

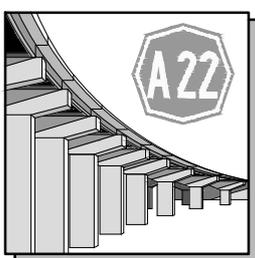
**ORDINE DEGLI INGEGNERI  
DELLA PROV. DI TRENTO**  
**dott.ing. ROBERTO BOSETTI**  
INSCRIZIONE ALBO N° 1027

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO  
*dott. ing. Roberto Bosetti*

# autostrada del brennero

ALLARGAMENTO DELLA CARREGGIATA SUD AUTOSTRADALE  
IN CORRISPONDENZA DELLA SALITA DI AFFI TRA  
LA PROG. KM 201+285 E LA PROG. KM 203+930 E  
RIFACIMENTO DEI SOVRAPPASSI AUTOSTRADALI  
N°68 "RIVOLI-ZUANE" E N°69 "S.C. RIVOLI-CAPRINO"

<b>1.2.2.2</b>	<b>RELAZIONI</b> RELAZIONI GEOLOGICHE E GEOTECNICHE Sovrappasso nr. 69 S.C. Rivoli-Caprino Relazione geotecnica
----------------	--

0	MAG-2022	EMISSIONE	A. BOZZANI	F. OSS PAPOT	C. COSTA
REVISIONE:	DATA:	DESCRIZIONE:	REDAZIONE:	VERIFICA:	APPROVAZIONE:
DATA: MAGGIO 2008			<b>DIREZIONE TECNICA GENERALE</b>		IL DIRETTORE TECNICO GENERALE E PROGETTISTA: 
NUMERO PROGETTO: 29/08					

PROVINCIA DI VERONA  
COMUNE DI RIVOLI VERONESE

STUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PER  
IL PROGETTO ESECUTIVO DEI LAVORI DI  
REALIZZAZIONE DEI SOVRAPPASSI

N.7 "SVINCOLO STAZIONE DI BRESSANONE",  
N.17 "SVINCOLO STAZIONE DI BOLZANO SUD",  
N.68 "ZUANE",  
N.69 "S.C.RIVOLI CAPRINO" E  
"NUOVO SOVRAPPASSO ALLA A1"

OGGETTO:

**N.69 "S.C.RIVOLI CAPRINO"**  
ALLA PROGRESSIVA AUTOSTRADALE KM 203+505

RELAZIONE GEOTECNICA

COMMITTENTE :

AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A.



DATA :

12/2008

REALIZZATO DA:



dott. Alessandro Bozzani  
dott. Annapaola Gradizzi

I - 39100 Bolzano - 39100 Bozen  
Via Comini, 8 - L. von Coministraße  
Tel. 0471279949 - Fax 0471408442  
info@ingeabz.it

TIMBRI E FIRME:



*Alessandro Bozzani*



*Annapaola Gradizzi*

**RIFACIMENTO  
SOVRAPPASSO N°69  
“RIVOLI”**

**Autostrada del Brennero**

# INDICE

1.	PREMESSA .....	2
2.	INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO.....	3
3.	INDAGINI ESEGUITE.....	5
4.	ASSETTO IDROGEOLOGICO.....	8
5.	MODELLO GEOTECNICO DEL TERRENO.....	9
6.	VERIFICHE GEOTECNICHE .....	12
6.1	CAPACITA' PORTANTE.....	12
6.2	STABILITA' DEGLI SCAVI.....	20
7.	SISMICITA' LOCALE .....	21

## TAVOLE e ALLEGATI

**Tavola 1** Ubicazione dell'area e inquadramento geologico

**Tavola 2** Carta Geologica

**Tavola 3a/b** Sezioni Geotecniche

**Allegato 1** Stratigrafie dei sondaggi

**Allegato 2** Prove Down-Hole

**Allegato 3** Referti di laboratorio

## **1. PREMESSA**

Su incarico della Società Autostrade del Brennero è stato eseguito uno studio geologico-geotecnico per il rifacimento di 4 sovrappassi autostradali (n°7 “Bressanone”, n°17 “Bolzano Sud”, n°68 “Zuane”, n°69 “S.C. Rivoli Caprino”) e la realizzazione di 1 nuovo sovrappasso alla A1 a Campo Galliano.

È stato eseguito 1 sondaggio in prossimità di ogni spalla dei ponti (2 sondaggi per sovrappasso), con profondità variabile da 35 a 60 metri. Al fine della determinazione dei principali parametri geotecnici sono state eseguite sia prove in situ (penetrometrie e downhole) che prove di laboratorio su campioni di terreno prelevati dai carotaggi. L'esecuzione delle indagini è stato affidato alla ditta Intergeo S.r.l. di Modena. Le prove sono state eseguite nel periodo dal 17 aprile 2008 al 4 luglio 2008.

In accordo con il committente e lo studio di progettazione, il presente documento è stato redatto sulla base delle disposizioni del nuovo D.M. 14 gennaio 2008.

Il presente studio analizza l'assetto geologico, geomorfologico e geotecnico di dettaglio in corrispondenza del Sovrappasso N° 69 “Rivoli”.

## **2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO**

Le aree in esame sono situate poco a nord dell'abitato di Rivoli Veronese, in particolare il sovrappasso N° 69 è situato poco fuori l'abitato di Rivoli Veronese. Per l'ubicazione del sito si fa riferimento alla Carta Tecnica Regionale ed in particolare all'elemento "Rivoli Veronese" 123022, in scala 1: 5.000, di cui un estratto è riportato in Tavola 1 e per l'assetto geologico generale si fa riferimento alla Carta Geologica d'Italia, Foglio "Peschiera" in scala 1: 100.000, di cui un'estratto è riportato in Tavola 2.

Dal punto di vista geomorfologico generale l'area è inserita nell'anfiteatro morenico Atesino, costituito dal potente anfiteatro rissiano e dalle tracce degli scaricatori fluvioglaciali rissiani.

Le colline moreniche presentano un andamento semicircolare, rettilineo subparallelo nella porzione centrale. I cordoni morenici ricalcano l'antica traccia del Fiume Adige. Interposti fra le cerchie moreniche rissiane sono presenti i depositi fluvioglaciali e cataglaciali.

Il principale elemento morfologico dell'area è costituito dalla presenza dei depositi morenici dell'Anfiteatro Atesino, testimonianza di più fasi glaciali susseguitesesi in epoca quaternaria, che hanno contraddistinto, come risaputo, l'aspetto di un ben più vasto territorio.

Il ghiacciaio espletava, tramite il suo fronte, un'azione di spinta e deposizione del materiale eroso a monte, producendo degli accumuli di materiale geneticamente e granulometricamente eterogeneo, noti come morene. Nel territorio in esame si possono quindi trovare i risultati di varie fasi di avanzamento glaciale, risalenti nella maggioranza dei casi alle ultime due glaciazioni del Pleistocene, rispettivamente quella Rissiana, e quella Würmiana.

La presenza del ghiaccio era accompagnata da una serie di fenomeni classificati come fenomeni di ambiente periglaciale. Elemento di spicco di tale ambiente è senza

dubbio quello degli scaricatori fluvioglaciali, corsi d'acqua alimentati dalla fusione del ghiaccio, che nelle fasi interglaciali o post-glaciali potevano raggiungere portate notevolissime.

Dal punto di vista geomorfologico locale le aree in esame sono poste in corrispondenza dell'ampia traccia fluvioglaciale di età rissiana recente che separa le cerchie moreniche più antiche, ad andamento semicircolare dai depositi morenici più recenti che si raccordano con il fondovalle della Val d'Adige.

Questa traccia di scaricatore fluvioglaciale di età rissiana recente è il principale e più importante dell'Anfiteatro Morenico Atesino. E' costituito da una vasta area pianeggiante che con direzione circa N-S attraversa tutto l'anfiteatro morenico e si raccorda a sud con la piana alluvionale del Torrente Tasso e in seguito con l'apice della grande conoide del Fiume Adige.

L'area in esame ha quindi una morfologia pianeggiante ed è interessata da evidenti sistemazioni antropiche legate all'urbanizzazione del centro abitato.

Dal punto di vista geolitologico locale in corrispondenza dell'area di interesse è stata riscontrata la presenza di un'unica litologia costituente il sottosuolo, in particolare si tratta dei depositi fluvioglaciali rissiani recenti, che formano l'ampia traccia dello scaricatore fluvioglaciale.

Il deposito fluvioglaciale rissiano è costituito dall'interdigitarsi di depositi di diversa natura, prevalentemente ghiaiosi, ma anche sabbiosi e sabbioso limosi.

Lo scaricatore fluvioglaciale depositava infatti differenti sedimenti a seconda delle diverse fasi di stasi o trasporto che interessavano il ghiacciaio.

### **3. INDAGINI ESEGUITE**

In prossimità dei sovrappassi esistenti, per indagare la tipologia dei terreni su cui verranno poste le fondazioni dei nuovi sovrappassi, sono stati eseguiti rispettivamente 2 sondaggi a carotaggio continuo, uno sul lato destro e uno sul lato sinistro della carreggiata dell'autostrada.

Il sondaggio S1/69 è stato spinto fino alla profondità di 40 m e il sondaggio S2/69 è stato spinto fino alla profondità di 35 m; per ognuno è stata eseguita la stratigrafia dei terreni e la raccolta di campioni per le analisi di laboratorio; nel sondaggio S2/69 è stato installato un tubo in PVC per la realizzazione delle prove di down-hole, mentre l'altro è stato attrezzato come piezometro.

L'ubicazione dei sondaggi è riportata in Tavola 1.

Poiché la litologia prevalente in tutti i sondaggi è costituita da materiale molto grossolano (principalmente ghiaie), sono stati raccolti campioni di materiale rimaneggiato e campioni shelby solo in corrispondenza dei livelli più limosi.

Sui campioni prelevati sono state eseguite prove di laboratorio per determinare:

- curva granulometrica (per setacciatura);
- massa volumica;
- prova di taglio c.u.

Nella tabella seguente vengono riportati i campioni analizzati e le analisi condotte su ciascuno di essi:

			pen e torv su camp	granulometria	pas 0,4 - 0,7	sedimentaz limti Attenberg	Massa Volumica	Picnometro umidità Esp Libera	taglio cu	taglio cd	Ed	sis down hole
<b>RIVOLI S1/69</b>	C1		1									
	C3		1				1		1			
<b>S2/69</b>	C1		1									
	C2		1		1	1		1	1			
	C3						1					
	SH1	1	1		1	1		1	1	1	1	1

Le stratigrafie con le foto dei sondaggi sono riportate in Allegato 1.

Le interpretazioni della prova di down-hole sono riportate in Allegato 2.

I referti di laboratorio delle prove eseguite sono riportate in Allegato 3.

Riassuntivamente sono di seguito descritte le successioni stratigrafiche individuate nei sondaggi S1 e S2 eseguiti per questo sovrappasso.

#### SONDAGGIO S1:

0.0 m – 2.8 m = Ghiaia e sabbia fine limosa di colore marron;

2.8 m – 10.3 m = Ghiaia eterometrica e poligenica con grani subarrotondati del diametro massimo di 10 cm in matrice sabbioso-limosa di colore marron chiaro;

10.3 m – 40 m = Sabbie fini limose di colore marron chiaro con ghiaia sparsa.  
Terreno addensato localmente umido.

#### SONDAGGIO S2:

0.0 m -2.6 m e 11.5 m – 14.3 m e 23.6 m – 26.4 m e 27.6 m – 40 m = Limo sabbioso di colore marron chiaro con sparsa ghiaia eterometrica costituita da grani poligenici, ben arrotondati, con diametro massimo pari a 4-5 cm;

2.6 m – 11.5 m e 14.3 m – 23.6 m e 26.4 m e 27.6 m = Ghiaia eterometrica e poligenica con grani arrotondati di diametro massimo pari a 6 cm in matrice sabbioso-limosa di colore marron chiaro.

Si rimanda alla Relazione Geologica redatta per il sovrappasso 69 per una descrizione più dettagliata del modello geologico locale.

Tutti i materiali rilevati appartengono ai depositi fluvioglaciali rissiani, prevalentemente costituiti da ghiaie medio-grossolane intervallate a depositi limo-sabbiosi.

In corrispondenza del sovrappasso 69 sono state intercettate tre grandi lenti di ghiaie in matrice sabbioso-limosa, un primo strato univoco si trova alle profondità di circa 2.5 m-10 m dal p.c. ed è presente in entrambi i sondaggi. Altre due lenti sono state intercettate solamente in corrispondenza del sondaggio S2 eseguito in corrispondenza della spalla sinistra e sono ubicate alle profondità di 14.3 m-23.6 m e 26.4 m-27.6 m.

La maggior parte dei materiali che caratterizzano il sottosuolo del sovrappasso 69 è costituita da un deposito fluvioglaciale medio-fine. In particolare si tratta di sabbie fini limose con scheletro ghiaioso o con ghiaia sparsa. Questo è lo strato predominante e che si sviluppa al di sotto della profondità di circa 10 m dal p.c. dove sono stati eseguiti i sondaggi, corrispondente all'attuale piano stradale dei sovrappassi esistenti.

Infine i primi tre metri del sottosuolo in corrispondenza della spalla destra sono caratterizzati dalla presenza di un deposito fluvioglaciale costituito da ghiaia e sabbia fine limosa, intermedio, dal punto di vista geologico, fra le due unità prevalenti e descritte sopra.

#### **4. ASSETTO IDROGEOLOGICO**

Dal punto di vista idrogeologico i depositi fluvioglaciali rissiani rilevati nell'area in esame costituiscono un'unità idrogeologica avente una discreta-buona permeabilità per porosità primaria, localmente impermeabile in corrispondenza degli orizzonti granulometrici più fini.

Ai depositi in esame può essere assegnato un coefficiente di permeabilità medio pari a  $10^{-4}$  -  $10^{-5}$  m/sec.

La superficie freatica appartenente all'acquifero principale si trova a profondità superiori a quelle preventivate dal progetto in esame, non è possibile comunque escludere delle locali venute d'acqua in corrispondenza di livelli ghiaiosi sovrastanti a livelli impermeabili o cementati che fungano da confine idrogeologico.

Nel corso della campagna geognostica non sono state rilevate venute idriche o presenza di falda nei sondaggi eseguiti.

Non avendo riscontrato la presenza di una falda acquifera non si rende necessaria la verifica a liquefazione.

Lo scorrimento delle acque superficiali segue le linee di massima pendenza che indicativamente convogliano le acque meteoriche verso SW, dove una leggera differenza di quota ne permette il deflusso.

Dal punto di vista idrografico superficiale il reticolo principale è costituito dal Fiume Adige che scorre molto più ad est del sito in esame e dal Torrente Tasso che scorre in corrispondenza del margine esterno dell'anfiteatro morenico di Rivoli, verso ovest.

## **5. MODELLO GEOTECNICO DEL TERRENO**

In accordo con quanto previsto dalle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (DM 14/01/2008) si è scelto di mantenere separate le analisi e la modellazione geotecnica in corrispondenza delle due spalle del sovrappasso in progetto. Questa scelta ottempera a quanto previsto dal DM 14/01/2008 che prevede per le procedure analitiche che utilizzano la parametrizzazione geotecnica e/o l'utilizzo di prove in sito che il valore caratteristico delle forze resistenti sia dato dal valore minore ottenuto per le resistenze calcolate al quale viene applicato un fattore correttivo funzione del numero delle verticali indagate.

Nel caso in esame è stata indagata la singola spalla del viadotto, mediante l'esecuzione di un sondaggio, spinto fino oltre la lunghezza prevista per i pali di fondazione, nel quale sono state eseguite prove in foro SPT, prelievo di campioni, prove sismiche, ecc.

I due sondaggi registrano situazioni geotecniche non completamente simili, in particolare il sondaggio S1 registra per i primi 10-11 m uno spessore di ghiaie e sabbie al di sotto delle quali è presente un potente spessore di sabbie limose con localmente scheletro ghiaioso, nel sondaggio S2 è stata invece registrata un'alternanza di lenti limo-sabbiose e ghiaie medio-grossolane (vedi Allegato 1 e Tavole 3a e 3b).

Di seguito è riportato il modello geotecnico effettuato per singola spalla, in particolare si tratta di uno schema rappresentativo delle condizioni stratigrafiche con relativa caratterizzazione fisico meccanica dei terreni investigati nel volume significativo.

I parametri geotecnici assegnati alle principali unità stratigrafiche individuate sono stati desunti dall'elaborazione delle prove SPT e dalle prove eseguite in laboratorio sui campioni prelevati (vedi Allegati 1 e 3).

In particolare si è tenuto conto dei risultati delle prove di laboratorio, in quanto la maggior parte delle prove SPT è risultata a rifiuto o rappresentata da valori alti, il cui utilizzo avrebbe sfalsato la corretta parametrizzazione geotecnica dei materiali.

## **SPALLA DESTRA:**

### Unità stratigrafica 1:

Litologia = Ghiaia e sabbia fine limosa

Profondità = da 0.0 m a 2.8 m

Peso di volume = 18 KN/mc

Angolo d'attrito = 30°

Coesione non drenata = 0 Kpa

Nspt medio = 6

Vs30 media = 410 m/s

Vp media = 840 m/s

### Unità stratigrafica 2:

Litologia = Ghiaia in matrice sabbioso-limosa

Profondità = da 2.8 m a 10.3 m

Peso di volume = 18.5 KN/mc

Angolo d'attrito = 35°-37°

Coesione non drenata = 0 Kpa

Nspt medio = 45-50

Vs30 media = 410 m/s

Vp media = 840 m/s

### Unità stratigrafica 3:

Litologia = Sabbia fine limosa localmente ghiaiosa

Profondità = da 10.3 m a 40 m

Peso di volume = 20 KN/mc

Angolo d'attrito = 32°-36°

Coesione non drenata = 0 Kpa

Nspt medio = 50

Vs30 media = 610 m/s

Vp media = 1600 m/s

## **SPALLA SINISTRA:**

### Unità stratigrafica 1:

Litologia = Limo sabbioso con ghiaia sparsa

Profondità = da 0.0 m a 2.6 m / da 11.5 m a 14.3 m / da 23.6 m a 26.4 m / da 27.6 m a 40 m

Peso di volume = 20 KN/mc

Angolo d'attrito = 26°-30°

Coesione non drenata = 5 Kpa

Nspt medio = 11

Vs30 media = 410 m/s

Vp media = 840 m/s

### Unità stratigrafica 2:

Litologia = Ghiaia medio-grossolana in matrice sabbioso-limosa talora predominante

Profondità = da 2.6 m a 11.5 m / da 14.3 m a 23.6 m / da 26.4 m a 27.6 m

Peso di volume = 19 KN/mc

Angolo d'attrito = 35°

Coesione non drenata = 0 Kpa

Nspt medio = 80

Vs30 media = 600 m/s

Vp media = 1600 m/s

## 6. VERIFICHE GEOTECNICHE

Le valutazioni geotecniche di interesse per la progettazione ed realizzazione delle opere previste sono quelle relative **calcolo della capacità portante** (carico di rottura del terreno, carico ammissibile e cedimenti) e al **calcolo della stabilità degli scavi** in fase esecutiva (angolo massimo di scarpata e/o opere di sostegno provvisionali).

### 6.1 CAPACITA' PORTANTE

Il calcolo della capacità portante viene fatto considerando l'ipotesi progettuale di base che prevede una fondazione profonda impostata su pali trivellati in CLS del diametro di 1.2 m e lunghezza di 20 m, in corrispondenza della spalla destra, e lunghezza di 22 m, in corrispondenza della spalla sinistra.

Il calcolo e il dimensionamento geotecnica delle fondazioni è stato effettuato considerando i modelli geotecnici precedentemente descritti.

La portanza viene calcolata considerando le formule statiche ove il carico limite  $Q_{lim}$  è pari a :

$$Q_{lim} = Q_p + Q_s = q_p \cdot A_p + q_s \cdot A_s$$

Dove:

$Q_p$  = resistenza alla punta

$Q_s$  = resistenza laterale

$q_p$  = resistenza unitaria alla punta

$q_s$  = resistenza unitaria laterale

$A_p$  e  $A_s$  superficie della punta e laterale

Di seguito sono riportati gli schemi, la relazione di calcolo, i parametri correttivi utilizzati sulla base del DM 14/01/2008 e i commenti ai risultati.

Nel caso del calcolo della resistenza alla punta viene proposto il metodo di calcolo secondo Berezenkov (1963).

Berezantev considera il carico limite relativamente al manifestarsi dei primi meccanismi plastici nel terreno e non alla rottura del terreno secondo un approccio tradizionale. La scelta è motivata dal fatto che durante le prove di carico eseguite sui pali è stato accertato che prima della rottura del terreno il palo manifestava degli abbassamenti tali (0,2 – 0,4 volte il diametro del palo) da essere accettabili.

### **Resistenza alla Punta (Berezantev):**

L'espressione  $q_p$  viene espressa secondo la formula

$$Q_p = N_c \cdot c + N_q \cdot q_L$$

Nel nostro caso essendo la coesione pari a 0, l'espressione risulta:

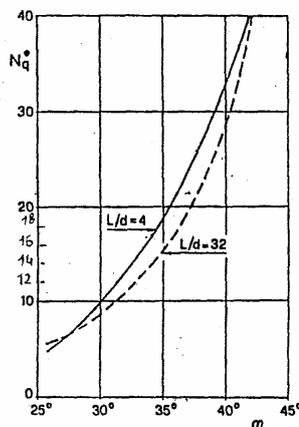
$$Q_p = N_q \cdot q_L$$

Con

$N_q$  coefficiente che varia con l'angolo di attrito.

$q_L$  carico litostatico agente alla profondità della punta del palo.

Per il calcolo di  $N_q$  si fa uso del grafico proposto da Berezantev, consigliato soprattutto nel caso di pali di grosso diametro, per i quali la portata limite viene mobilitata solo con cedimenti elevati (da 25% a 30% del diametro del palo). Pertanto il valore di  $N_q$  proposto dall'autore non corrisponde alla rottura del terreno, ma all'insorgere delle prime deformazioni plastiche.



Il carico litostatico inoltre viene calcolato considerando la "Profondità critica"  $D_c$ , che per sabbie mediamente/molto addensate si può assumere pari a circa  $16B$  ( $B$  diametro del palo). Sono state considerate inoltre le tensioni efficaci, relativamente alla presenza della falda.

- COEFFICIENTI  $N_q^*$  (BEREZANTEV, 1963),  
CORRISPONDENTI ALL'INSORGERE DELLE  
DEFORMAZIONI PLASTICHE DELLA PUNTA

L'angolo di attrito di riferimento è quello relativo alla zona di influenza della punta del palo (da 1B sopra la punta a 2B sotto).

Nei calcoli vengono considerando pali con diametro 1,2 m (indicazione di massima del progettista) e i seguenti valori (per i valori di seguito non specificati fare riferimento al modello geotecnico proposto).

Per l'espressione di Berezentev:

Prof. Critica  $D_c = 20$  mt

$N_q = 9-17$

$\varphi = 28^\circ-36^\circ$

### **Resistenza laterale:**

La resistenza laterale è data dalla seguente relazione:

$$Q_{\text{lim lat}} = A_s * f_s$$

Dove  $A_s$  è la superficie di contatto terreno\_palo e  $f_s$  è la resistenza unitaria laterale.

La resistenza unitaria laterale è stata da

$$f_s = K q \tan \delta$$

$q$  = carico litostatico

$K$  = coefficiente di spinta del terreno (assunto costante, pari a 0,7 secondo Reese e Wright 1977))

$\delta$  = angolo di attrito palo\_terreno ( $\tan \delta$  assunto costante, pari a 0.6)

## **SPALLA DESTRA**

### VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO

In accordo con i progettisti si è scelto di utilizzare i coefficienti parziali per fondazioni su pali riportati dalle nuove norme tecniche, in particolare si fa riferimento al capitolo 6.4.3 del DM 14/01/2008.

La verifica di stabilità globale della palificata è stata effettuata seguendo l'Approccio 2 (A1+M1+R3), come previsto dalla norma, e tenendo quindi conto dei rispettivi valori dei coefficienti parziali riportati nelle tabelle 6.4.II e 6.2.II e 6.4.IV per il coefficiente  $\xi$ .

In particolare e con riferimento alla tabella 6.2.II del DM 14/01/2008 la tangente degli angoli d'attrito utilizzati per i calcoli deve essere ridotta di un coefficiente pari a 1,0, il peso di volume deve essere ridotto di un coefficiente pari a 1,0, la resistenza non drenata deve essere ridotta di un valore pari a 1,0.

Questi coefficienti riduttivi sono stati aggiunti nei fogli di calcolo utilizzati per verificare i pali in progetto e di seguito riportati.

#### CALCOLO PORTATA DI PUNTA $Q_p$

Berezantev 1963

$$q_p = N_c \cdot c + N_q \cdot q_L$$

$$c = 0$$

$$N_q = 13 \text{ (per } \varphi 33^\circ \text{ vedi grafico relazione)}$$

$$\text{carico lit. } q_L = 396.25 \text{ kN/mq}$$

$$q_p = 5151.25 \text{ KN/mq}$$

$$Q_p = S \text{ punta palo} \cdot q_p$$

$$\mathbf{Q_p = 5822.973 \text{ kN}}$$

#### calcolo carico litostatico $q_L$

<b>UNITA' STRATIGRAFICA A 2</b>	peso sp.	18.5	kN/mc		
	H strato	2.5		carico lit	46.25 kN/mq
<b>UNITA' STRATIGRAFICA A 3</b>	peso sp.	20	kN/mc		
	H strato	17.5		carico lit	350 kN/mq

---

carico lit.  
totale 396.25 KN/mq

In corrispondenza della spalla destra i pali verranno posizionati ad una quota circa 8 m al di sotto dell'attuale piano stradale del sovrappasso dove sono stati condotti i sondaggi. Le unità stratigrafiche interessate dalle fondazioni saranno quindi solamente le unità 2 e 3 (vedi sezioni geotecniche di Tavola 3a/b e capitolo 5).



Il carico limite totale è quindi pari a 6055,75 KN ai quali va sottratto il peso del palo pari a circa 500 KN e si ottiene quindi un valore di *carico limite totale* pari a 5555,75 KN.

**LA PORTANZA LIMITE FINALE DEI PALI PREVISTI SULLA SPALLA DESTRA RISULTA QUINDI PARI A 5555,75 KN.**

## **SPALLA SINISTRA**

### VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO

In accordo con i progettisti si è scelto di utilizzare i coefficienti parziali per fondazioni su pali riportati dalle nuove norme tecniche, in particolare si fa riferimento al capitolo 6.4.3 del DM 14/01/2008.

La verifica di stabilità globale della palificata è stata effettuata seguendo l'Approccio 2 (A1+M1+R3), come previsto dalla norma, e tenendo quindi conto dei rispettivi valori dei coefficienti parziali riportati nelle tabelle 6.4.II e 6.2.II e 6.4.IV per il coefficiente  $\xi$ .

In particolare e con riferimento alla tabella 6.2.II del DM 14/01/2008 la tangente degli angoli d'attrito utilizzati per i calcoli deve essere ridotta di un coefficiente pari a 1,0, il peso di volume deve essere ridotto di un coefficiente pari a 1,0, la resistenza non drenata deve essere ridotta di un valore pari a 1,0.

Questi coefficienti riduttivi sono stati aggiunti nei fogli di calcolo utilizzati per verificare i pali in progetto e di seguito riportati.

In corrispondenza della spalla sinistra i pali verranno posizionati ad una quota circa 7 m al di sotto dell'attuale piano stradale del sovrappasso esistente, dal quale sono stati condotti i sondaggi. Le unità stratigrafiche interessate dalle fondazioni saranno quindi solamente le unità 1 e 2 (vedi sezioni geotecniche di Tavola 3a/b e capitolo 5).

### **CALCOLO PORTATA DI PUNTA $Q_p$**

Berezantev 1963

$$q_p = N_c \cdot c + N_q \cdot q_L$$

$$c = 0$$

$N_q$  10 (per  $\varphi$  30° vedi grafico relazione)  
 carico lit.  $q_L$  425.5 kN/mq  
 $q_p =$  4255 KN/mq  
 $Q_p = S$  punta palo \*  $q_p$   
 **$Q_p =$  4809.85 kN**

#### calcolo carico litostatico $q_L$

##### UNITA'

##### STRATIGRAFIC

**A 2** peso sp. 19 kN/mc  
 H strato 4.5 carico lit 85.5 kN/mq

##### UNITA'

##### STRATIGRAFIC

**A 1** peso sp. 20 kN/mc  
 H strato 3 carico lit 60 kN/mq

##### UNITA'

##### STRATIGRAFIC

**A 2** peso sp. 19 kN/mc  
 H strato 9 carico lit 171 kN/mq

##### UNITA'

##### STRATIGRAFIC

**A 1** peso sp. 20 kN/mc  
 H strato 4.5 carico lit 90 kN/mq

##### UNITA'

##### STRATIGRAFIC

**A 2** peso sp. 19 kN/mc  
 H strato 1.0 carico lit 19 kN/mq

carico lit.  
 totale 425.5 KN/mq

#### CALCOLO PORTATA LATERALE $Q_s$

Burland 1973  $f_s = K \sigma_{vo} \tan \delta$

**UNITA' STRATIGRAFIC A 2** peso sp. 19 kN/mc H media 2.25 m  
 H strato 4.5 m carico lit 85.5 kN/mq  $\sigma_{vo}$  42.75 kN/mc  
 D palo 1.2 m  $\delta$  35 °  
 S laterale 16.956 mq  $\tan \delta$  0.7 \*  
 $Q_s = S \cdot f_s$  K 0.7 \*\*  
 **$Q_s =$  355.19 kN**  $f_s$  20.95 kN/mq

**UNITA' STRATIGRAFIC A 1** peso sp. 20 kN/mc H media 6 m  
 H strato 3 m carico lit 60 kN/mq  $\sigma_{vo}$  120 kN/mc  
 D palo 1.2 m  $\delta$  30 °  
 S laterale 11.304 mq  $\tan \delta$  0.57 \*  
 $Q_s = S \cdot f_s$  K 0.7 \*\*  
 **$Q_s =$  541.24 kN**  $f_s$  47.88 kN/mq

**UNITA' STRATIGRAFIC A 2** peso sp. 19 kN/mc H media 12 m  
 H strato 9 m carico lit 171 kN/mq  $\sigma_{vo}$  228 kN/mc  
 D palo 1.2 m  $\delta$  35 °

	S laterale	33.912 mq			$\tan\delta$	0.7 *
	$Q_s = S \cdot fs$				K	0.7 **
	<b><math>Q_s =</math></b>	<b>2367.9</b>				111.7
		<b>1 kN</b>			fs	2 kN/mq
<b>UNITA' STRATIGRAFIC A 1</b>						
	peso sp.	20 kN/mc			H media	18.75 m
	H strato	3.5 m	carico lit	200 kN/mq	$\sigma_{vo}$	375 kN/mc
	D palo	1.2 m			$\delta$	30 °
	S laterale	13.188 mq			$\tan\delta$	0.57 *
	$Q_s = S \cdot fs$				K	0.7 **
	<b><math>Q_s =</math></b>	<b>1319.2</b>				149.6
		<b>6 kN</b>			fs	3 kN/mq
<b>UNITA' STRATIGRAFIC A 2</b>						
	peso sp.	19 kN/mc			H media	21.5 m
	H strato	1.0 m	carico lit	200 kN/mq	$\sigma_{vo}$	408.5 kN/mc
	D palo	1.2 m			$\delta$	35 °
	S laterale	3768 mq			$\tan\delta$	0.7 *
	$Q_s = S \cdot fs$				K	0.7 **
	<b><math>Q_s =</math></b>	<b>754.22 kN</b>				200.1
					fs	7 kN/mq
		<b>7976.3</b>				
	<b><math>Q_s</math> totale</b>	<b>3 kN</b>				

\* il valore  $\tan\delta$  è quello desunto applicando il coefficiente parziale M1 pari a 1,0

\*\* Reese e Wright (1977)

I valori sopra determinati vanno divisi per il fattore di correlazione  $\xi$  per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate, che nel caso in esame è una. Facendo quindi riferimento alla Tabella 6.4.IV il fattore di correlazione da utilizzare nel caso in esame è pari a 1.70.

Si ottiene quindi:

$$\text{carico limite laterale} = 7976,33 \text{ KN} / 1.70 = 4691,96 \text{ KN}$$

$$\text{carico limite di base} = 4809,85 \text{ KN} / 1.70 = 2829,32 \text{ KN}$$

Facendo riferimento alle resistenze caratteristiche R3 per pali trivellati il coefficiente parziale da applicare alla resistenza caratteristica della base è di 1.35, quello laterale è di 1.15 (vedi Tab. 6.4.II del DM 14/01/2008). Si ottengono quindi i seguenti valori ridotti di carico limite di punta e di carico limite laterale:

$$\text{carico limite laterale} = 4691,96 \text{ KN} / 1.15 = 4079,96 \text{ KN}$$

$$\text{carico limite di base} = 2829,32 \text{ KN} / 1.35 = 2095,79 \text{ KN}$$

Il carico limite totale è quindi pari a 6175,75 KN ai quali va sottratto il peso del palo pari a circa 600 KN e si ottiene quindi un valore di *carico limite totale* pari a 5575,75 KN.

**LA PORTANZA LIMITE FINALE DEI PALI PREVISTI SULLA SPALLA SINISTRA RISULTA QUINDI PARI A 5575.75 KN.**

## **6.2 STABILITA' DEGLI SCAVI**

Per la realizzazione delle opere in progetto verranno realizzati degli scavi di altezza pari a 8 m, in corrispondenza del margine di monte di entrambe le spalle del sovrappasso.

Per l'altezza dello scavo in esame si suggerisce di realizzare una paratia di micropali a sostegno costituita da pali di lunghezza variabile fra 12 e 15 m e con interasse massimo di 0.5 m. Si rimanda comunque alla relazione degli ingegneri per il calcolo finale della paratia.

Di seguito sono elencate alcune prescrizioni di carattere generale da adottare per gli scavi previsti:

- In caso di pioggia sugli scavi o sulle porzioni già scavate andranno posizionati dei teli impermeabili a salvaguardia delle condizioni di coesione apparente del materiale.
- Tutti gli scavi necessari alla realizzazione del manufatto dovranno rimanere aperti per il tempo strettamente necessario all'edificazione dei muri di contenimento; inoltre per evitare future infiltrazioni d'acqua, in occasioni di particolari eventi piovosi, si raccomanda la realizzazione di un sistema di drenaggio perimetrale. Ciò si rende necessario anche per evitare sovrappressioni nei terreni di sedime e a tergo dei muri stessi. I flussi idrici raccolti dai dreni e tutte le acque bianche dovranno essere convogliate nella rete delle acque bianche esistente, o opportunamente disperse.
- Sui cigli delle scarpate, non dovrà esser accumulato alcun tipo di materiale né dovranno sostarvi le macchine del cantiere, al fine di evitare l'innescò di fenomeni di instabilità dei fronti di scavo stessi.

## **7. SISMICITA' LOCALE**

La vulnerabilità dell'area di studio nei confronti del rischio sismico è valutata sulla base delle classificazioni a disposizione, in particolare facendo riferimento alle classificazioni 1984-1998, nell'Ordinanza n. 3274 della Presidenza del Consiglio dei Ministri del 2003, "*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*" ed infine nella D.P.G.P.4047 del 6/112006 "*Disposizioni relative ad azioni sismiche*".

Il Comune di Rivoli Veronese appartiene alla Zona Sismica 3, alla quale viene assegnata una accelerazione di picco orizzontale del suolo  $a_g$  volte pari a 0.15 l'accelerazione gravitativa locale (g).

Al fine di valutare l'azione sismica sulla tipologia fondazionale adottabile nell'ambito del progetto:

- a) sono stati determinati i profili stratigrafici del suolo di fondazione dell'area, secondo la normativa tecnica di applicazione dell'Ordinanza n. 3274 della Presidenza del Consiglio dei Ministri del 2003, "*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*".
- b) è stata eseguita una prova sismica downhole con rilevazioni in un foro di sondaggio appositamente attrezzato (vedi allegato 2, la quale ha permesso la misurazione diretta delle velocità delle onde S e onde P.

I profili determinati si riferiscono a depositi con specifici valori dell'indice geofisico  $V_{s30}$  rappresentativo delle velocità delle onde sismiche del tipo S nel sottosuolo.

In particolare, sulla base dei dati ricavati dalle prove downhole, è stato assegnato al sottosuolo dell'area in esame **la categoria B** secondo la classificazione riportata nelle Norme Tecniche per le Costruzioni 14/01/2008 e nell'Ordinanza C.M. 20/03/2003 relativa alla classificazione sismica del territorio nazionale.

Nelle citate norme la categoria di suolo B è descritta come segue: “Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero  $NSPT_{,30} > 50$  nei terreni a grana grossa e  $c_{u,30} > 250$  kPa nei terreni a grana fina)”.

Le prove down hole hanno mostrato in particolare velocità  $V_s$  che variano da 400 m/s a 2000 m/s in funzione della profondità; agli strati più superficiali corrispondono le velocità minori.

Le condizioni topografiche della zona in esame corrispondono al tipo T1 (superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $\leq 15^\circ$ ).

Le componenti orizzontali per la categoria di suolo B sono  $T_e = 5$  sec e  $T_f = 10$  sec.

Verona, DICEMBRE 2008

Dott. Alessandro Bozzani

Dott. Annapaola Gradizzi



**COROGRAFIA**

Scala 1:25000

**INQUADRAMENTO**

Scala 1:5000



**S**  
● Sondaggi

**ORTOFOTO**

Scala 1:5000

**COROGRAFIA,  
INQUADRAMENTO GEOGRAFICO  
E ORTOFOTO  
CON POSIZIONAMENTO  
SONDAGGI GEOGNOSTICI  
EFFETTUATI  
SOVRAPPASSO 69 "RIVOLI"**



dott. Alessandro Bozzani  
dott. Annapaola Gradizzi

Data: 12/2008

Scala: 1: 25.000  
1: 5.000

Tavola:

**1**

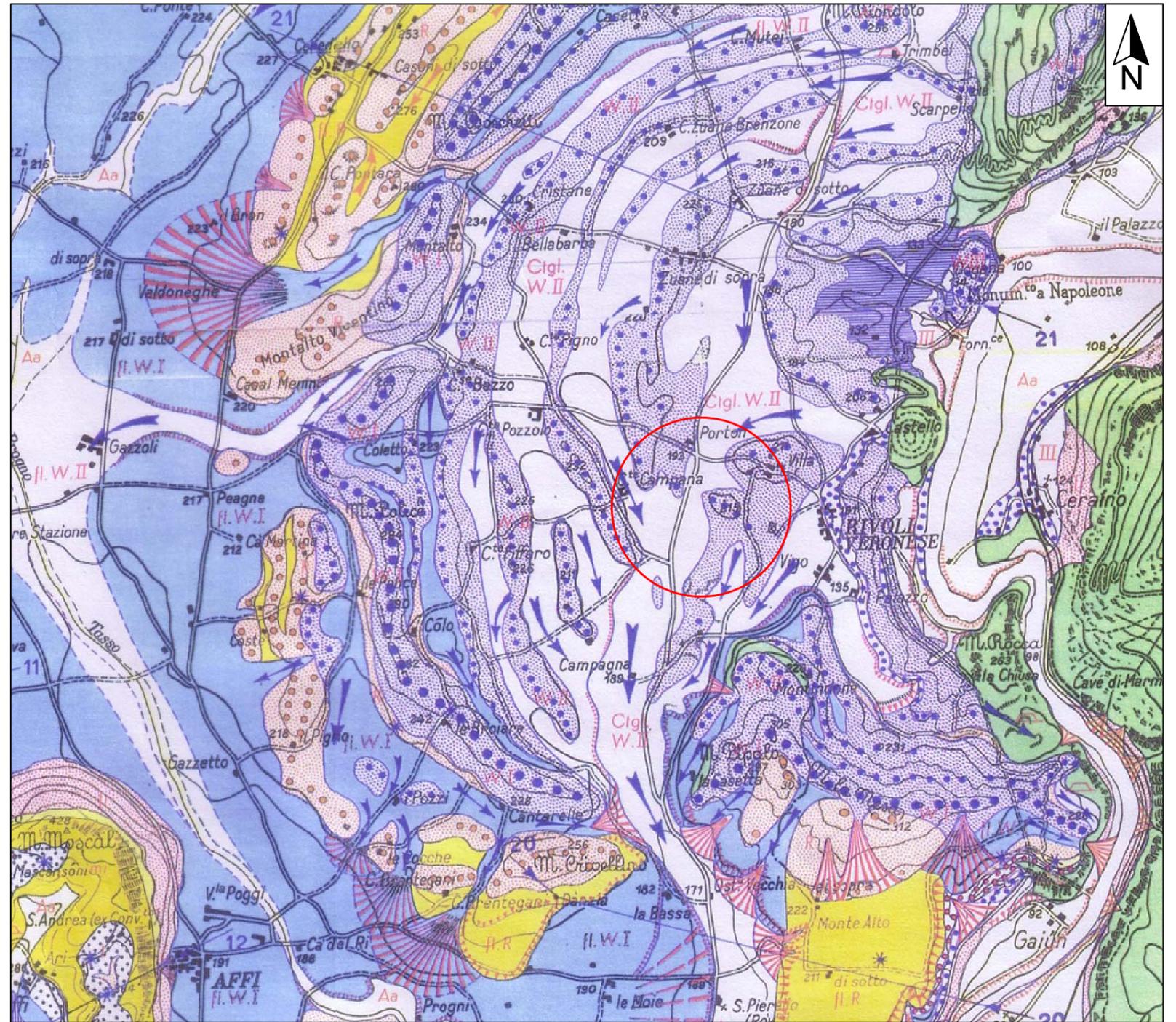
# ESTRATTO CARTA GEOLOGICA D'ITALIA

Scala 1:200.000



-  Alluvioni fluvio-glaciali e fluviali, a ghiaie grossolane con ciottoli porfirici, terrazze e raccordate con stadi tardowürmiani (Val d'Adige, Mincio). All'interno delle cerchie moreniche, sono comprensive della fase di ritiro tardo-würmiana, a sabbie e ghiaie e, talora, con morenico fangoso di fondo. **WURM RECENTE.**
-  Alluvioni fluvio-glaciali e pluvio-fluviali, prevalentemente sabbiose, con strato di alterazione brunastro, di spessore limitato. Pluviale würmiano (pi\*) esterno all'ambito glaciale con conoidi (Pesina-Capripino). Costituiscono la media pianura generalmente a valle della zona delle risorgive e si raccordano con le cerchie moreniche del massimo würmiano. **WURM.**
-  Morene ghiaiose bianche, con terreno di alterazione bruno. Cerchie moreniche interne all'anfiteatro del Garda e testimoni di cerchie nella bassa Valle dell'Adige, a nord di Ceraino. **WURM.**
-  Frane a grossi blocchi, cementate; detrito di falda cementato, a *Helix* sp. (sud-est di Dolcè) (di\*); alti conoidi arrossati ed erosi (Val d'Adige di Peri-Dolcè) (WR); 40-60 metri (Brentino) (WR).
-  Argille rosse, di dilavamento carsico (Lumini), potenti una dozzina di metri e sfruttate talora per laterizi (Ca' Verde a monte di S. Ambrogio); sottostanti argille azzurre lacustri, con resti vegetali e selci di tipo musteriano-clactoniano. (i\*\*). Sabbie argillose, con qualche livello ciottoloso, fluvio-lacustri, terrazzate e sospese di 50 metri sull'Adige (da Ceraino a nord di Dolcè) (i\*\*). **INTERGLACIALE WURM-RISS.**
-  Alluvioni fluvio-glaciali e fluviali, ghiaiose, con terreno argilloso rossastro di alterazione superficiale. Terrazze e sospese sui 25 metri, si raccordano con le cerchie più interne del morenico Riss (Salionze, ecc.). **RISS RECENTE.**
-  Alluvioni fluvio-glaciali e fluviali, da molto grossolane a ghiaiose, con strato di alterazione superficiale argilloso, giallo-rossiccio, di ridotto spessore. Terrazze, sospese sui 30 metri, costituiscono l'alta pianura generalmente a monte della zona delle risorgive e si raccordano con le cerchie moreniche maggiori dell'anfiteatro del Garda (Lonato-Esenta, Castiglione delle Stiviere, ecc.). **RISS.**
-  Alluvioni fluvio-glaciali e fluviali, prevalentemente ghiaiose, alterate per oltre un metro in argille rossastre. Terrazze e sospese di 40 e più metri, si raccordano con le cerchie moreniche risiane più esterne dell'anfiteatro del Garda e di quello atesino di Rivoli Veronese. **RISS ANTICO.**
-  Argille lacustri singlaciali di Incaffi (i\*). Morene ghiaiose, talora debolmente cementate, con strato di alterazione argilloso, di colore rossastro o rosso, con qualche ciottolo calcareo, e dello spessore massimo di 1-2 metri. Dove il paleosuolo è dilavato, affiorano le sottostanti ghiaie bianche, anche calcaree, inalterate. Cerchie moreniche maggiori dell'anfiteatro del Garda e di quello atesino di Rivoli Veronese (m\*). **RISS.**
-  Cordone morenico.
-  Scaricatore fluvio-glaciale.

 Area in esame



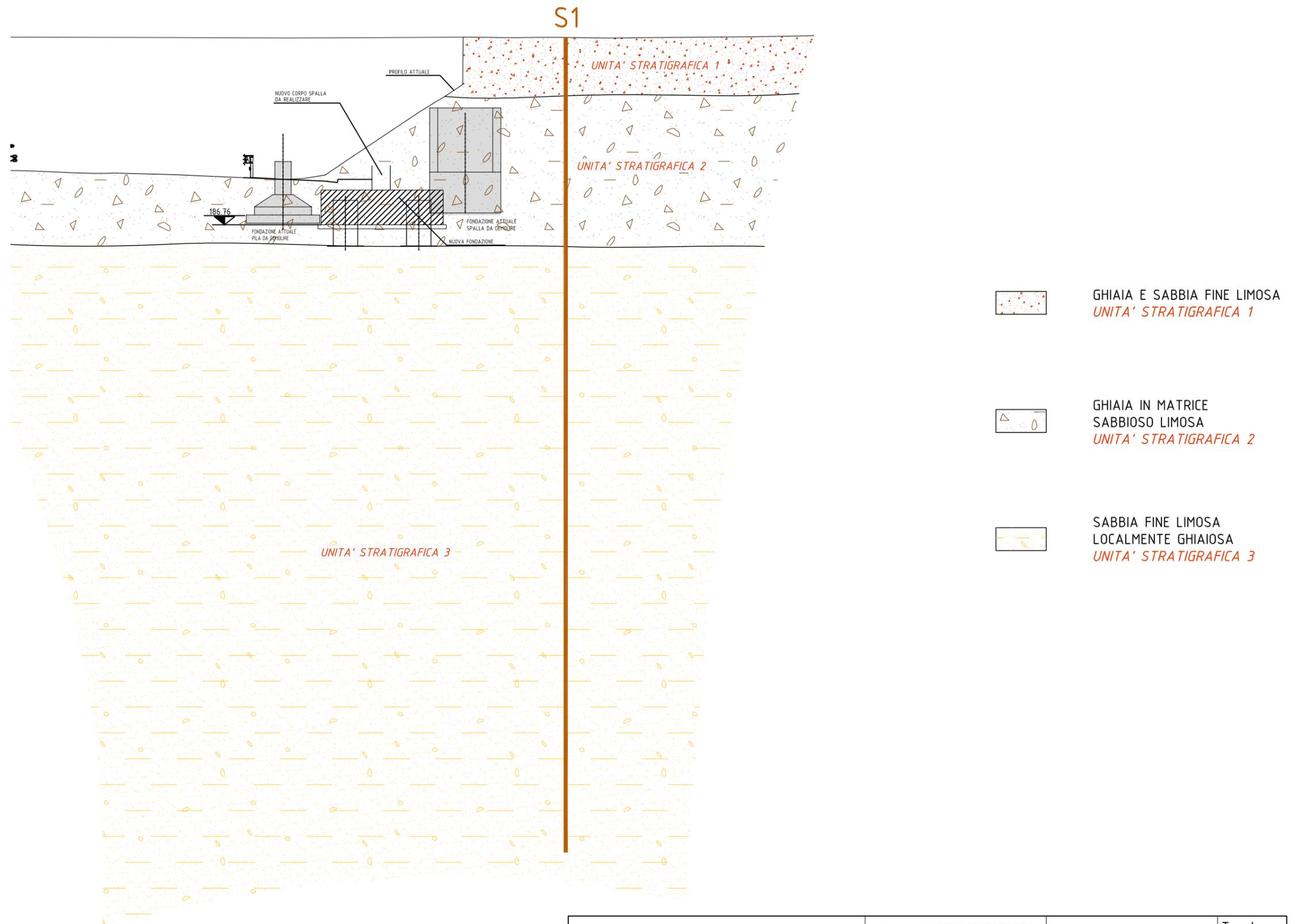
## ESTRATTO DELLA CARTA GEOLOGICA DELL'ANFITEATRO MORENICO DEL GARDA

Scala 1:25.000

-  **MIOCENE INFERIORE**, in alto, calcari teneri a Pettinadi (Langhiari); sotto, calcari e calcareniti a Sausalà, Cypriaster, Echinolompa, denti di Pesci ecc. di M. Moscat e Rocca di Garda.
  -  Soaglia rossa marcesca del Cretaceo sup.; Biancone; serie marmorea del Mala - Tilonio bianco e rosso, rose - Km meridiano a *Aspidoceras acanthicum*, rosso mandorlato, rosso-calcari gialli biancastri o bronzetti dell' *Oxfordiano*- *Calloviano*; calcari coltici (bronzettini) e *Pentaria* del Dogger; calcari grigi del *Lias* (Val d'Adige di Dolcè).
  -  **WURM**: argille lacustri singlaciali di Incaffi, sberrate dalle cerchie W. I.
-  Area in esame

<b>CARTA GEOLOGICA</b>		Studio di geotecnica e geologia applicata alla protezione dell'ambiente Büro für Geo-technik und angewandte Umweltingeologie	Data: 12/2008	Tavola:  <b>2</b>
	dott. Alessandro Bozzani dott. Annapaola Gradizzi		Scala: 1: 25.000 1: 200.000	

# SEZIONE GEOTECNICA - SPALLA DX - SOVRAPPASSO 69 "RIVOLI"



SEZIONE GEOTECNICA  
SPALLA DX  
SOVRAPPASSO 69 "RIVOLI"



dott. Alessandro Bozzani  
dott. Annapaola Gradizzi

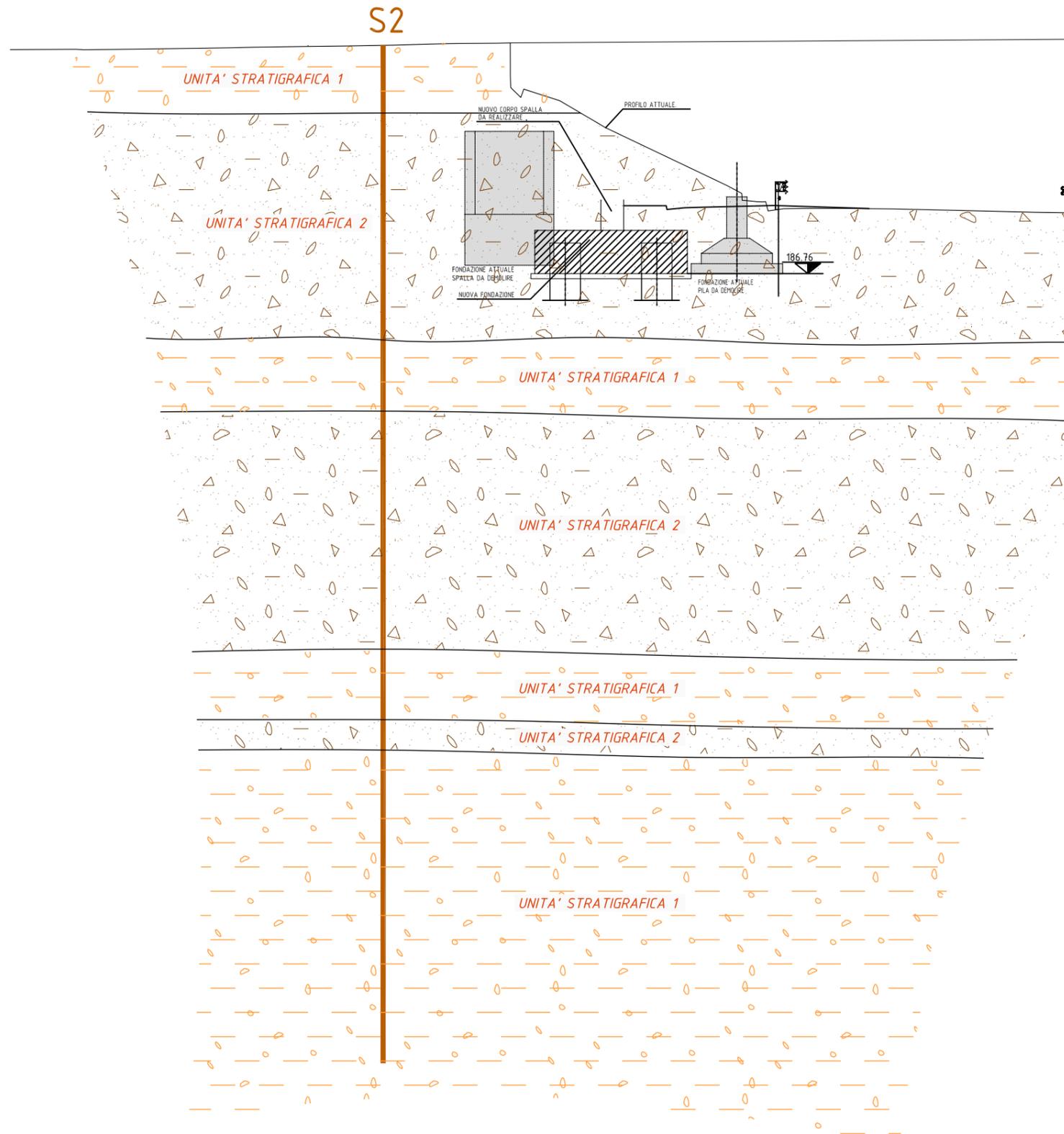
Data: 12/2008

Scala: 1: 200

Tavola:

**3A**

# SEZIONE GEOTECNICA - SPALLA SX - SOVRAPPASSO 69 "RIVOLI"



LIMO SABBIOSO  
CON GHIAIA SPARSA  
*UNITA' STRATIGRAFICA 1*



GHIAIA MEDIO GROSSOLANA IN  
MATRICE SABBIOSO - LIMOSA  
TALORA PREDOMINANTE  
*UNITA' STRATIGRAFICA 2*

SEZIONE GEOTECNICA  
SPALLA SX  
SOVRAPPASSO 69 "RIVOLI"



dott. Alessandro Bozzani  
dott. Annapaola Gradizzi

Data: 11/2008

Scala: 1: 200

Tavola:

**3B**