





**INTERVENTI DI ADEGUAMENTO DELLA DIGA DI GIUDEA  
A GELLO NEL COMUNE DI PISTOIA (PT)**



**PROGETTO DEFINITIVO**

Elaborato	Nome Elaborato:	Scala:
<b>ET12</b>	<b>RELAZIONE INTERVENTI STABILIZZAZIONE SPONDA SINISTRA</b>	-
		Data:
		09/10/2020

Settore:  Sede Firenze Via de Sanctis, 49 Cod. Fiscale e P.I. 06111950488 <small>Organizzazione dotata di Sistema di Gestione Integrato certificato in conformità alla normativa ISO9001 - ISO14001 - OHSAS18001 - SA8000</small>	
<b>PROGETTAZIONE :</b> <b>PROGETTISTA - PROJECT MANAGER :</b> ING. GIOVANNI SIMONELLI <b>GEOLOGO:</b> DOTT. GEOL. FILIPPO LANDINI <b>ESPROPRI:</b> GEOM. ANDREA PATRIARCHI	<b>COLLABORATORI :</b> DOTT. GEOL. CARLO FERRI GEOM. MATTEO MASI
<b>CONSULENTI TECNICI :</b>  ING. DAVID SETTESOLDI  DOTT. GEOL. SIMONE FIASCHI  ING. GIOVANNI CANNATA	<b>COMMESSA I.T. :</b> INGT-TPLPD-PBAAC252 <b>RESPONSABILE COMMITTENTE :</b> ING. CRISTIANO AGOSTINI
<b>DIRETTORE TECNICO INGEGNERIE TOSCANI :</b> ING. ANDREA DE CATERINI	<b>RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO :</b> ING. LEONARDO ROSSI

Rev.	Data	Descrizione / Motivo della revisione	Redatto	Controllato / Approvato
01	09/10/2020	Prima Emissione	Pianigiani	Settesoldi



## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI .....</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>PROFILO DELLA LINEA DI FILTRAZIONE .....</b>	<b>6</b>
<b>5</b>	<b>PARAMETRI SISMICI .....</b>	<b>7</b>
<b>6</b>	<b>DESCRIZIONE DEI METODI DI CALCOLO .....</b>	<b>8</b>
6.1	METODO DI BISHOP .....	8
<b>7</b>	<b>VERIFICHE DELLO STATO ATTUALE .....</b>	<b>10</b>
7.1	CONDIZIONI DI VERIFICA .....	10
7.2	SINTESI RISULTATI .....	10
<b>8</b>	<b>INTERVENTI DI PROGETTO .....</b>	<b>12</b>
<b>9</b>	<b>VERIFICHE DELLO STATO DI PROGETTO .....</b>	<b>15</b>
9.1	CONDIZIONI DI VERIFICA .....	15
9.2	SINTESI RISULTATI .....	15

## ELENCO FIGURE

Figura 2-1 – Planimetria sezioni di verifica.....	3
Figura 2-2 – Profilo stratigrafico sezioni dello stato attuale .....	4
Figura 4-1 – Profilo della linea di filtrazione per lo stato attuale.....	6
Figura 4-2 – Profilo della linea di filtrazione per lo stato di progetto .....	6
Figura 8-1 – Profilo stratigrafico sezioni dello stato di progetto.....	13
Figura 8-2 – Planimetria degli interventi in sponda sinistra.....	14

## ELENCO TABELLE

Tabella 3-1 – Parametri geotecnici caratteristici.....	5
Tabella 5-1 – Parametri sismici di base e dipendenti.....	7
Tabella 7-1 – Verifiche di stabilità dello stato di progetto condotte secondo N.T.C. 2018 per la sezione <b>VS_02</b> .....	10
Tabella 7-2 – Verifiche di stabilità dello stato di progetto condotte secondo N.T.C. 2018 per la sezione <b>VS_03</b> .....	11
Tabella 7-3 – Verifiche di stabilità dello stato di progetto condotte secondo N.T.C. 2018 per la sezione <b>VS_04</b> .....	11
Tabella 9-1 – Verifiche di stabilità dello stato di progetto condotte secondo N.T.C. 2018 per la sezione <b>VS_02</b> .....	15
Tabella 9-2 – Verifiche di stabilità dello stato di progetto condotte secondo N.T.C. 2018 per la sezione <b>VS_03</b> .....	16
Tabella 9-3 – Verifiche di stabilità dello stato di progetto condotte secondo N.T.C. 2018 per la sezione <b>VS_04</b> .....	16

## 1 PREMESSA

Nel presente documento si riportano la metodologia ed i risultati ottenuti dalle verifiche di stabilità relative alla **sponda sinistra dell'invaso**, la quale è stata interessata, negli anni '90, da eventi franosi. Attualmente sulla sponda è presente il residuo stabilizzato del corpo di frana, poiché il terreno franato negli anni è stato asportato.

In particolare sulla sponda sinistra sono eseguite le **verifiche di stabilità dello stato attuale**, al fine di indagare l'instabilità e le criticità del versante.

I risultati ottenuti hanno permesso di definire gli interventi da eseguire sulla sponda.

Gli **interventi** volti a garantire la stabilità della sponda prevedono di:

- *asportare il residuo stabilizzato del corpo di frana;*
- *realizzare degli ammorsamenti a gradoni;*
- *riprofilare la sponda mediante scavo e riporto di materiale idoneo, con riduzione e regolarizzazione della pendenza del versante.*

Al fine di scongiurare fenomeni di erosione legati alle acque meteoriche, provenienti anche dalla strada presente sulla sommità della sponda, è prevista una *sistemazione idraulica mediante regimazione delle acque ed inerbimento*.

Sulla sponda sono condotte quindi le **verifiche di stabilità dello stato di progetto**.

Il *modello geotecnico* della sponda è stato ricostruito utilizzando i risultati riportati negli elaborati di natura geologica, geologico-tecnica e sulle campagne geognostiche dirette, indirette nonché sulle risultanze delle indagini di laboratorio condotte.

Nella **Figura 2-1** – si riporta la **planimetria del corpo diga di progetto** con la rappresentazione delle sezioni di verifica, mentre nella **Figura 2-2** sono rappresentati i **profili delle sezioni dello stato attuale** con le stratigrafie dei terreni della sponda.

Le **verifiche di stabilità** sono condotte con il programma *Stap Terreni 14.0* della *Aztec* su n. **3 sezioni rappresentative** della sponda (codici: VS\_02; VS\_03; VS\_04).

## 2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Tutte le verifiche sono condotte nel rispetto della normativa vigente:

- **Legge n. 64 del 02/02/1974**  
Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- **D.M. LL.PP. del 11/03/1988**  
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.
- **D.M. 16 Gennaio 1996**  
Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche.
- **Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.**  
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996.
- **Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.**  
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996.
- **Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 (D.M. 14 Gennaio 2008)**
- **Circolare 617 del 02/02/2009**  
Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008.
- **Norme Tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta (D.M. 26 Giugno 2014)**
- **Norme tecniche per le costruzioni (D.M. 17 Gennaio 2018)**
- **Istruzioni MIT DG Dighe Luglio 2019**  
Istruzioni per l'applicazione della normativa tecnica di cui al D.M. 26 Giugno 2014 e al D.M. 17 Gennaio 2018 in merito alle verifiche sismiche delle grandi dighe, degli scarichi e delle opere accessorie.
- **Procedura MIT DG Dighe Marzo 2019**  
Procedura per la rivalutazione sismica delle grandi dighe, degli scarichi e delle opere accessorie.
- **Circolare n. 7 del 21/01/2019**  
Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018.



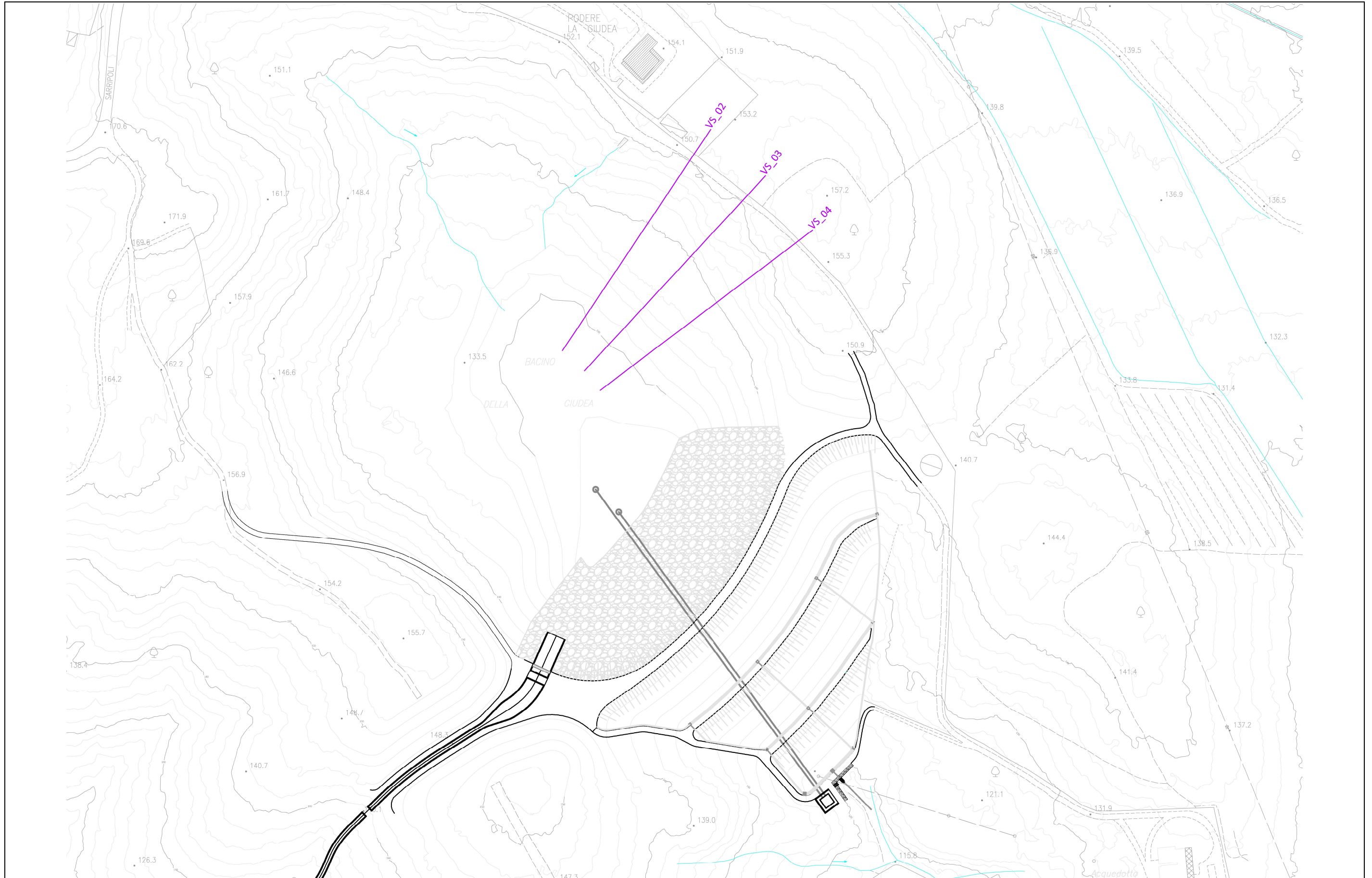


Figura 2-1 – Planimetria sezioni di verifica

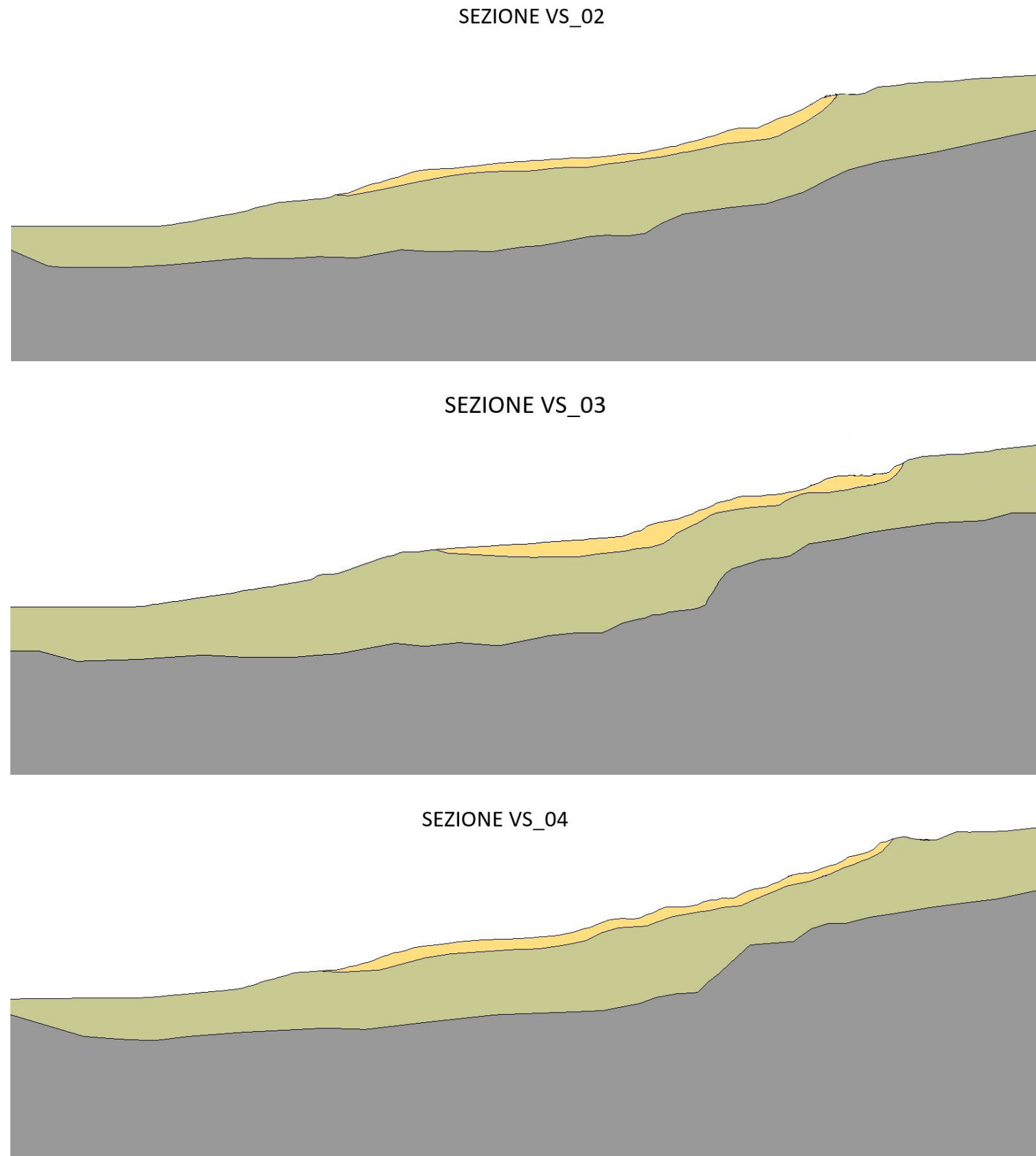


Figura 2-2 – Profilo stratigrafico sezioni dello stato attuale



### 3 PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI

Come riportato negli elaborati *ET.04a* ed *ET.04h*, la caratterizzazione parametrica dei materiali della stratigrafia è basata sulle risultanze delle indagini geognostiche in sito e di laboratorio appositamente eseguite per l'intervento in oggetto e dal punto di vista geotecnico la sponda è suddivisa nei seguenti strati (Figura 2-2):

- **frana:** strato superficiale costituito dal residuo stabilizzato del corpo di frana;
- **substrato alterato:** strato sub-superficiale al di sotto del corpo di frana, le cui caratteristiche sono state alterate dagli eventi franosi;
- **substrato:** sottofondo.

Oltre ai terreni degli strati, la sponda è composta, nello stato di progetto, dal terreno di riporto per la riprofilatura. Per realizzare tale intervento è stato previsto il riutilizzo del terreno della sub-unità AL derivante dallo sbassamento del corpo diga.

I parametri geotecnici caratteristici di tutti i materiali impiegati nelle verifiche di stabilità sono riassunti nella Tabella 3-1.

Strati	Peso di volume [kN/m <sup>3</sup> ]	Peso di volume saturo [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi'$ [°]	$c'$ [kPa]	$c_u$ [kPa]	Retino
<i>Frana</i>	18.3	18.3	14.3	0	40	
<i>Substrato alterato</i>	20.68	20.68	23.4	22	100	
<i>Substrato</i>	21.27	21.27	23.6	24	146	
<i>Terreno di riporto Sub-unità AL</i>	18.99	18.99	24.2	23	76	

Tabella 3-1 – Parametri geotecnici caratteristici

## 4 PROFILO DELLA LINEA DI FILTRAZIONE

Nella ricostruzione del modello con cui effettuare le verifiche è considerato, cautelativamente, che l'invaso abbia la quota di massimo invaso e che la sponda sia totalmente immersa fino alla medesima quota. Come mostrato in Figura 4-1 la quota di massima regolazione nello stato attuale è di 148.30 m s.l.m., mentre nello stato di progetto è di 140.30 m s.l.m., come mostrato in Figura 4-2.

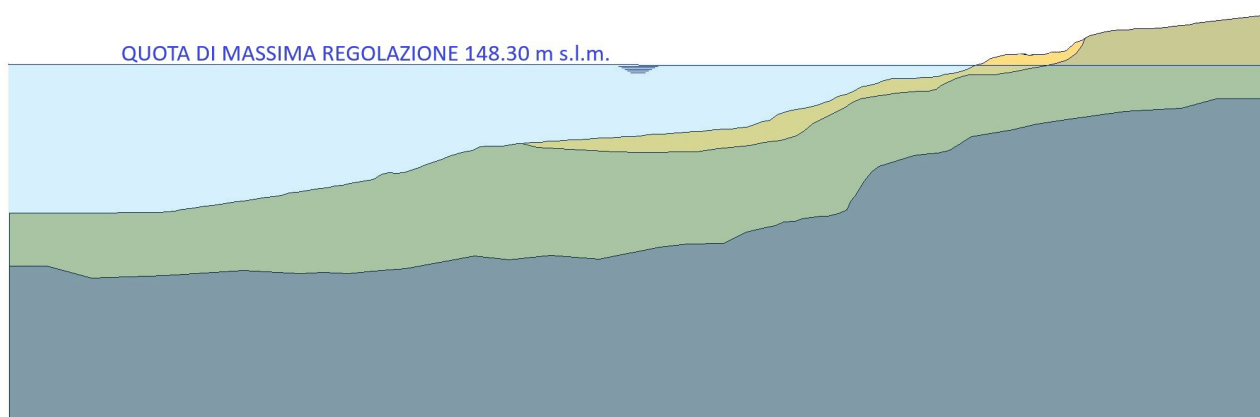


Figura 4-1 – Profilo della linea di filtrazione per lo stato attuale

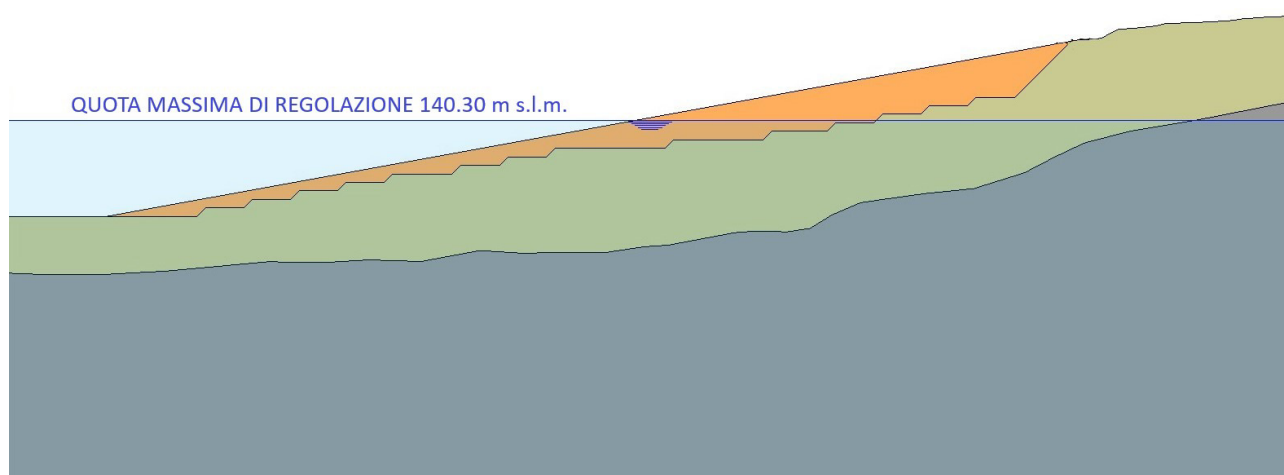


Figura 4-2 – Profilo della linea di filtrazione per lo stato di progetto

## 5 PARAMETRI SISMICI

Le verifiche sismiche sono condotte, per ogni stato limite, utilizzando i parametri sismici di base  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_c^*$ , i parametri sismici dipendenti  $S$ ,  $T_B$ ,  $T_C$ , secondo quanto indicato nell'elaborato ET.04b.

Stato limite	$P_{Vr}$ [%]	$T_r$ [anni]	$a_g/g$	$a_g$ [m/s <sup>2</sup> ]	$F_0$	$T_c^*$ [s]	$S$	$T_B$ [s]	$T_C$ [s]
<i>SLD</i>	63	201	0.126	1.236	2.414	0.279	1.472	0.117	0.219
<i>SLV</i>	10	1898	0.274	2.687	2.398	0.309	1.377	0.141	0.260

Tabella 5-1 – Parametri sismici di base e dipendenti

Il coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito  $\beta_s$  è assunto pari a **0.38** nelle verifiche dello stato limite ultimo (*SLV*) e pari a **0.47** in quelle dello stato limite di esercizio (*SLD*), secondo quanto riportato al punto 7.11.4 delle N.T.C. 2018.

## 6 DESCRIZIONE DEI METODI DI CALCOLO

Le verifiche di stabilità sono condotte con il programma *STAP 14.0* prodotto dalla *Aztec Informatica*.

Le verifiche di stabilità sono eseguite con il **metodo di Bishop**.

Viene usata la **tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare**.

In particolare il programma esamina un numero di superfici che dipende dalle impostazioni fornite (impostazione delle superfici di rottura, condizioni di esclusione, numero di superfici analizzate) e che sono riportate nella corrispondente sezione negli elaborati ET.08a, ET.08b ed ET.08c "Tabulati delle verifiche di stabilità". Il processo iterativo permette di determinare il coefficiente di sicurezza di tutte le superfici analizzate.

Nella descrizione dei metodi di calcolo si adotterà la seguente simbologia:

- $l$  lunghezza della base della striscia
- $\alpha$  angolo della base della striscia rispetto all'orizzontale
- $b$  larghezza della striscia  $b = l \times \cos(\alpha)$
- $\phi$  angolo di attrito lungo la base della striscia
- $c$  coesione lungo la base della striscia
- $\gamma$  peso di volume del terreno
- $u$  pressione neutra
- $W$  peso della striscia
- $N$  sforzo normale alla base della striscia
- $T$  sforzo di taglio alla base della striscia
- $E_s, E_d$  forze normali di interstriscia a sinistra e a destra
- $X_s, X_d$  forze tangenziali di interstriscia a sinistra e a destra
- $E_a, E_b$  forze normali di interstriscia alla base ed alla sommità del pendio
- $\Delta X$  variazione delle forze tangenziali sulla striscia  $\Delta X = X_d - X_s$
- $\Delta E$  variazione delle forze normali sulla striscia  $\Delta E = E_d - E_s$

### 6.1 METODO DI BISHOP

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di *Bishop* semplificato è espresso secondo la seguente formula:

$$F = \frac{\sum_i \left[ \frac{c_i b_i + (N_i / \cos(\alpha_i) - u_i b_i) \tan(\phi_i)}{m} \right]}{\sum_i W_i \sin(\alpha_i)}$$

dove il termine  $m$  è espresso da:

$$m = \left( 1 + \frac{\tan(\phi_i) \cdot \tan(\alpha_i)}{F} \right) \cos(\alpha_i)$$

in cui  $n$  è il numero delle strisce considerate,  $b_i$  e  $\alpha_i$  sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia  $i$ -esima rispetto all'orizzontale,  $W_i$  è il peso della striscia  $i$ -esima,  $c_i$  e  $\phi_i$  sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia e  $u_i$  è la pressione neutra lungo la base della striscia.

L'espressione del coefficiente di sicurezza di *Bishop* semplificato contiene al secondo membro il termine  $m$  che è funzione di  $F$ .

Quindi, essa viene risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per  $F$  da inserire nell'espressione di  $m$  ed iterare fin quando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

## 7 VERIFICHE DELLO STATO ATTUALE

Le verifiche di stabilità sono condotte in n. **3 sezioni** riportate nella planimetria di Figura 2-1 –.

### 7.1 CONDIZIONI DI VERIFICA

Per ciascuna sezione sono individuate n. **4 verifiche**:

- **Verifica 01:** verifica a lungo termine tensioni efficaci; carico in corrispondenza della strada 2000 kg/m<sup>2</sup>; senza sisma; invaso alla quota di massima regolazione.
- **Verifica 02:** verifica a breve termine tensioni totali; carico in corrispondenza della strada 2000 kg/m<sup>2</sup>; con sisma SLD; invaso alla quota di massima regolazione.
- **Verifica 03:** verifica a breve termine tensioni totali; carico in corrispondenza della strada 2000 kg/m<sup>2</sup>; con sisma SLV; invaso alla quota di massima regolazione.
- **Verifica 04:** verifica a breve termine tensioni totali; carico in corrispondenza della strada 2000 kg/m<sup>2</sup>; senza sisma; svaso rapido del serbatoio.

Le verifiche sono condotte sia a breve sia a lungo termine, considerando le azioni sismiche (SLD e SLV) e tenendo conto del diverso livello idrometrico dell'invaso. Per quanto riguarda quest'ultimo, date le frequenti oscillazioni, sono state analizzate le condizioni estreme, ovvero il caso in cui l'invaso si trova alla quota di massima regolazione e lo svaso rapido del serbatoio. Nelle verifiche sono stati introdotti i carichi sulla strada, in ragione del fatto che nella fase di realizzazione degli interventi essa sarà interessata dal traffico dei mezzi pesanti.

### 7.2 SINTESI RISULTATI

Nella

n. [#]	Sponda	Cond. idrauliche	Sisma	Condizioni	Fs Bishop	N.T.C. 2018
						$\gamma_R$
01	Sinistra	Massimo invaso	Senza	Drenate	<b>0.378</b>	1.1
02	Sinistra	Massimo invaso	SLD	Non drenate	1.986	1.2
03	Sinistra	Massimo invaso	SLV	Non drenate	1.623	1.2
04	Sinistra	Svaso rapido	Senza	Non drenate	1.689	1.1

Tabella 7-1 sono riassunti i risultati conseguiti dalle verifiche di stabilità eseguite per la sezione VS\_02, nella

n. [#]	Sponda	Cond. idrauliche	Sisma	Condizioni	Fs Bishop	N.T.C. 2018
						$\gamma_R$
01	Sinistra	Massimo invaso	Senza	Drenate	<b>0.460</b>	1.1
02	Sinistra	Massimo invaso	SLD	Non drenate	2.110	1.2
03	Sinistra	Massimo invaso	SLV	Non drenate	1.599	1.2
04	Sinistra	Svaso rapido	Senza	Non drenate	1.634	1.1

Tabella 7-2 quelli ottenuti per la sezione VS\_03 e nella

n.	Sponda	Cond.	Sisma	Condizioni	Fs	N.T.C. 2018
----	--------	-------	-------	------------	----	-------------

[#]		idrauliche			<i>Bishop</i>	$\gamma_R$
01	Sinistra	Massimo invaso	Senza	Drenate	<b>0.471</b>	1.1
02	Sinistra	Massimo invaso	SLD	Non drenate	1.986	1.2
03	Sinistra	Massimo invaso	SLV	Non drenate	1.600	1.2
04	Sinistra	Svaso rapido	Senza	Non drenate	1.524	1.1

Tabella 7-3 quelli determinati per la sezione VS\_04.

La **sezione VS 02** è quella risultata **maggiormente critica**, ovvero la sezione VS 02 risulta contraddistinta da valori di sicurezza minori **nella verifica a lungo termine**.

Dall'analisi dei risultati si evince che **la sponda sinistra allo stato attuale non rispetta i coefficienti di sicurezza previsti dalle N.T.C. 2018 per le verifiche a lungo termine.**

n. [#]	Sponda	Cond. idrauliche	Sisma	Condizioni	<i>F<sub>s</sub></i> <i>Bishop</i>	N.T.C. 2018
						$\gamma_R$
01	Sinistra	Massimo invaso	Senza	Drenate	<b>0.378</b>	1.1
02	Sinistra	Massimo invaso	SLD	Non drenate	1.986	1.2
03	Sinistra	Massimo invaso	SLV	Non drenate	1.623	1.2
04	Sinistra	Svaso rapido	Senza	Non drenate	1.689	1.1

Tabella 7-1 – Verifiche di stabilità dello stato di progetto condotte secondo N.T.C. 2018 per la sezione **VS\_02**



n. [#]	Sponda	Cond. idrauliche	Sisma	Condizioni	Fs Bishop	N.T.C. 2018
						$\gamma_R$
01	Sinistra	Massimo invaso	Senza	Drenate	<b>0.460</b>	1.1
02	Sinistra	Massimo invaso	SLD	Non drenate	2.110	1.2
03	Sinistra	Massimo invaso	SLV	Non drenate	1.599	1.2
04	Sinistra	Svaso rapido	Senza	Non drenate	1.634	1.1

Tabella 7-2 – Verifiche di stabilità dello stato di progetto condotte secondo N.T.C. 2018 per la sezione VS\_03

n. [#]	Sponda	Cond. idrauliche	Sisma	Condizioni	Fs Bishop	N.T.C. 2018
						$\gamma_R$
01	Sinistra	Massimo invaso	Senza	Drenate	<b>0.471</b>	1.1
02	Sinistra	Massimo invaso	SLD	Non drenate	1.986	1.2
03	Sinistra	Massimo invaso	SLV	Non drenate	1.600	1.2
04	Sinistra	Svaso rapido	Senza	Non drenate	1.524	1.1

Tabella 7-3 – Verifiche di stabilità dello stato di progetto condotte secondo N.T.C. 2018 per la sezione VS\_04

I tabulati delle verifiche di stabilità dello stato attuale sono riportati nell'elaborato ET.12a.

## 8 INTERVENTI DI PROGETTO

Gli interventi di progetto sono definiti sia al fine di garantire la stabilità della sponda, sia a evitare ruscellamento per azione delle acque meteoriche scolanti.

Gli **interventi volti a garantire la stabilità della sponda** consistono nella realizzazione delle seguenti operazioni:

- asportazione del materiale residuo stabilizzato del corpo di frana, per rimuovere tutta la porzione di terreno le cui caratteristiche meccaniche sono degradate;
- realizzazione degli ammorsamenti a gradoni, propedeutica alla successiva stesura del terreno di riporto;
- riprofilazione della sponda mediante scavo e riporto di materiale idoneo, con riduzione e regolarizzazione della pendenza del versante.

Il materiale per la realizzazione della riprofilazione proviene dall'abbassamento del piano di coronamento. Il riporto, opportunamente costipato e ammorsato, può raggiungere le stesse caratteristiche rilevate per il terreno della sub-unità AL del corpo diga; quindi nelle verifiche di stabilità per i parametri geotecnici del terreno di riprofilatura sono adottati parametri conservativi pari a quelli della sub-unità AL.

Nella Figura 8-1, si riporta il profilo stratigrafico delle sezioni in cui sono condotte le verifiche di stabilità nello stato di progetto.

Al fine di scongiurare fenomeni di erosione legati alle acque meteoriche, provenienti anche dalla strada presente sulla sommità della sponda, è prevista una **sistemazione idraulica mediante regimazione delle acque**. Tale sistemazione prevede la messa in opera di **tre ordini di canalette** che convogliano le acque meteoriche verso il **canale di impluvio** realizzato in massi. Gli interventi di sistemazione idraulica sono mostrati in Figura 8-2.

La sponda così sistemata sarà rifinita mediante **inerbimento**.

Al fine di *monitorare la stabilità della sponda* è previsto di realizzare **6 inclinometri**.

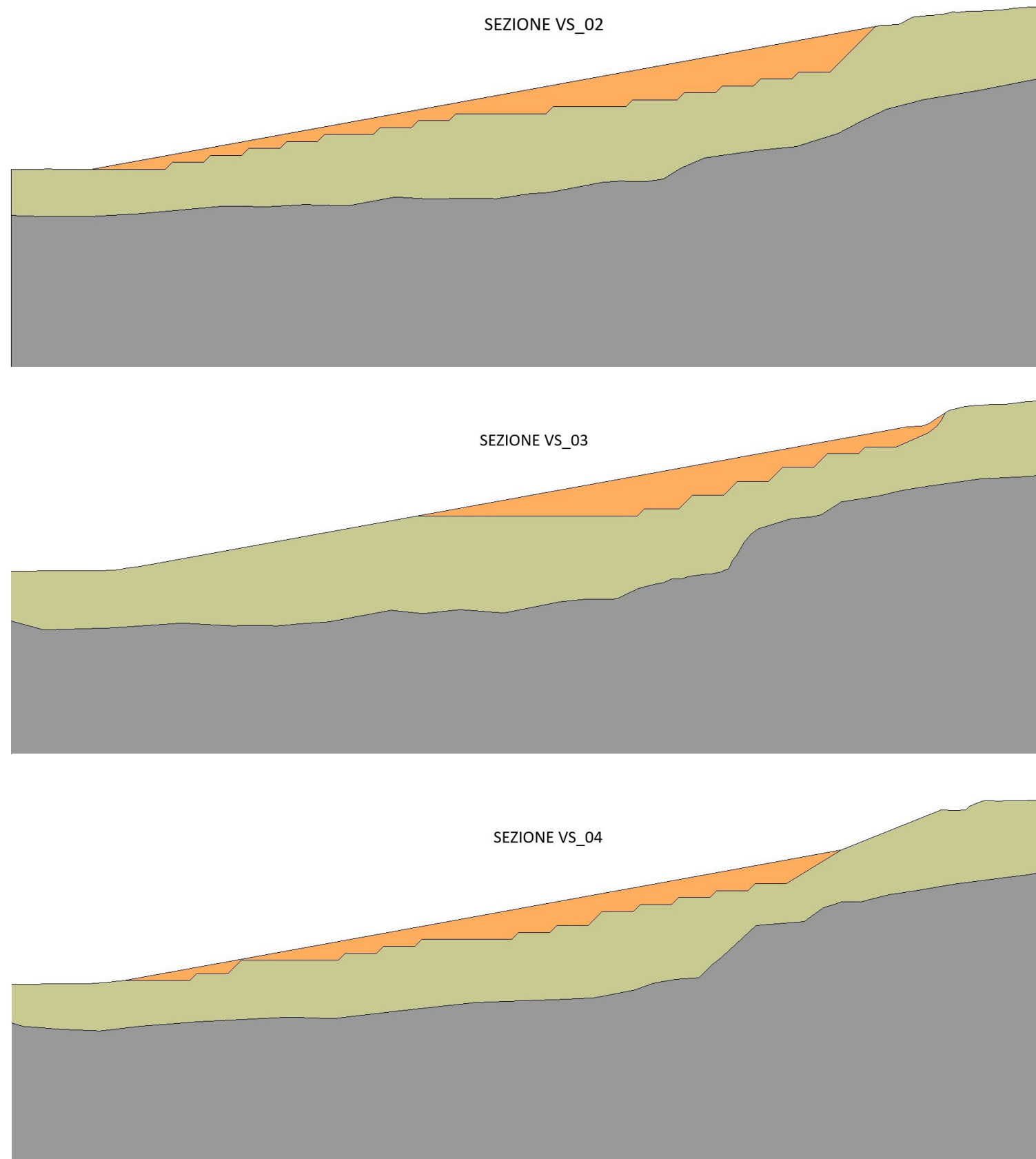


Figura 8-1 – Profilo stratigrafico sezioni dello stato di progetto

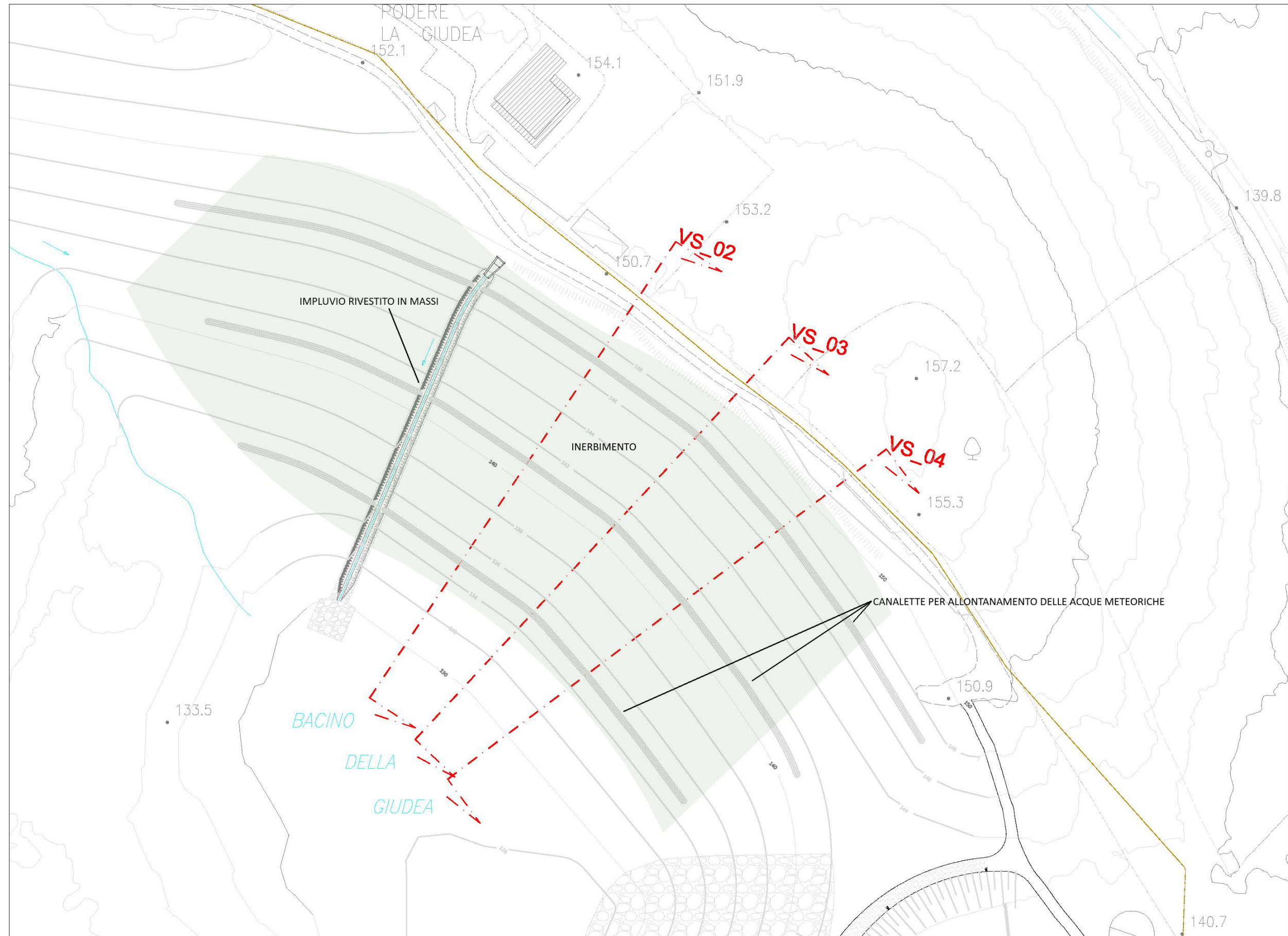


Figura 8-2 – Planimetria degli interventi in sponda sinistra

## 9 VERIFICHE DELLO STATO DI PROGETTO

Le verifiche di stabilità sono condotte nelle medesime n. **3 sezioni** indagate allo stato attuale e riportate nella planimetria di Figura 2-1 –.

### 9.1 CONDIZIONI DI VERIFICA

Per ciascuna sezione sono individuate n. **4 verifiche**:

- **Verifica 01:** verifica a lungo termine tensioni efficaci; carico in corrispondenza della strada 2000 kg/m<sup>2</sup>; senza sisma; invaso alla quota di massima regolazione.
- **Verifica 02:** verifica a breve termine tensioni totali; carico in corrispondenza della strada 2000 kg/m<sup>2</sup>; con sisma SLD; invaso alla quota di massima regolazione.
- **Verifica 03:** verifica a breve termine tensioni totali; carico in corrispondenza della strada 2000 kg/m<sup>2</sup>; con sisma SLV; invaso alla quota di massima regolazione.
- **Verifica 04:** verifica a breve termine tensioni totali; carico in corrispondenza della strada 2000 kg/m<sup>2</sup>; senza sisma; svaso rapido del serbatoio.

Le verifiche sono condotte sia a breve sia a lungo termine, considerando le azioni sismiche (SLD e SLV) e tenendo conto del diverso livello idrometrico dell'invaso. Per quanto riguarda quest'ultimo, date le frequenti oscillazioni, sono state analizzate le condizioni estreme, ovvero il caso in cui l'invaso si trova alla quota di massima regolazione e lo svaso rapido del serbatoio. Nelle verifiche sono stati introdotti i carichi sulla strada, in ragione del fatto che nella fase di realizzazione degli interventi essa sarà interessata dal traffico dei mezzi pesanti.

### 9.2 SINTESI RISULTATI

Nella

n. [#]	Sponda	Cond. idrauliche	Sisma	Condizioni	Fs Bishop	N.T.C. 2018
						$\gamma_R$
01	Sinistra	Massimo invaso	Senza	Drenate	<b>0.378</b>	1.1
02	Sinistra	Massimo invaso	SLD	Non drenate	1.986	1.2
03	Sinistra	Massimo invaso	SLV	Non drenate	1.623	1.2
04	Sinistra	Svaso rapido	Senza	Non drenate	1.689	1.1

Tabella 7-1 sono riassunti i risultati conseguiti dalle verifiche di stabilità eseguite per la sezione VS\_02, nella

n. [#]	Sponda	Cond. idrauliche	Sisma	Condizioni	Fs Bishop	N.T.C. 2018
						$\gamma_R$
01	Sinistra	Massimo invaso	Senza	Drenate	<b>0.460</b>	1.1
02	Sinistra	Massimo invaso	SLD	Non drenate	2.110	1.2
03	Sinistra	Massimo invaso	SLV	Non drenate	1.599	1.2
04	Sinistra	Svaso rapido	Senza	Non drenate	1.634	1.1

Tabella 7-2 quelli ottenuti per la sezione VS\_03 e nella

n. [#]	Sponda	Cond. idrauliche	Sisma	Condizioni	Fs Bishop	N.T.C. 2018
						$\gamma_R$
01	Sinistra	Massimo invaso	Senza	Drenate	<b>0.471</b>	1.1
02	Sinistra	Massimo invaso	SLD	Non drenate	1.986	1.2
03	Sinistra	Massimo invaso	SLV	Non drenate	1.600	1.2
04	Sinistra	Svaso rapido	Senza	Non drenate	1.524	1.1

Tabella 7-3 quelli determinati per la sezione VS\_04.

Dall'analisi dei risultati si evince che la sponda sinistra nello stato di progetto rispetta i coefficienti di sicurezza previsti dalle N.T.C. 2018.

n. [#]	Sponda	Cond. idrauliche	Sisma	Condizioni	Fs Bishop	N.T.C. 2018
						$\gamma_R$
01	Sinistra	Massimo invaso	Senza	Drenate	2.254	1.1
02	Sinistra	Massimo invaso	SLD	Non drenate	1.891	1.2
03	Sinistra	Massimo invaso	SLV	Non drenate	1.491	1.2
04	Sinistra	Svaso rapido	Senza	Non drenate	1.737	1.1

Tabella 9-1 – Verifiche di stabilità dello stato di progetto condotte secondo N.T.C. 2018 per la sezione VS\_02

n. [#]	Sponda	Cond. idrauliche	Sisma	Condizioni	Fs Bishop	N.T.C. 2018
						$\gamma_R$
01	Sinistra	Massimo invaso	Senza	Drenate	2.156	1.1
02	Sinistra	Massimo invaso	SLD	Non drenate	1.646	1.2
03	Sinistra	Massimo invaso	SLV	Non drenate	1.496	1.2
04	Sinistra	Svaso rapido	Senza	Non drenate	1.708	1.1

Tabella 9-2 – Verifiche di stabilità dello stato di progetto condotte secondo N.T.C. 2018 per la sezione VS\_03

n. [#]	Sponda	Cond. idrauliche	Sisma	Condizioni	Fs Bishop	N.T.C. 2018
						$\gamma_R$
01	Sinistra	Massimo invaso	Senza	Drenate	1.973	1.1
02	Sinistra	Massimo invaso	SLD	Non drenate	1.584	1.2
03	Sinistra	Massimo invaso	SLV	Non drenate	1.457	1.2
04	Sinistra	Svaso rapido	Senza	Non drenate	1.636	1.1

Tabella 9-3 – Verifiche di stabilità dello stato di progetto condotte secondo N.T.C. 2018 per la sezione VS\_04

I tabulati delle verifiche di stabilità dello stato di progetto sono riportati nell'elaborato ET.12a.