti indagini:

- n. 15 sondaggi a carotaggio continuo (profondità massima 9 m da piano argine) con prelievo di campioni rimaneggiati, prove SPT e prove di permeabilità tipo Lefranc foro;
- n. 5 sondaggi a carotaggio continuo (profondità massima 40 m da piano campagna) con prelievo di campioni rimaneggiati, prove SPT, prove di permeabilità tipo Lefranc foro e posa di piezometro;
- prove di laboratorio sui campioni rimaneggiati di terreno prelevati nel corso dei sondaggi.

Lo scopo della campagna geognostica è stato quello di definire lo stato di consistenza del rilevato arginale e del suo livello di fondazione attraverso l'esecuzione dei sondaggi "corti" (lunghezza = 9 m) e di individuare e verificare il livello di falda attraverso sondaggi "lunghi" (lunghezza = 40 m) con la posa di piezometri a tubo aperto.

Le sigle identificative riportate sui sondaggi fanno riferimento alla tratta "A" ove vengono riconosciuti i sondaggi eseguiti dal km 14.000 al km 23.500.

Di seguito vengono descritte con dettaglio tecnico e di riferimento, le operazioni condotte durante la campagna di indagine.

### **7.1.1 Sondaggi**

I sondaggi sono stati eseguiti con l'utilizzo di due sonde, una allestita su carro gommato ed un'altra su cingolato.

Gli utensili di perforazione al seguito erano i seguenti:

- carotieri semplici, con valvola di testa a sfera e calice
- diametro nominale  $\varnothing_{est} = 101 \div 146$  mm
- lunghezza utile = 150÷300 cm



- aste di perforazione con filettatura  
tronco conica diametro esterno  $\varnothing_{est} = 60\div 76$  mm

Gli utensili di perforazione hanno permesso il carotaggio continuo ed integrale del terreno attraversato, senza eccessivo dilavamento e frantumazione, di tutto il volume del materiale compreso nella sezione del sondaggio.

Il fluido di circolazione era costituito da acqua in modo da permettere il posizionamento dei piezometri sui sondaggi lunghi ( $L > 40$  metri).

Durante la perforazione, vista la natura prevalentemente granulare dei terreni si è reso necessario l'utilizzo dei rivestimenti associati alla perforazione ed aste che hanno avuto le seguenti caratteristiche:

- spessore tubo = 10 mm
- diametro interno  $\varnothing_{int}$  = 107÷162 mm
- lunghezza spezzoni = 150÷ 200 cm
- 

#### 7.1.2 Prove penetrometriche dinamiche in foro (S.P.T.)

Durante il sondaggio, attraversando formazioni di terreno incoerente (sabbie, sabbie con ghiaie) dai quali è risultato impossibile prelevare campioni indisturbati, sono state fatte prove di resistenza alla penetrazione dinamica S.P.T. (Standard Penetration Test).

La prova SPT è standardizzata dalle seguenti norme:

- Associazione Geotecnica Italiana (1977). Raccomandazioni sulla Programmazione ed Esecuzione delle Indagini Geotecniche.
- D1586-67 (74); D1586-84. Standard Method for Penetration Test and Split-Barrel Sampling of Soils.
- ISSMFE Techn. Committee (1988). Standard Penetration Test (SPT): International Reference Test procedure.



Le attrezzature impiegate sono state le seguenti:

- Tubo campionatore in acciaio indurito con superfici lisce, apribile longitudinalmente.
- Diametro esterno  $\varnothing_{est} = 51 \pm 1 \text{ mm}$
- Diametro interno  $\varnothing_{int} = 35 \pm 1 \text{ mm}$
- Lunghezza minima escluso tagliente principale  $L_{min} > 457 \text{ mm}$
- Lunghezza scarpa tagliente terminale, con rastremazione
- negli ultimi 19 mm =  $76 \pm 1 \text{ mm}$ .

Dispositivo di sollevamento automatico del maglio del peso totale  $< 115 \text{ kg}$ , tale da garantire la caduta della massa battente senza rilevanti attriti.

- Peso massa battente  $P = 63,5 + 0,5 \text{ kg}$
- Altezza caduta  $h = 760 \text{ mm}$ .

La prova è stata eseguita infiggendo nel terreno alla base del sondaggio il campionatore per due tratti consecutivi, il primo da 150 mm, il secondo da 300 mm, annotando il numero di colpi necessario per la penetrazione.

**TIPO TERRENO**

Definizione		Diametro dei grani (mm)	Criteri di identificazione
Blocchi		> 200	Visibili a occhio nudo
Ciottoli		200 ÷ 60	
Ghiaia	Grossa	60 ÷ 20	
	Media	20 ÷ 6	
	Fine	6 ÷ 2	
Sabbia	Grossa	2 ÷ 0,6	
	Media	0,6 ÷ 0,2	
	Fine	0,2 ÷ 0,075	
Limo		0,075 ÷ 0,002	Solo se grossolano è visibile a occhio nudo – poco plastico, dilatante, lievemente granulare al tatto, si disgrega velocemente in acqua, si essicca velocemente, possiede coesione ma può essere polverizzato fra le dita
Argilla		< 0,002	I frammenti asciutti possono essere rotti ma non polverizzati fra le dita, si disgrega in acqua lentamente, liscia al tatto, plastica non dilatante, appiccica alle dita, asciuga lentamente, si ritira durante l'essiccazione
Terreno organico o vegetale			Contiene una rilevante percentuale di sostanze organiche vegetali
Torba			Predominano resti lignei non mineralizzati, colore scuro, bassa densità

La descrizione dei litotipi è stata redatta in conformità alle raccomandazioni AGI (1977) ove si elenca per primo il nome del costituente principale, seguito dal costituente secondario nella forma:

In particolare il litotipo viene classificato e individuato con tale procedura:



- Preceduto dalla congiunzione “con” se presenta una percentuale compresa fra il 25% ed il 50%;
- Seguito dal suffisso “oso” se rappresenta una percentuale compresa fra il 10% ed il 25%;
- Preceduto da “debolmente” e seguito dal suffisso “oso” se rappresenta una percentuale compresa tra il 5% ed il 10%.

Della frazione ghiaiosa e ciottolosa occorre specificare il grado di arrotondamento, con riferimento alla seguente tabella.

### **ARROTONDAMENTO**

<b>Forma Definizione</b>	<b>Arrotondamento</b>	<b>Descrizione</b>
Angolare	0-0,15	Nessuno smussamento
Sub-angolare	0,15-0,25	Mantiene forma originale con evidenze di smussamento
Sub-arrotondata	0,25-0,40	Smussamento considerevole e riduzione dell'area di superficie del clasto
Arrotondata	0,40-0,60	Rimozione delle superfici originali, con qualche superficie piatta
Ben arrotondata	0,60-1	Superficie interamente compresa da curve ben arrotondate

Nel caso specifico, trattandosi di terreni granulari, si è espressa la consistenza in termini di addensamento, secondo la seguente tabella:



## ADDENSAMENTO TERRENI GRANULARI

NSpT	Valutazione dello stato di Addensamento	Prove manuali
0-4	Sciolto	Si scava facilmente con badile
4-10	Poco addensato	Si scava abbastanza facilmente con un badile, si penetra con una barra
10-30	Moderatamente addensato	Difficile da scavare con badile, o da penetrare con barra
30-50	Addensato	Molto difficile da penetrare; si scava con piccone
>50	Molto addensato	Difficile da scavare con piccone

Le carote estratte nel corso della perforazione sono state estruse utilizzando un estrusore idraulico dotato di regolazione ed utilizzando canalette in PVC, e sono state sistemate in apposite cassette catalogatrici in legno, munite di scomparti divisori, coperchio apribile e telo di nylon con dimensioni tali da contenere almeno 1 metro di materiale carotato per ogni scomparto.

All'interno delle cassette sono stati prelevati una serie di campioni rimaneggiati per l'esecuzione delle prove di identificazione.

### 7.1.3 Prove di permeabilità tipo Lefranc

La prova, eseguita con le modalità di seguito specificate, è stata destinata a misurare la conducibilità idrica orizzontale del terreno, misurando gli assorbimenti di acqua facendola filtrare attraverso un tratto di foro predeterminato.



Le modalità esecutive di ciascuna prova sono state le seguenti:

- perforazioni con carotiere fino alla quota di prova;
- rivestimento del foro alla quota raggiunta dalla perforazione
- inserimento nella colonna di rivestimento di ghiaia lavata fino a creare uno spessore di 60 cm dal fondo foro;
- sollevamento della batteria di rivestimento di 50 cm, con solo tiro della sonda;
- esecuzione della prova.

Sul punto di prova a carico idraulico costante si è proceduto come di seguito:

- immissione di acqua pulita nella batteria di rivestimento fino alla determinazione di un carico idraulico costante, cui corrisponde una portata assorbita dal terreno costante nel tempo e misurata;
- controllo della portata immessa a regime idraulico costante;
- condizioni di immissione a regime costante mantenute, senza variazione alcuna, per 20-30 min.
- La documentazione di ciascuna prova comprende:
  - informazioni generali
  - schema geometrico della prova
  - livello di falda
  - coefficiente di permeabilità calcolato secondo le norme AGI 1977.

#### **7.1.4    *Piezometri***

Durante la campagna di indagine, sono stati installati una serie di piezometri a tubo aperto, all'interno dei fori di sondaggio "lunghi" secondo le seguenti procedure:

- Diametro del foro pari a 101 mm
- Lavaggio del foro con acqua pulita



- Accessibilità al tubo stesso mediante una sonda testimone.

Il piezometro installato è risultato quindi costituito da una batteria di tubi del diametro esterno 50 mm in PVC, il tratto fessurato ha aperture di 0,4-1,0 mm è rivestito di tessuto non tessuto.

Nell'intercapedine tubo-rivestimento è stato inserito materiale granulare pulito ( $\varnothing 2\div4$  mm) fino a risalire di 1 m dalla estremità superiore del tratto finestrato, estraendo progressivamente il rivestimento del carotaggio senza l'ausilio della rotazione.

Il terminale piezometrico è stato inserito in un pozzetto metallico, cementato nel terreno con chiusura a lucchetto.

## **7.2 Falda**

Nel corso delle indagini in sito, sono stati installati n. 5 piezometri a tubo aperto per il controllo ed il monitoraggio del livello di falda stagionale nelle aree limitrofe; il livello piezometrico della prima falda risulta confermato ad una profondità di circa -20/30 metri dal piano campagna.

Allo stato attuale la falda risulta pertanto ad una profondità tale da non interagire con gli eventuali scavi.

Non è possibile, in questa sede valutare con precisione la profondità di massima risalita del livello piezometrico, essendo questa, dipendente da molti fattori; tale risalita potrà comunque essere al massimo dell'ordine di qualche metro, non interagendo quindi mai con il fondo canale.

L'andamento del livello di falda generale nella zona di interesse è stato ricavato attraverso l'utilizzo di dati forniti dalla provincia di Milano che effettua un monitoraggio continuo su una serie di pozzi per la definizione dell'andamento della tavola d'acqua all'interno del suo territorio.

I dati reperiti confermano quanto dedotto in sito dalla misura dei livelli di falda nei piezometri installati.



I dati reperiti e riportati nella Figura 5, allegata al presente rapporto, confermano quanto dedotto in sito dalla misura dei livelli di falda nei piezometri installati.

### **7.3 Stratigrafia**

L'andamento degli strati nel sottosuolo è stato determinato attraverso la lettura dei dati ricavati dai sondaggi.

L'indagine è stata svolta con i sondaggi "corti" sull'alzaia del Canale Villoresi e con quelli "lunghi" distribuiti in parte sull'alzaia ed in parte ai piedi della stessa.

Le stratigrafie riscontrate risultano sostanzialmente omogenee per tutto il tratto indagato e possono essere così sinteticamente riassunte:

**S+L** Primo strato costituito da sabbie fini limose di colore marrone scuro di spessore variabile generalmente tra 0,7 e 2 metri, costituente il terreno vegetale, utilizzato per costruire la zona sommità dell'argine nei tratti in rilevato, spesso frammisto a riporto grossolano.

**S** Secondo strato costituito da sabbie da grigio azzurre a marroni di spessore variabile costituenti la base dell'argine e il sottofondo del canale stesso.

**G+S** Terzo strato costituito da ghiaie e ciottoli in matrice debolmente limoso-sabbiosa di spessore variabile da pochi metri fino a decine di metri. In tutta la tratta indagata non sono mai stati riscontrati livelli di argilla o limo competenti.

### **7.4 Conclusioni**

Le indagini svolte hanno, in estrema sintesi, dimostrato che i terreni sui cui insiste il canale sono costituiti sostanzialmente da materiale di tipo grossolano, con assenza di consistenti livelli di argilla o limo. Il livello piezometrico della prima falda è risultato ad una profondità compresa tra i



20 e i 30 metri dal piano campagna e comunque tale, anche ai massimi livelli prevedibili, da non interagire mai con il fondo del canale.

Le caratteristiche granulometriche evidenziate consentono di affermare che i terreni di sottofondo del canale sono altamente drenanti, con una possibile risalita capillare contenuta al massimo in 1.5 – 2.0 metri, tale cioè da non interessare mai il fondo alveo.

È quindi da escludere che si possano creare sottospinte dovute alla pressione dell'acqua presente nei terreni di imposta dell'opera idraulica, tanto sul fondo canale quanto sui rilevati di sponda.

I materiali hanno dimostrato di possedere ottime caratteristiche di stabilità stante la matrice grossolana, rendendo di fatto inutile qualsiasi verifica dei cedimenti dell'opera in conseguenza degli interventi di progetto, a fronte anche della tipologia che li caratterizza. Lo stato del rivestimento esistente conferma peraltro la validità di questa affermazione, in quanto non evidenzia alcun segno di crisi imputabile a fenomeni di instabilità dei rilevati sottostanti.



## **8. CAMPAGNA INDAGINI DI GHEOS S.A.S. DI SACCHI G. & C.**

Con la presente relazione si espongono i risultati delle indagini eseguite per la progettazione degli interventi di rifacimento delle sponde e del fondo del canale Villoresi nei comuni di Nerviano, Lainate e Garbagnate in provincia di Milano.

Sono state eseguite 8 prove penetrometriche dinamiche, 4 sul fondo del canale e 4 sull'alzaia destra, e sono stati effettuati 10 carotaggi per il prelievo dei materiali costituenti il rivestimento delle sponde e del fondo.

### **8.1 Inquadramento generale dell'area in esame**

La zona di indagine è ubicata all'interno della alta Pianura Padana e più precisamente interessa i comuni di Nerviano e Lainate. Geograficamente il tratto indagato per una porzione di circa 6 km è costituito dal canale artificiale rivestito in calcestruzzo che si innesta nella campagna lombarda con andamento da Ovest ad Est.

Il canale per lunghi tratti si presenta parzialmente pensile sulla superficie della pianura e per altri incassato all'interno dei depositi ghiaioso sabbiosi della livello fondamentale della pianura, tranne che per l'attraversamento del Fiume Olona a Nerviano il fondo del canale si mantiene costantemente al di sotto del piano campagna e solamente le sponde si elevano sopra il livello della campagna.

Geologicamente parlando i terreni che formano l'alta pianura padana oggetto di indagine sono costituiti da depositi fluvioglaciali pleistocenici grossolani che vergono a Sud Sud Est in accordo con la pendenza generale della pianura padana.

Litologicamente questi depositi risultano costituiti da ghiaie e sabbie con spesso grossi ciottoli immersi in una matrice limo argillosa di colore ocraceo, superficialmente e per spessori massimi di circa 2 -3 metri prevalgono le



ghiaie fini immerse in una matrice sempre di colore ocraceo ma fortemente argillosa per l'intensa alterazione subita (ferretto).

L'idrogeologia della zona è nota per la possente bibliografia edita dalla Provincia di Milano sul problema Falda, questa che non è mai stata intercettata dalle attuali indagini risulta posta a circa 20 - 25 metri di profondità da piano campagna.

## **8.2 Indagini eseguite**

Le indagini in sito sono consistite nell'esecuzione di alcune prove penetrometriche dinamiche sul fondo del canale e sulla sponda destra e nella carotatura del calcestruzzo del rivestimento dei fianchi e del fondo del canale e del terreno sotto state di appoggio.

Più precisamente si sono eseguite le prove 1, 2, 3 e 4 sul fondo del canale e le prove 8, 9, 10 e 11 sulla sponda destra.

Di queste prove profonde da 7 a 11.40 metri sono stati redatti i certificati costituiti dal numero dei colpi del maglio, dal grafico delle prove, dalla elaborazione statistica e da una interpretazione litologica, per quanto riguarda le prove eseguite sul fondo, riconducibile alla stratigrafia di un sondaggio.

L'interpretazione litologica ha consentito, con l'ausilio di indagini geognostiche eseguite in zona, di individuare terreni che in sostanza superficialmente sono dei limi sabbiosi con matrice argillosa e ciottoli di ghiaia media in profondità sono ghiaie e sabbie a volte con grossi ciottoli.

## **8.3 Conclusioni**

Le indagini svolte, in estrema sintesi, hanno dimostrato che i terreni sui cui insiste il canale sono costituiti sostanzialmente da materiale di tipo grossolano, con assenza di consistenti livelli di argilla o limo. Il livello piezometrico della prima falda è risultato, dagli studi bibliografici svolti, ad una profondità compresa tra i 17 e i 25 metri dal piano campagna e



comunque tale, anche ai massimi livelli prevedibili, da non interagire mai con il fondo del canale. Durante le prove penetrometriche, spinte in un caso fino a 11.40 m dal fondo del canale, non si è mai rinvenuta la presenza di acqua di falda.

Le caratteristiche granulometriche evidenziate consentono di affermare che i terreni di sottofondo del canale sono altamente drenanti, con una possibile risalita capillare contenuta al massimo in 1.5 – 2.0 metri, tale cioè da non interessare mai il fondo alveo.

È quindi da escludere che si possano creare sottospinte dovute alla pressione dell'acqua presente nei terreni di imposta dell'opera idraulica, tanto sul fondo canale quanto sui rilevati di sponda.

I materiali hanno dimostrato di possedere ottime caratteristiche di stabilità stante la matrice grossolana, rendendo di fatto inutile qualsiasi verifica dei cedimenti dell'opera in conseguenza degli interventi di progetto, a fronte anche della tipologia che li caratterizza. Lo stato del rivestimento esistente conferma peraltro la validità di questa affermazione, in quanto non evidenzia alcun segno di crisi imputabile a fenomeni di instabilità dei rilevati sottostanti.



## **9. COMPONENTE GEOLOGICA DEL COMUNE DI SOMMA LOMBARDO.**

Si riporta in conclusione quanto desumibile dagli elaborati tecnici relativi alla componente geologica del Piano di Governo del Territorio del Comune di Somma Lombardo, approvato con Delibera di Consiglio Comunale n. 30 dell' 11.07.2013.

### **9.1 Inquadramento generale dell'area in esame**

Il territorio del comune di Somma Lombardo si colloca nel settore dell'alta Pianura Padana compreso fra i Fiumi Ticino e Olona, a sud della zona dei laghi prealpini del Varesotto.

Geologicamente quindi si situa in un'area caratterizzata esclusivamente dalla presenza di depositi sciolti quaternari disposti in terrazzi sovrapposti, con direzioni grosso modo coincidenti con il corso degli attuali fiumi.

Dall'analisi della carta di inquadramento geologico si possono estrapolare i seguenti elementi di sintesi:

- la situazione geologica del territorio risulta, nel suo complesso, abbastanza semplice e caratterizzata da depositi continentali quaternari organizzati in quattro ordini di terrazzi collegati all'attività del Fiume Ticino.
- La distinzione fra i terreni appartenenti ai diversi ordini di terrazzi risulta problematica ove basata su criteri puramente litologici e bisogna quindi valutare anche la loro posizione morfologica unitamente al diverso grado di alterazione dei materiali che li costituiscono.
- Le diverse unità poggiano in modo piuttosto regolare su di un substrato costituito, nella sua porzione più alta, da depositi prevalentemente argillosi, talora fossiliferi e con irregolare distribuzione di orizzonti sabbiosi (Argille Plioceniche) che, data la loro bassa permeabilità, costituiscono dove



presenti il livello di base su cui poggia la prima falda freatica presente nel sottosuolo.

## **9.2 Indagini disponibili**

Le indagini in sito disponibili sono quelle ricavabili dalle stratigrafie dei pozzi censiti in Comune di Somma Lombardo.

I pozzi più prossimi all'area di intervento risultano essere i seguenti:

- frazione di Maddalena (n° 5 – Maddalena), eseguito a quota di 229 m s.l.m. e profondo 155 m;
- frazione di Casenuove (n° 8 – Casenuove), eseguito a quota di 231 m s.l.m. e profondo 100 m;

Entrambe restituiscono un profilo stratigrafico che mostra la presenza di grossi ciottoli e ghiaia nei primi 50 m, per poi passare ad uno strato di ghiaie, ghiaietto e sabbie compatte.