



# PERCORSO CICLABILE REGIONALE Tesserete - Figino

Dipartimento  
del  
territorio

Comuni di CAPRIASCA e LUGANO

Divisione delle  
costruzioni

Via Franco Zorzi 13  
Casella postale 2170  
6501 BELLINZONA

## PROGETTO DEFINITIVO

**Area operativa del  
Sottoceneri**

Ufficio della progettazione  
del Sottoceneri

Tel. 091 814 27 05  
Fax 091 814 28 49

Piano no.: **912.401 A / 024**

Scala:

Data: **04.12.2023**

Modifiche:

Operatore :

**Consorzio Passerella  
Ponte Spada**

**RUPRECHT INGEGNERIA SA  
MESSI & ASSOCIATI SA  
MORO & MORO architetti**

presso:

Via dei Faggi 6A  
6912 Lugano-Pazzallo

Programma di agglomerato del  
Luganese PAL2

Codice ARE: 5192.2.030

Codice misura: 4.1

Formazione passerella  
ciclopeditone e relativi raccordi

Tratto Cagiallo - Sonvico

Collegamento sulla Valle di Spada

Rapporto geologico

Piano no.: **0400-21-01 A046A**

Progettato Disegnato Controllato

Dimensione:

No. 0558.301a



# LEONI GYSI SARTORI

INGEGNERIA GEOTECNICA GEOLOGIA IDROGEOLOGIA SA

6924 Sorengo  
Via alla Campagna 4  
Tel. 091 967 62 67  
Fax 091 967 62 47  
E-mail: lgs@glm-lgs.ch  
www.glm-lgs.ch  
CHE-106.477.364 IVA

*Comuni di Capriasca e Lugano*

## *Passerella ciclopedonale sulla Valle di Spada*

### 1. Indagine geognostica



Incarto: A1817/2019  
File: A1817-REL-G+G-01.docx  
Leoni Gysi Sartori SA  
Reg. no. 90187.01

Sorengo, giugno 2019

## Sommario

<b>0. PREMESSA.....</b>	<b>2</b>
<b>1. SITUAZIONE – INFORMAZIONI DISPONIBILI.....</b>	<b>2</b>
<b>2. INDAGINE GEOGNOSTICA .....</b>	<b>3</b>
2.1 RILIEVI GEOLOGICI IN SITO .....	3
2.1.1 Rilievo geologico di superficie .....	3
2.1.2 Rilievo geotecnico-geomeccanico di superficie .....	3
2.1.2.1 Modalità di rilievo geologico-geomeccanico degli affioramenti.....	4
2.1.2.2 Elaborazione dei dati .....	4
2.2 SONDAGGI GEOGNOSTICI .....	4
2.2.1 Modalità esecutiva delle perforazioni.....	5
2.2.2 Rilievo stratigrafico geologico-geotecnico dei sondaggi .....	5
2.2.2.1 Basi di rilievo geologico-geotecnico – Terreno sciolto .....	5
2.2.2.2 Basi di rilievo geologico-geotecnico – Roccia.....	6
2.2.3 Prove penetrometriche dinamiche SPT.....	6
2.2.4 Prove Penetrometriche PP .....	7
2.2.5 Prove di permeabilità Lugeon .....	7
<b>3. FORMAZIONI .....</b>	<b>8</b>
3.1 FORMAZIONI / MATERIALI RISCONTRATI.....	9
3.1.1 Terreno di copertura - T .....	9
3.1.2 Terreno di Riporto - R.....	9
3.1.3 Alluvione fluvio-glaciale ghiaiosa - Afg.....	10
3.1.4 Alluvione fluvio-glaciale sabbiosa - Afs .....	10
3.1.5 Morena - M.....	11
3.1.6 Substrato roccioso - Sr .....	11
3.2 CARATTERISTICHE E PARAMETRI GEOTECNICI .....	13
3.2.1 Terreno sciolto .....	13
3.2.2 Roccia .....	14
3.3 INDICAZIONI IDROGEOLOGICHE .....	14
3.3.1 Acqua sotterranea .....	14
3.3.2 Valori di permeabilità .....	15
<b>4. INDICAZIONI PER LA PROGETTAZIONE .....</b>	<b>15</b>
4.1 QUOTA DEL SUBSTRATO ROCCIOSO .....	15
4.2 OPERE SPECIALI DI FONDAZIONE / ANCORAGGIO .....	15
4.3 TERREMOTO .....	16
4.4 CONTENIMENTO DEGLI SCAVI .....	16
4.5 MONITORAGGI .....	16
<b>5. SINTESI / CONCLUSIONI.....</b>	<b>17</b>
<b>ALLEGATI.....</b>	<b>18</b>

## 0. Premessa

Nell'ambito dei lavori di preparazione del concorso di progetto del nuovo ponte Spada della pista ciclabile Capriasca – Cassarate, allo scopo di presentare le condizioni quadro da considerare per lo sviluppo delle possibili varianti di progetto, è stato elaborato un rapporto geologico-geotecnico preliminare.

[DOC 1] Comuni di Lugano - Capriasca  
Pista ciclabile Capriasca – Cassarate, Nuovo ponte Spada  
Rapporto preliminare geologico, geotecnico e idrogeologico  
Studio Ing. Pedrozzi & Associati SA, 09.03.2016

Il concorso è stato vinto dal Consorzio Passerella Ponte Spada (Studi ing. Ruprecht Ingegneria SA e Messi & Associati SA) che si è aggiudicato il mandato di progettazione e direzione lavori per la realizzazione dell'opera.  
L'accompagnamento geologico è stato affidato al nostro ufficio.

Per la progettazione esecutiva è stata pianificata un'indagine geognostica specifica finalizzata alla definizione delle caratteristiche geologico-geotecniche locali delle aree di impostazione delle spalle: lato Capriasca, località Cagiallo e lato Lugano, località Sonvico. I lavori di indagine in sito sono iniziati il 15 aprile 2019 e sono terminati il 7 giugno 2019.

Il presente incarto riporta la sintesi dei risultati d'indagine.

Per le informazioni generali si fa riferimento alla documentazione di progetto del Consorzio Passerella Ponte Spada.

## 1. Situazione – Informazioni disponibili

Le tabelle seguenti riportano la sintesi delle situazioni locali conosciute per due aree di impostazione delle spalle.

### **Sponda Cagiallo**

<b>Argomento</b>	Sintesi informazioni disponibili
Mappali	no. 473, no. 447, no. 448, Capriasca, località Cagiallo
Quota	ca. 480 msm
Situazione	Terrazzo a prato con orlo marcato verso valle.
Geologia	Terreno di copertura, alluvioni fluvio-glaciali, depositi morenici, roccia.
Idrologia	Nell'area di impostazione della spalla non sono presenti aste torrentizie.
Idrogeologia	Circolazione di acqua sotterranea lungo i contatti delle differenti formazioni. Protezione delle acque sotterranee: "territorio rimanente".
Pericoli naturali	Pericolo indicativo per processi di crollo nella valle.
Siti inquinati	I mappali interessati non sono iscritti nel Catasto siti inquinati del Cantone Ticino (stato 2019).

---

### **Sponda Sonvico**

<b>Argomento</b>	Sintesi informazioni disponibili
Mappali	no. 105, no. 107, no. 122 Lugano, località Sonvico
Quota	ca. 480 msm
Situazione	Pendio blando a prato.
Geologia	Terreno di copertura, alluvioni fluvio-glaciali, depositi morenici, roccia.
Idrologia	Sono presenti due intagli vallivi secondari: a ca. 30 m a nord e a ca. 60 m a sud.
Idrogeologia	Circolazione di acqua sotterranea lungo i contatti delle differenti formazioni. Protezione delle acque sotterranee: "territorio rimanente".
Pericoli naturali	Pericolo indicativo per processi di crollo nella valle.
Siti inquinati	I mappali interessati non sono iscritti nel Catasto siti inquinati del Cantone Ticino (stato 2019).

---

## **2. Indagine geognostica**

Ritenuta la situazione geologica generale, le informazioni geologiche pregresse, le indicazioni del progetto e gli aspetti ingegneristici correlati, è stato pianificato un programma d'indagine geognostica comprendente il rilievo di superficie e l'esecuzione di sondaggi geognostici incl. prove geotecniche e idrogeologiche in foro.

### **2.1 Rilievi geologici in sito**

#### **2.1.1 Rilievo geologico di superficie**

Funzionalmente al progetto è stata elaborata la mappa geologica con l'indicazione delle differenti formazioni presenti in superficie a partire dai rilievi puntuali di terreno e dall'interpretazione geologica-geomorfologica del modello digitale del terreno.

Vedi allegati: Mappa geologica, Schede di rilievo geomeccanico, Note tecniche

#### **2.1.2 Rilievo geotecnico-geomeccanico di superficie**

Il rilievo geotecnico-geomeccanico è avvenuto su affioramenti rocciosi rappresentativi presenti nelle vicinanze delle posizioni teoriche della spalla, degli ancoraggi temporanei e delle controventature. Per ogni affioramento è stata elaborata la scheda con le principali caratteristiche geologico-geomeccaniche.

Vedi allegati: Mappa geologica, Schede di rilievo geomeccanico, Note tecniche

### 2.1.2.1 Modalità di rilievo geologico-geomeccanico degli affioramenti

Il rilievo è avvenuto tenendo conto di tutti i parametri necessari per una classificazione geomeccanica dell'ammasso roccioso nel suo complesso.

Per ogni affioramento, identificato con le coordinate GPS e quota, sono stati annotati:

- la descrizione litologica
- l'immersione e inclinazione della scistosità
- le caratteristiche delle discontinuità e delle famiglie di discontinuità
- l'immersione e inclinazione delle discontinuità
- la spaziatura
- la persistenza
- l'indice JRC
- l'apertura delle fratture
- il riempimento delle fratture
- l'alterazione
- la resistenza monoassiale della roccia
- l'apprezzamento dell'orientamento in relazione alla stabilità/ alla portanza, osservazioni particolari

Per i dettagli si rimanda alle note tecniche riportate negli allegati.

### 2.1.2.2 Elaborazione dei dati

I dati rilevati sono stati interpretati in base alle usuali classificazioni geomeccaniche e strutturali.

Per i dettagli si rimanda alle note tecniche e agli allegati.

## 2.2 Sondaggi geognostici

Per la definizione della situazione geologica locale sono stati pianificati no. 3 sondaggi a carotaggio continuo per ogni sponda.

#### Sponda Cagiallo

Sondaggi	Denominazione	Lunghezza/ incl. Azimut	Istallazioni
Sondaggi a carotaggio	A1817/S1 Sp. Cagiallo	L=20.40m / verticale	--
	A1817/S2 Sp. Cagiallo	L=20.00m / verticale	--
	A1817/S3 Sp. Cagiallo	L=25.00m / 53.5° Az 180°	--

#### Sponda Sonvico

Sondaggi	Denominazione	Lunghezza/ incl. Azimut	Istallazioni
Sondaggi a carotaggio	A1817/S1 Sp. Sonvico	L=26.00m / verticale	--
	A1817/S2 Sp. Sonvico	L=26.00m / verticale	--
	A1817/S3 Sp. Sonvico	L=20.00m / 45° Az 53°	--

*Vedi allegato: Ubicazione sondaggi*

## 2.2.1 Modalità esecutiva delle perforazioni

Le perforazioni sono state eseguite a rotazione a carotaggio continuo, impiegando un impianto di perforazione semovente, il convenzionale sistema ad aste e carotiere semplice in terreno sciolto e il carotiere doppio (Tipo T6S – split core barrel D 131) con corona diamantata in roccia.

Il materiale recuperato è stato sistemato in apposite cassette catalogatrici di plastica, di lunghezza 1 m, munite di scomparti d'alloggiamento delle carote e relativo coperchio, con indicazione della profondità di prelievo e della profondità di ogni manovra di recupero.

Ciascuna cassetta catalogatrice è stata successivamente fotografata; la documentazione fotografica delle cassette catalogatrici è contenuta negli allegati.

## 2.2.2 Rilievo stratigrafico geologico-geotecnico dei sondaggi

Le stratigrafie geotecniche dei sondaggi carotati, compilate in cantiere con il procedere della perforazione, sono restituite su appositi moduli contenuti in allegato.

Nelle stratigrafie sono riportate informazioni operative tra le quali:

- . la quota boccaforo, le coordinate,
- . le manovre di carotaggio per i successivi approfondimenti della perforazione,
- . l'identificazione dei campioni indisturbati e rimaneggiati inclusa la loro profondità di prelievo,
- . la posizione ed il valore  $N_{SPT}$  delle prove SPT,
- . la posizione delle prove PP e il relativo valore di resistenza alla punta  $f_c$  [kN/m<sup>2</sup>]
- . la posizione delle prove idrogeologiche,
- . l'attrezzatura geotecnica e idrogeologica installata,
- . la descrizione del materiale carotato,
- . l'interpretazione della formazione d'appartenenza del materiale carotato.

### 2.2.2.1 Basi di rilievo geologico-geotecnico – Terreno sciolto

L'esame dei materiali di ciascun sondaggio comprende l'identificazione d'intervalli nella successione stratigrafica macroscopicamente omogenea ai fini geotecnici, ovvero costituiti da un sedimento predominante o da alternanze più o meno regolari di materiali differenti.

Definita la successione dei limiti degli strati, i materiali presenti sono stati descritti visivamente e verificati con prove granulometriche in sito; per i materiali fini si è proceduto alla sciacquatura di alcune superfici di sezionamento delle carote allo scopo di evidenziarne le caratteristiche sedimentologiche.

La documentazione fotografica dei campioni è esposta negli allegati.

La nomenclatura e la descrizione geotecnica del materiale si rifà alle normative SNV670'004-1a, SNV670'004-2a, SNV670'006-1 e SNV670'009 / SNV670'010b.

A complemento delle raccomandazioni delle norme citate sono state indicate le seguenti proprietà:

<i>Dimensione dei clasti:</i>	<i>Fine-medio-grossolano in sintonia con la normativa EN ISO 14688-2</i>
<i>Dimensione massima dei clasti:</i>	<i>Ø massimo riscontrato in mm.</i>
<i>Forma dei clasti:</i>	<i>Angoloso-Subangoloso-Semi arrotondato-Arrotondato-Molto arrotondato secondo il Laboratorio geotecnico USN.</i>

Colore:	<i>P.es.: grigio, grigio-bruno, bruno-grigio, bruno secondo interpretazione del rilevatore</i>
Caratteristiche sedimentologiche:	<i>Stratificazione, laminazione secondo Ricci Lucchi e Bosellini Mutti Ricci Lucchi (1989) Per le classi di spessore si è adottata la nomenclatura proposta da Ricci Lucchi (1970).</i>
Particolarità:	<i>P.es.: presenza di sostanze organiche, legni, abbondanza di mica, strutture particolari o altro.</i>

### 2.2.2.2 Basi di rilievo geologico-geotecnico – Roccia

Il rilievo dei campioni catalogato nelle apposite casse, è avvenuto per tratti omogenei (petrografia, struttura), tenendo conto di tutti i parametri necessari per una classificazione geomeccanica dell'ammasso roccioso nel suo complesso.

Per ogni tratto omogeneo sono stati annotati:

- la descrizione litologica
- l'inclinazione della scistosità rispetto all'asse di perforazione
- le caratteristiche delle discontinuità e delle famiglie di discontinuità inclusa l'immersione rispetto alla scistosità e l'inclinazione rispetto all'asse di perforazione
- la spaziatura
- la persistenza
- l'indice JRC
- l'apertura delle fratture
- il riempimento delle fratture
- l'alterazione

Per i dettagli si rimanda alle note tecniche riportate negli allegati.

### 2.2.3 Prove penetrometriche dinamiche SPT

Le prove consistono nell'infissione a percussione di una speciale punta conica o di uno speciale campionatore (diametro esterno 51 mm, apertura 60°), posati in fondo al foro di sondaggio per due tratti successivi rispettivamente di 15 e 30 cm, registrando il numero di colpi di maglio necessari per la penetrazione (maglio 63.5 kg, altezza di caduta 0.76m).

È definito N il numero di colpi necessari all'infissione degli ultimi 30 cm.

Il valore N (previa eventuale normalizzazione a  $N_{160}$  da  $N_{SPT}$ ) può essere utilizzato nella valutazione di diversi parametri fisici caratteristici del terreno come la densità relativa, l'angolo d'attrito interno, la deformabilità.

Nell'ambito della campagna geognostica condotta sono state effettuate complessivamente no. 42 prove SPT all'interno dei sondaggi.

Sponda Cagiallo

<b>Sondaggi</b>	<b>Denominazione</b>	<b>Prove SPT</b>
Sondaggi a carotaggio	A1817/S1 Sp. Cagiallo	no. 13
	A1817/S2 Sp. Cagiallo	no. 9
	A1817/S3 Sp. Cagiallo	--



Sponda Sonvico

Sondaggi	Denominazione	Prove SPT
Sondaggi a carotaggio	A1817/S1 Sp. Sonvico	no. 11
	A1817/S2 Sp. Sonvico	no. 9
	A1817/S3 Sp. Sonvico	--

*Vedi allegati / Piano di situazione / Stratigrafia sondaggi / Elaborazioni*

I sondaggi e le prove geotecniche in sito sono stati eseguiti dalla ditta Terrach SA di Lugano.

## 2.2.4 Prove Penetrometriche PP

La prova consiste nel far penetrare all'interno del terreno in esame (campione di terreno nella cassa catalogatrice) un cilindro metallico di acciaio inossidabile (generalmente indicato come punta) per una profondità pari al diametro e nel misurare la forza necessaria per realizzare tale penetrazione.

Per consentire la massima affidabilità dei risultati, la prova è eseguita appena estratto il campione e comunque in situazione di campione con condizioni di umidità analoghe alle condizioni in sito.

Lo strumento è costituito da due cilindri telescopici che alloggiavano una molla e, applicando una forza crescente di compressione, sono fatti scorrere coassialmente. Sulla scala graduata dello strumento si legge direttamente la resistenza alla compressione semplice del terreno.

Dalla forza di penetrazione della punta è possibile risalire, attraverso considerazioni teorico-sperimentali, alla resistenza al taglio del terreno in condizioni non drenate.

Il diametro standard della punta è pari a 6.35 mm (1/4").

*Vedi allegati / Stratigrafia sondaggi / Elaborazioni*

## 2.2.5 Prove di permeabilità Lugeon

In vista della realizzazione di ancoraggi, nel tratto in roccia all'interno dei sondaggi, sono state condotte prove di permeabilità Lugeon.

Scopo delle prove: *Valutazione delle caratteristiche di permeabilità e dell'attitudine a consentire la circolazione d'acqua all'interno dell'ammasso roccioso. Definizione della permeabilità UL (unità Lugeon) e K (m/sec)*

Metodo: *In avanzamento  
Isolamento del tratto terminale del foro mediante pistoncino espandibile contro la parete del foro (packer). Misura della portata d'acqua iniettata secondo uno schema predefinito di gradini di pressione.*

Valore ricavato: *Permeabilità K [m/sec] e [UL] (unità Lugeon)*

Sponda Cagiallo

Sondaggi	Denominazione	Prove Lugeon
Sondaggi a carotaggio	A1817/S1 Sp. Cagiallo	--
	A1817/S2 Sp. Cagiallo	no. 1
	A1817/S3 Sp. Cagiallo	no. 1

Sponda Sonvico

Sondaggi	Denominazione	Prove Lugeon
Sondaggi a carotaggio	A1817/S1 Sp. Sonvico	--
	A1817/S2 Sp. Sonvico	no. 1
	A1817/S3 Sp. Sonvico	no. 1

*Vedi allegati / Stratigrafia sondaggi / Elaborazioni*

I sondaggi e le prove geotecniche in sito sono stati eseguiti dalla ditta Terrach SA di Lugano.

### 3. Formazioni

La campagna geognostica ha evidenziato la presenza di no. 5 formazioni geologiche; nel terreno sciolto la differenziazione si fonda sulla genesi, sulle diversità fisiche, chimiche e geometriche dei sedimenti che li compongono, sulle particolarità morfologiche e sulla disposizione reciproca dei diversi corpi sedimentari; il substrato roccioso è suddiviso in funzione del suo grado d'alterazione:

- R** Terreno di riporto
- T** Terreno di copertura
- Afg** Alluvioni fluvioglaciali ghiaiose
- Afs** Alluvioni fluvioglaciali sabbiose
- M** Morena
- Sr** Substrato roccioso

Sotto un strato decimetrico / metrico di terreni di copertura **T** costituiti in genere da sabbie limose con sostanze organiche e radici sui terrazzi e da materiale detritico (detrito di versante/deposito fluvioglaciale smosso) nei pendii, il sottosuolo è costituito dalla successione di alluvioni fluvioglaciali a matrice ghiaiosa grossolana e con la presenza di ciottoli **Afg**, alluvioni fluvioglaciali generalmente a composizione sabbiosa e limose **Afs** e da depositi morenici **M** costituiti da ghiaie e sabbie limose. Localmente è presente materiale di riporto **R** composto prevalentemente da ghiaie e sabbie più o meno limose.

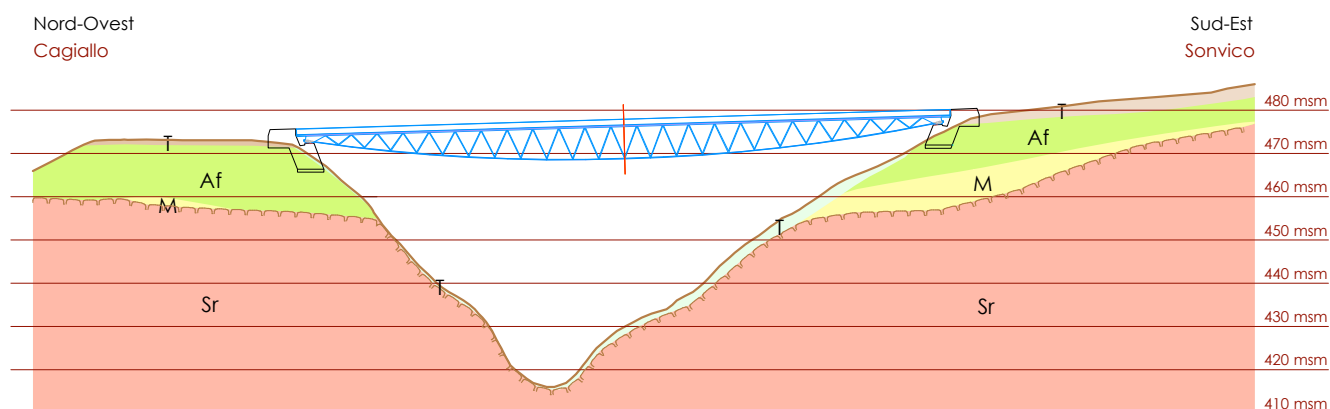


Fig. 1: Sezione geologica indicativa "Sponda Cagiallo – Sponda Sonvico"

*Vedi allegati: Stratigrafie sondaggi*

## 3.1 Formazioni / Materiali riscontrati

### 3.1.1 Terreno di copertura - T

Terreno organico in superficie, seguito in profondità da sabbie più o meno limose-argillose e da ghiaie medie grossolane limose, con presenza di ciottoli.

**Componenti:** da semi-arrotondati a sub-angolosi

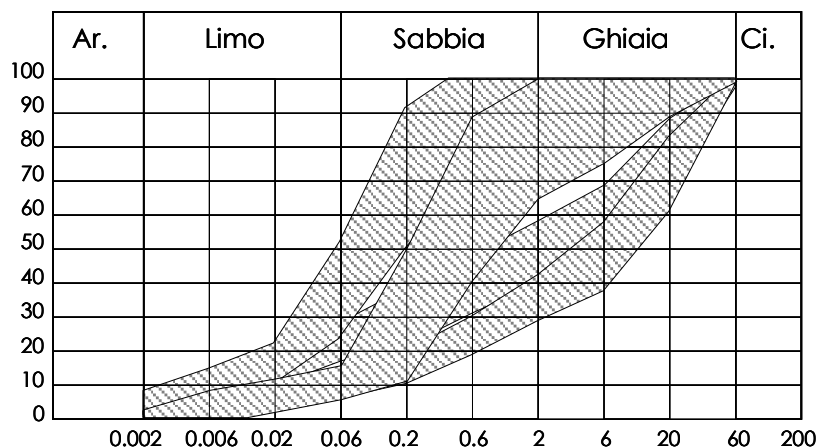
**Colore dominante:** bruno / bruno nero

**Classificazione USCS:** SM, SW-SM, SM-ML, GM, GW-GM

**Diametro massimo riscontrato:** 100 mm

**Spessore:** variabile da 0.5 a ca. 2.0 m

*Fuso granulometrico delle classi d'appartenenza*



Osservazioni: Si tratta in generale dello strato superiore del terreno, con presenza di materiale organico (localmente materiale di riporto).

### 3.1.2 Terreno di Riporto - R

Ghiaie medie grossolane generalmente poco limose e sabbie limose.

**Componenti:** da semi-arrotondati a sub-angolosi

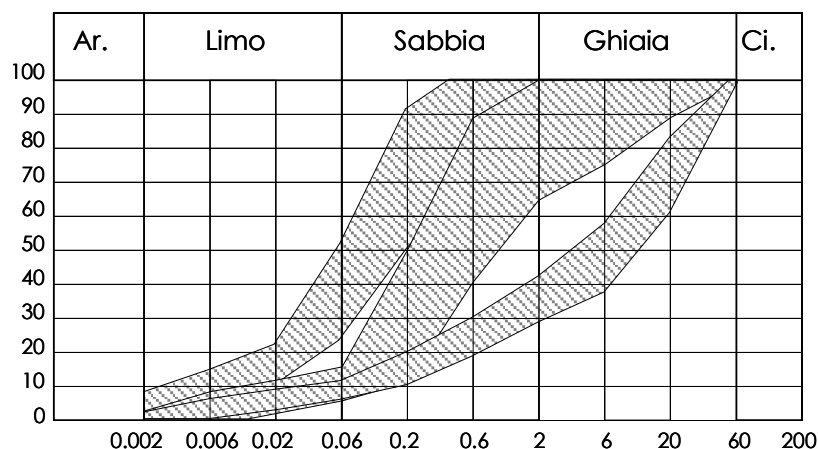
**Colore dominante:** bruno / bruno nero

**Classificazione USCS:** GW-GM, SW-SM, SM

**Diametro massimo riscontrato:** 60 mm

**Spessore:** variabile da 0 a ca. 2 m

*Fuso granulometrico delle classi d'appartenenza*



Osservazioni: La formazione R è stata osservata unicamente sondaggi A1917/S2 e S3 Sponda Sonvico; si tratta del materiale messo in opera per il profilamento del tracciato della strada, posato direttamente sopra il terreno di copertura T ancora distinguibile nei sondaggi.

### 3.1.3 Alluvione fluvioglaciale ghiaiosa - Afg

Ghiaie minute/grossolane generalmente poco limose.

**Componenti:** da semi-arrotundati a sub-angolosi

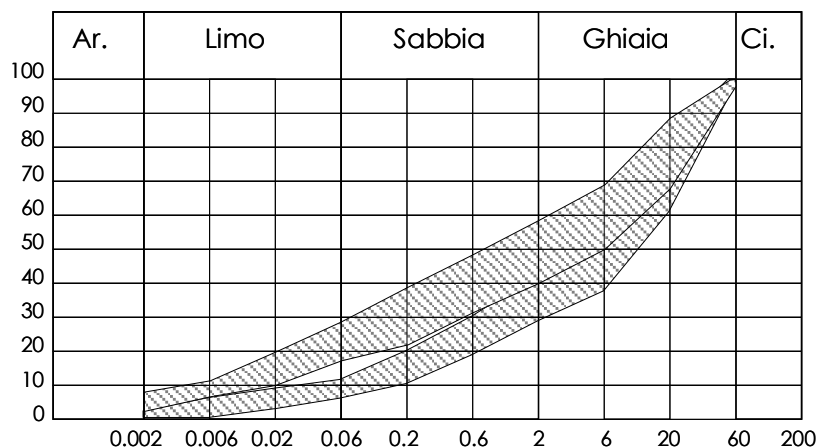
**Colore dominante:** bruno grigio / grigio bruno

**Classificazione USCS:** GW-GM, GM

*Fuso granulometrico delle classi d'appartenenza*

**Diametro massimo riscontrato:** 300 mm

**Spessore:** strati spess. da 0 a ca. 7 m  
fino alla profondità di 20m



Osservazioni: La formazione Afg è stata osservata in tutti i sondaggi in alternanza con la formazione Afs.

### 3.1.4 Alluvione fluvioglaciale sabbiosa - Afs

Sabbie più o meno limose, sabbie fini limose e limi sabbiosi, localmente stratificati e laminati.

**Componenti:** da semi-arrotundati a sub-angolosi

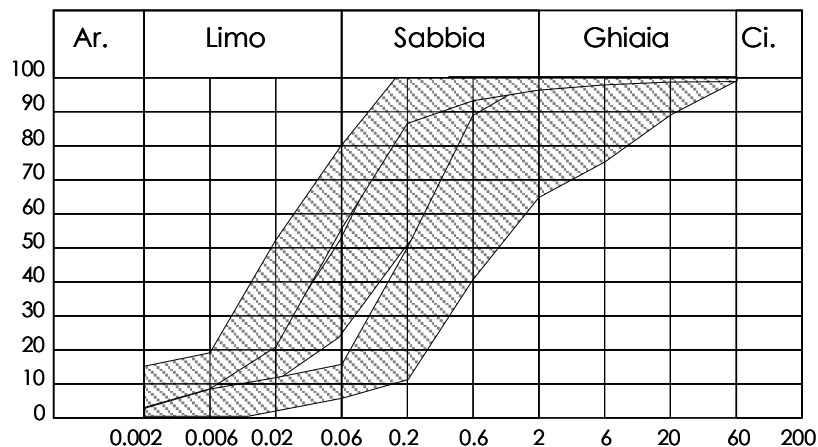
**Colore dominante:** bruno grigio / grigio bruno

**Classificazione USCS:** SW-SM, SM, SM-ML, ML

*Fuso granulometrico delle classi d'appartenenza*

**Diametro massimo riscontrato:** 60 (90) mm

**Spessore:** strati spess. da 0 a ca. 2 m  
fino alla profondità di 18m



Osservazioni: La formazione Afs è stata osservata in tutti i sondaggi in alternanza con la formazione Afg.

### 3.1.5 Morena - M

Ghiaie medie grossolane limose, sabbie più o meno limose-argillose, con ciottoli; presenza di blocchi, possibile presenza di trovanti.

**Componenti:** da semi-arrotondati a sub-angolosi

**Colore dominante:** bruno-giallo

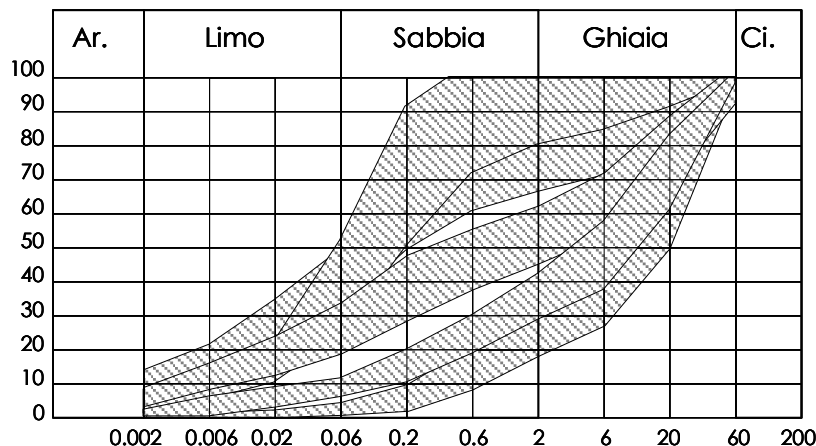
**Class. USCS:** GM, GW-GM, GW, GP, SM, SC, GC-GM

*Fuso granulometrico delle classi d'appartenenza*

**Diametro massimo riscontrato:** 200 mm

nei sondaggi 200 mm; in superficie > 2 m

**Spessore:** variabile da 0 a 9 m



**Osservazioni:** Si tratta di materiale morenico assai disomogeneo, depositato ai margini del ghiacciaio, in parte di possibile risedimentazione fluviale.

### 3.1.6 Substrato roccioso - Sr

La roccia è stata intercettata in tutti i sondaggi a profondità variabile da ca. 11 m a ca. 19 m in forma di micascisto e cataclasite.

**-Sr - Roccia**

Sono state riconosciute due varietà principali di roccia, verosimilmente in alternanza decimetrica – metrica.

#### Micascisto sericitico cataclastico - Gs

La roccia si presenta formata da sottili strati e occhi di minerali leucocratici quali quarzo e plagioclasio, intercalati a più spesse membrane di muscovite sericea intrecciata a biotite bruno rossiccia, occasionalmente con presenza di granati, localmente con passaggi centimetrici decimetrici milonitici.

**Struttura:** granoblastica e lepidoblastica a grana minuta media

**Tessitura:** facoidale, e occhiadina clastica

**Colore:** grigio

**Scistosità:** diversa

**Alterazione:** FL

FL: Roccia con leggera decolorazione limonitica in tutta la struttura. Visibile una certa decomposizione dei feldspati

**Osservazioni:** La formazione Gs è stata riscontrata all'interno di tutti i sondaggi.

## Milonite - Gs

La roccia si presenta strati e bande melanocratiche, afanitiche (prive di cristalli visibili ad occhio nudo), intercalate ai micascisti sericitici cataclastici.

<b>Struttura:</b>	da massiccia compatta - milonitica
<b>Tessitura:</b>	milonitica - da bandata a scistosa clastica
<b>Colore:</b>	grigio-nero
<b>Scistosità:</b>	diversa
<b>Alterazione:</b>	FL
	FL: Roccia con leggera alterazione

**Osservazioni:** È stata riscontrata all'interno dei sondaggi S2 e S3 spalla Sonvico.

## Micascisto sericitico cataclastico disgregato / Cataclasite, Cakirite - Gsd

La roccia si presenta in forma completamente disgregata in frammenti millimetrici centimetrici.

<b>Struttura:</b>	clastica.
<b>Tessitura:</b>	da brecciata a milonitizzata assai irregolare, filoncelli carbonatici disordinati.
<b>Colore:</b>	grigio, grigio-nero.
<b>Scistosità:</b>	--
<b>Alterazione:</b>	MA, NA, CA
	MA: Roccia alterata ma i pezzi di 5 cm di diametro non possono essere rotti con l'uso delle mani.
	NA: Roccia alterata al punto che i pezzi di carota di 5 cm di diametro possono essere rotti con l'uso delle mani, ma immersi in acqua non si disgregano. Spesso il materiale va perduto durante la perforazione.
	CA: Roccia del tutto alterata, al punto che immersa in acqua si disgrega dando una massa di argilla sabbiosa. Spesso il materiale non può essere recuperato sotto forma di carota con l'uso dei normali mezzi di trivellazione.

**Osservazioni:** Roccia completamente disgregata è stata riscontrata nei sondaggi spalla Sonvico su una lunghezza di perforazione di ca. 4 m in A1817 S1, 8 m nel sondaggio A1817/S2 e di pochi decimetri nel sondaggio inclinato S3. Si tratta verosimilmente di una banda cataclastica con giacitura Est-Ovest e inclinazione subverticale parte di un sistema di fratture con andamento N-S, E-O NO-SE evidenziato dai lineamenti morfologici locali (rete idrologica).

## 3.2 Caratteristiche e parametri geotecnici

Le tabelle di seguito riportano le definizioni e il campo di variazione più attendibile dei parametri geotecnici principali relativi alle formazioni rilevanti osservate.

### 3.2.1 Terreno sciolto

Formazione	R	T	Afg
Genesi	Riporti artificiali	Terreni di copertura	Alluvioni fluvioglaciali ghiaiose
Spessore/Profondità	0-2m	0.5-2m	0-7m fino alla prof. di 20m
Composizione	Ghiaie medie grossolane poco limose e sabbie limose	Sabbie e ghiaie $\pm$ limose con sostanze organiche	Ghiaie minute/grossolane generalmente poco limose con ciottoli e blocchi
Colore	Bruno – bruno nero	Bruno – bruno nero	Bruno grigio - grigio bruno
USCS	GW-GM, SW-SM, SM	SM, SW-SM, SM-ML, GM, GW-GM	GW-GM, GM Block
Componenti	Da semi arrotondati-sub angolosi	Da semi arrotondati-sub angolosi	Da semi arrotondati-sub angolosi
D <sub>max</sub> riscontrato	60 mm	100 mm	300 mm
Massa volumica $\rho$ (t/m <sup>3</sup> )	2.0 $\pm$ 0.1	1.9 $\pm$ 0.1	2.0 $\pm$ 0.1
Coesione c' (kPa)	0	0	0
Angolo d'attrito $\phi'$ (°)	32-36	30-34	38-44
Mod. di deform. ME <sub>o</sub> (MPa)	10-15	5-15	20-60
Mod. di deform. ME' <sub>o</sub> (MPa)	30-45	15-45	60-180

Formazione	Afs	M
Genesi	Alluvioni fluvioglaciali sabbiose limose	Morena
Spessore/Profondità	0-7m fino alla prof. di 18m	0-9 m fino alla profondità di 20 m
Composizione	Sabbie $\pm$ limose, sabbie fini limose e limi sabbiosi	Ghiaie medie grossolane poco limose, con ciottoli e blocchi (D>1m)
Colore	Bruno grigio - grigio bruno	Grigio
USCS	SW-SM, SM, SM-ML, ML	GM, GW-GM, GW, GP, SM, SC, GC-GM
Componenti	Da semi arrotondati-sub angolosi	Da semi-arrotondati a sub-angolosi, occasionalmente striati
D <sub>max</sub> riscontrato	90 mm	200 mm
Massa volumica $\rho$ (t/m <sup>3</sup> )	1.9 $\pm$ 0.1	2.0 $\pm$ 0.1
Coesione c' (kPa)	0-10	0 <sup>1)</sup> / 5-10 <sup>2)</sup>
Angolo d'attrito $\phi'$ (°)	31-34	36-40 <sup>1)</sup> / 32-36 <sup>2)</sup>
Mod. di deform. ME <sub>o</sub> (MPa)	10-30	50-85
Mod. di deform. ME' <sub>o</sub> (MPa)	30-90	150-255

<sup>1)</sup> Materiale non coesivo.

<sup>2)</sup> Materiale coesivo.

## Parametri caratteristici

Per quanto riguarda i parametri caratteristici, si suggerisce l'utilizzo:

- dei valori estremi inferiori per coesione ed angolo d'attrito
- del valore medio prudenziale per il modulo di deformabilità
- del valore estremo superiore o inferiore per la massa volumica a dipendenza della situazione di calcolo affrontata.

## 3.2.2 Roccia

Formazione	Sr - Gs	Sr - Gsd
Tipo	Micascisto sericitico cataclastico / milonite	Micascisto ser. / milonite disgregati / cataclasite - cackirite
Profondità	Affiorante	Affiorante (lineamento morfologici)
Spessore/Profondità nei sondaggi	-- / prof 15m	0-8m prof. 11-20 m
Colore	Grigio argenteo	Grigio -grigio-nero
USCS	Rock	Rock / GP, GM, SM, SM-ML, ML
Componenti	--	a angolosi a semi arrotondati
D <sub>max</sub> riscontrato	--	60 mm
GSI	40-60	10-25
Massa volumica $\rho$ (t/m <sup>3</sup> )	26.0±0.1	2.4±0.1
Coesione c' (kPa)	75-220	15-40
Angolo d'attrito $\phi'$ (°)	40-45	22-33
Mod. di deform. E (MPa)	1700-5500	300-750
Mod. di deform. MEo (MPa)	--	--
Mod. di deform. ME'o (MPa)	--	--

Per quanto riguarda i parametri caratteristici, si suggerisce l'utilizzo:

- dei valori medi prudenziali per coesione, angolo d'attrito e modulo di deformabilità
- del valore estremo superiore o inferiore per la massa volumica a dipendenza della situazione di calcolo affrontata.

## 3.3 Indicazioni idrogeologiche

### 3.3.1 Acqua sotterranea

Nel corso dell'indagine sono stati misurati livelli variabili d'acqua sotterranea all'interno delle perforazioni. Si tratta di scorrimenti d'acqua al contatto tra formazioni di differente permeabilità il cui regime varia in modo considerevole in funzione della condizione meteorologica pregressa. In considerazione della metodologia di perforazione adottata non è da escludere che i livelli indicati nei protocolli di rilievo dei sondaggi denotino un certo aumento artificiale del livello naturale. Le condizioni di perforazione in roccia e i dati ricavati dalle prove Lugeon hanno evidenziato una condizione assai omogenea, moderatamente permeabile.



### 3.3.2 Valori di permeabilità

La tabella di seguito riporta l'ambito di variabilità del valore di permeabilità delle differenti formazioni osservate.

Formazione	Classificazione USCS generale	Valore indicativo K (m/sec)
T	SM, SW-SM, SM-ML, GM, GW-GM	2.E-3 / 1.E-6
R	GW-GM, SW-SM, SM	2.E-3 / 5.E-6
Afg	GW-GM, GM	2.E-3 / 5.E-5
Afs	SW-SM, SM, SM-ML, ML	1.E-4 / 1.E-7
M	GM, GW-GM, GW, GP, SM, SC, GC-GM	5.E-3 / 1.E-7
Sr - Gs	Rock	5.E-6 / 1.E-7
Sr - Gsd	Rock - GP, GM, SM, SM-ML, ML	1.E-3 / 1.E-6

Vedi allegati: Elaborazioni prove Lugeon per Sr - Gs

## 4. Indicazioni per la progettazione

La progettazione delle spalle definitive e delle opere provvisorie di ancoraggio propedeutiche alla costruzione del ponte dovrà tener conto delle condizioni geologiche locali in particolare per quanto riguarda la disposizione e le caratteristiche geotecniche delle differenti formazioni di terreno sciolto, e delle disomogenee caratteristiche del substrato roccioso pervaso da strati e bande cataclastiche (formazione Gsd - Substrato roccioso disgregato) assimilabile a terreno sciolto la cui disposizione non può essere nota a priori.

Di seguito sono evidenziati gli aspetti geotecnici rilevanti da considerare in fase di progetto.

### 4.1 Quota del substrato roccioso

La condizione geologica con specifico riferimento alla posizione del substrato roccioso è evidenziata negli allegati.

Spalla Cagiallo

Substrato roccioso alla profondità di ca. 15m in corrispondenza della spalla e di ca.13m alla distanza di ca. 40 m lungo l'allineamento dell'asse longitudinale verso monte.

Spalla Sonvico

Substrato roccioso alla profondità di ca. 20 m in corrispondenza della spalla e di ca.12m alla distanza di ca. 40 m lungo l'allineamento dell'asse longitudinale verso monte.

### 4.2 Opere speciali di fondazione / ancoraggio

In considerazione dei dati di progetto, e delle condizioni geologiche locali, è data la necessità di prevedere strutture di ancoraggio provvisorie per i lavori di montaggio del ponte e si intravede la necessità di prevedere una palificata per la fondazione della spalla.

A titolo preliminare e come valore di riferimento per il dimensionamento degli ancoraggi e dei micropali si propone l'adozione dei seguenti valori di resistenza:

Formazione	Terreno sciolto	Roccia	Roccia disgregata
Spessore/Profondità	0-7m fino alla prof. di 20m	0-7m fino alla prof. di 18m	0-9 m fino alla profondità di 20 m
$\tau_k$ kN/m <sup>2</sup> (a rottura)	150-200 <sup>1)</sup> 80-120 <sup>2)</sup>	400-500	150-200 <sup>1)</sup> 80-120 <sup>2)</sup>
$\sigma_k$ MN/m <sup>2</sup> (a rottura)	1-2	8-10	2-4

1) Ancoraggi, micropali con iniezione ad alta pressione.

2) Micropali con iniezione a bassa pressione.

## 4.3 Terremoto

In considerazione dei disposti della norma SIA 261, per quanto riguarda la determinazione delle azioni sismiche di progetto, vale:

- Zona sismica: Zona 1 ( $a_{gd} = 0,6 \text{ m/s}^2$ )
- Classe di terreno: classe E
- Classe d'opera: da definire secondo art. 16.3. SIA 261

## 4.4 Contenimento degli scavi

Per la fase esecutiva saranno da considerare le caratteristiche del terreno in particolare per la definizione dei piani di scavo.

Ritenute le caratteristiche di progetto (ampiezza e profondità), potranno essere considerate scarpate protette, integrate laddove necessario da locali opere di contenimento.

## 4.5 Monitoraggi

Prima dell'inizio dei lavori sarà da valutare la necessità di elaborare prove a futura memoria inerenti gli edifici e le strutture presenti nell'intorno della zona di lavoro al fine di documentare lo stato attuale delle opere fino ad una distanza sufficiente dal cantiere.

Nelle fasi immediatamente precedenti l'inizio dei lavori è inoltre a nostro giudizio da prevedere:

- la posa di punti di controllo geodetici.

Per tutta la fase di cantiere sono da prevedere in continuo / a scadenze regolari:

- il rilievo dei punti di controllo geodetici,
- il monitoraggio delle vibrazioni mediante geofoni,
- l'eventuale monitoraggio delle emissioni foniche e di polveri.

## 5. Sintesi / Conclusioni

Il presente rapporto illustra la situazione geologico-geotecnica nell'area d'impostazione delle spalle della futura passerella ciclopeditale sulla valle di Spada tra i comuni di Capriasca – località Cagiallo e Lugano – località Sonvico.

Il documento e gli allegati riportano i dettagli della campagna geognostica esplicitamente condotta, i dati di rilievo e le successive elaborazioni.

### In estrema sintesi

La condizione geologica nell'area delle spalle è contraddistinta dalla presenza del substrato roccioso alla profondità di ca. 15 m. La copertura di terreno sciolto è rappresentata da depositi fluvioglaciali ghiaioso-sabbiosi e da depositi morenici, presenti in maggior misura nell'area della sponda Sonvico.

Le tabelle presentate riportano le caratteristiche di portanza del terreno, giudicate discrete, e la capacità di ripresa delle forze da considerare in via preliminare per la progettazione delle strutture d'ancoraggio e di fondazione profonda (valori provenienti dal nostro archivio e ricavati da prove in sito effettuate sulle medesime formazioni), ampiamente sfavorevoli per rapporto ai valori di letteratura.

A tale proposito, ritenuta la rilevanza per il progetto, suggerisce di voler pianificare con sufficiente anticipo un "campo prove" specifico.

A1817-REL-G+G-01.docx  
Sorengo, giugno 2019

Leoni Gysi Sartori SA

Ing. I. Sartori



Ing. A. Binetti

