

## NODO STRADALE E AUTOSTRADALE DI GENOVA

Adeguamento del sistema  
A7 - A10 - A12

Lotto 1B - Opere propedeutiche - Secondo stralcio

### PROGETTO ESECUTIVO

#### CN - CANTIERIZZAZIONI



#### VIABILITA' DI CANTIERE

VS011 - Accesso piazzale Gall. Delle Grazie

INTERVENTO DI RIPRISTINO  
RELAZIONE DESCRITTIVA OPERE DI RIPRISTINO

IL PROGETTISTA SPECIALISTICO  Arch. Enrico Francesconi Ord. Arch. Milano n.16888  RESPONSABILE ARCHITETTURA E PAESAGGIO	IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE  Ing. Michele Pastorino Ord. Ingg. Savona N. A1104	IL DIRETTORE TECNICO  Ing. Orlando Mazza Ord. Ingg. Pavia N. 1496  PROGETTAZIONE NUOVE OPERE AUTOSTRADALI
---	--	--

CODICE IDENTIFICATIVO											ORDINATORE
RIFERIMENTO PROGETTO			RIFERIMENTO DIRETTORIO				RIFERIMENTO ELABORATO				
Codice Commessa	Lotto, Sub-Prog. Cod. Appalto	Fase	Capitolo	Paragrafo	W B S	Parte d'opera	Tip.	Disciplina	Progressivo	Rev.	--
110721	LL1B	PE	CN	VCN	VS011	RPS00	RAUA	4251	-2		SCALA -

 gruppo Atlantia	PROJECT MANAGER:		SUPPORTO SPECIALISTICO:				REVISIONE	
	Ing. Sara Frisiani Ord. Ingg. Genova N. 9810A		 PRJ ENGINEERING - STUDIO TECNICO ASSOCIATO DEGLI ARCH. L. FANTINI E D. BOSATRA Via Della Resistenza n.129/B 20090 Buccinasco (MI) Tel. +39 02 45713271 team@prj-engineering.com				n.	data
							0	GIUGNO 2018
	REDATTO:		VERIFICATO:				1	NOVEMBRE 2018
							2	FEBBRAIO 2019
3							-	
						4	-	

VISTO DEL COMMITTENTE    IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO Ing. Alberto Selleri	VISTO DEL CONCEDENTE    <b>Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti</b> DIPARTIMENTO PER LE INFRASTRUTTURE, GLI AFFARI GENERALI ED IL PERSONALE STRUTTURA DI VIGILANZA SULLE CONCESSIONARIE AUTOSTRADALI
--	---

---

## Sommario

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>INQUADRAMENTO GENERALE .....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>LINEE GUIDA DI PROGETTAZIONE .....</b>	<b>1</b>
3.1	PREMESSA.....	1
3.2	SOLUZIONI PROGETTUALI PREVISTE .....	1
3.3	CORPO DEL RILEVATO.....	3
<b>4</b>	<b>PROGETTO DI RIPRISTINO VIABILITÀ DI SERVIZIO .....</b>	<b>6</b>
4.1	VS011 – VIABILITÀ DI SERVIZIO VOLTRI .....	6
4.2	TABULATI DI CALCOLO PER VOLUMI DI SCAVO E RIPORTO .....	6
<b>5</b>	<b>VERIFICA GEOTECNICA DI STABILITÀ GLOBALE DEL RILEVATO.....</b>	<b>16</b>

---

## 1 PREMESSA

La presente relazione si riferisce al Lotto 1B del progetto esecutivo dell'intervento di adeguamento del sistema autostradale A7 – A10 – A12 nell'area genovese.

Il progetto prevede la realizzazione di un nuovo collegamento autostradale di interconnessione tra la A10 Genova – Ventimiglia, A26 Genova – Gravelona Toce, la A7 Milano – Genova e la A12 Genova – Livorno. Tale collegamento comprende tratti autostradali che si sviluppano all'aperto, in viadotto e in galleria.

L'oggetto della presente relazione riguarda il ripristino morfologico della viabilità di servizio VS011 "Accesso piazzale Galleria Delle Grazie".

Il presente documento, a corredo degli elaborati progettuali allegati, ha lo scopo di descrivere:

- l'inquadramento generale delle opere di progetto
- le linee guida di progettazione e le soluzioni adottate
- il progetto di ripristino delle viabilità di servizio oggetto di questa relazione

## 2 INQUADRAMENTO GENERALE

La Gronda di Genova è un nuovo tratto autostradale a due corsie per senso di marcia che realizzerà il raddoppio dell'esistente A10 Genova-Savona nel tratto di attraversamento del Comune di Genova, potenziando le sezioni dell'A7 e A12 comprese tra gli svincoli di Genova Est, Genova Ovest e Bolzaneto. Il nuovo sistema viario si sviluppa quasi interamente in sotterraneo, per la particolare conformazione morfologica del territorio, prevedendo 25 gallerie, per un totale di circa 50 km di tracciato in sotterraneo, con sezioni variabili dai 12 mq di diametro dei cunicoli di emergenza, ai 200 mq delle TBM che scaveranno il raddoppio della A10, per arrivare ai 500 mq dei cameroni di interconnessione tra gli assi autostradali.

Partendo da Genova Est e da Genova Ovest il tracciato passa subito in sotterraneo: le gallerie convergono verso la Val Torbella, dove i nuovi assi autostradali sovrappassano all'aperto la A12 e rientrano in sotterraneo fino a Bolzaneto. In questa zona i diversi percorsi si unificano e si dirigono verso Ovest, superando in viadotto la Val Polcevera. Dopo la prima lunga galleria si attraversa il tratto all'aperto della Val Varenna; segue una seconda galleria fino in Val Leira a Voltri, dove il tracciato presenta una quota più alta del terreno in fondovalle ed oltrepassa le incisioni dei torrenti Leira e Cerusa su viadotto. Le due vallate sono separate da un monte (quello su cui sorge il Santuario della Madonna delle Grazie) che richiede l'attraversamento con una breve galleria. Un ultimo tunnel consente di raggiungere il termine del progetto in prossimità di Vesima, dove il tracciato si ricongiunge con l'autostrada A10 esistente.

Il sistema di cantierizzazione è basato su 16 cantieri industriali, dislocati in prevalenza nell'interconnessione di Bolzaneto, 16 cantieri di imbocco, collocati in corrispondenza degli imbocchi delle gallerie di nuova realizzazione, un campo base, 12 viabilità di servizio ed un sistema di tubazioni che consente il conferimento del materiale di scavo dal cantiere di Bolzaneto fino all'Opera a mare (lo slurrydotto).

### 3 LINEE GUIDA DI PROGETTAZIONE

#### 3.1 PREMESSA

Il progetto di ripristino delle viabilità di servizio ha come obiettivo principale la realizzazione di interventi omogenei e integrati col paesaggio che li ospita.

Questo proposito, valido per tutte le viabilità, ha indirizzato la scelta progettuale della sistemazione definitiva verso uno studio il più possibile "naturale" o almeno in continuità paesistica con gli elementi contermini, ed ha influenzato l'aspetto formale della ricostruzione dei fronti collinari.

Particolare attenzione è stata data alle zone ricadenti all'interno di aree tutelate o comunque caratterizzate da un'alta qualità paesaggistica, conferita loro dalla ricchezza delle componenti antropiche o naturalistiche, ma anche dall'appartenenza ad ambiti panoramici.

#### 3.2 SOLUZIONI PROGETTUALI PREVISTE

Al fine di una migliore integrazione nel contesto sono state previste, in fase di progettazione, le seguenti soluzioni progettuali adeguate e/o adattate ad ogni viabilità nella sua specificità.

- Rivestimento dei paramenti muri in C.A., rimasti esterni al rimodellamento morfologico, con pietra naturale locale
- Realizzazione di terre rinforzate al fine di:
  - ridurre la superficie sottratta per la realizzazione di scarpate di contenimento
  - possibilità di simulare il disegno morfologico a terrazzamenti di alcuni paesaggi
  - possibilità di inerbimento del fronte
- Pavimentazione e geometrie delle viabilità di servizio da mantenere:
  - ottimizzazione delle forme evitando spigoli vivi
- Riduzione salti di quota eccessivi tramite:
  - introduzione di scarpate artificiali con pendenza lieve o di pareti in terra rinforzata
- Ripristino con un maggior grado di approssimazione le pendenze dei versanti nello stato anteoperam, attraverso la realizzazione di rilevati in terreno con pendenza 2/3 per meglio raccordarsi al terreno esistente, garantendo un andamento della pendenza in linea con la giacitura naturale limitrofa
- Demolizione parziale o totale di strutture verticali di qualsiasi tipo, sostituendole con scarpate artificiali a pendenza lieve, piantumabili con specie arbustive e arboree, o, quando necessario, con pareti in terra rinforzata finite a prato



Figura 3-1. Esempio di muro in terra rinforzata

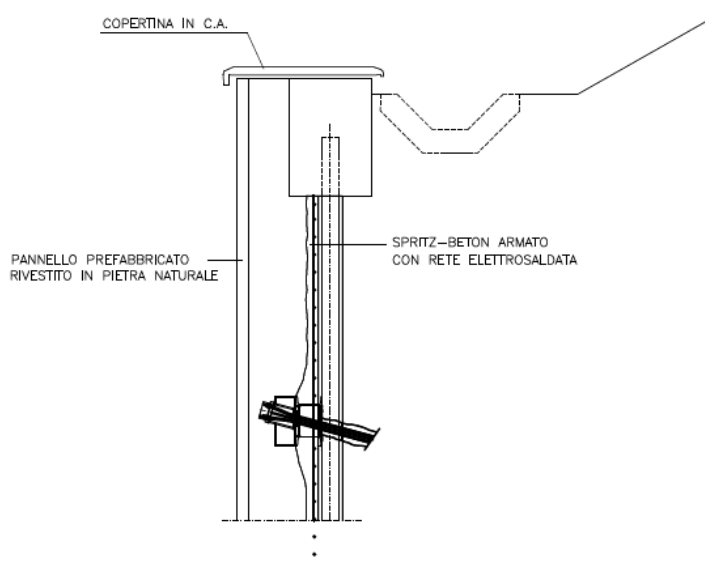


Figura 3-2. Copertina e rivestimento in pietra

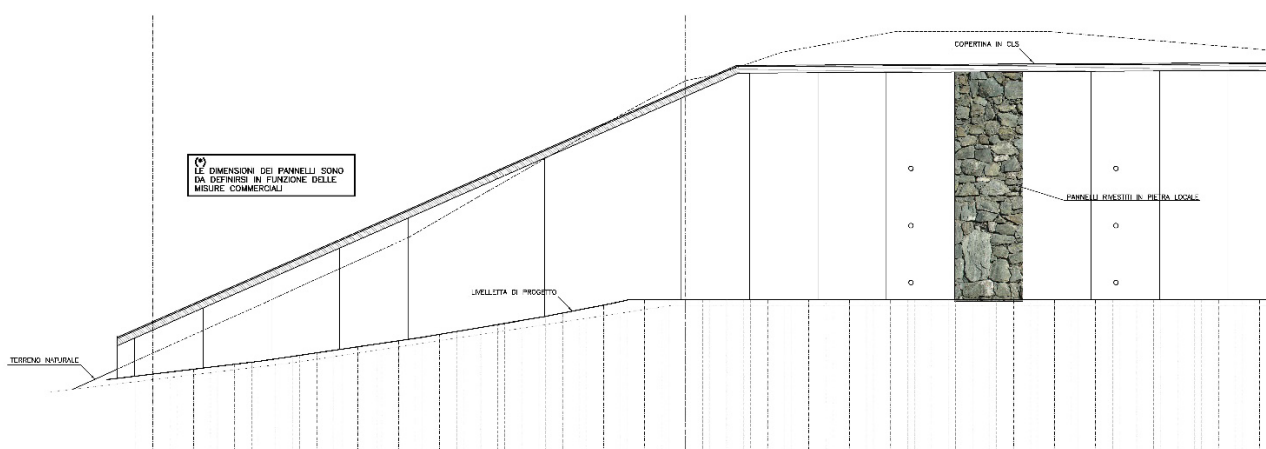


Figura 3-3. Prospetto di una paratia con rivestimento in pietra e copertina

### 3.3 CORPO DEL RILEVATO

I terreni selezionati per l'impiego nel rilevato devono essere stesi a strati di spessore costante. Tale spessore non dovrà risultare superiore ai seguenti limiti:

Tale spessore non dovrà risultare superiore ai seguenti limiti:

- 30 cm per rilevati formati con aggregati naturali, riciclati o misti;
- 40 cm per rilevati formati con aggregati industriali alleggeriti e per rilevati in terra rinforzata.

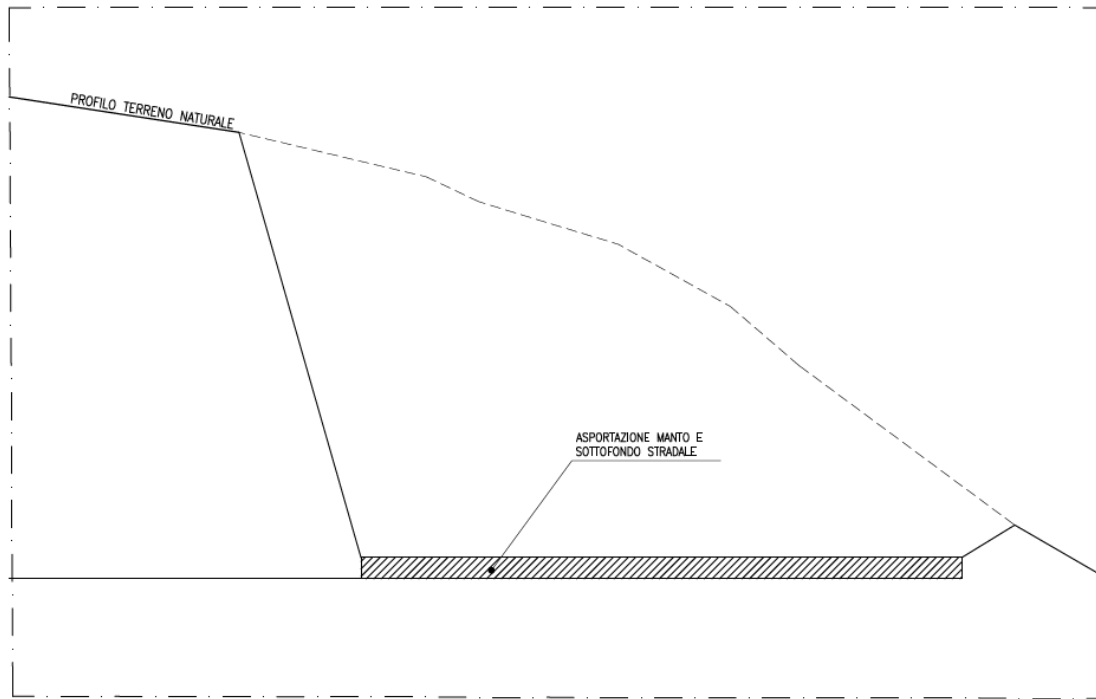
A compattazione avvenuta i materiali dovranno presentare una densità pari o superiore al 90% della densità massima individuata dalle prove di compattazione AASHTO T/180-57.

Il rilevato in terra dovrà appartenere ai gruppi A1, A2-4, A2-5, A3 secondo la norma UNI EN ISO 14688-1 delle terre naturali.

I terreni selezionati costituenti il corpo del rilevato, a compattazione ultimata, dovranno assicurare adeguati valori di densità e di compressibilità. La pendenza delle scarpate dei rilevati è condizionata dalle caratteristiche dei terreni con cui essi sono costituiti: una pendenza di 2/3 come rapporto altezza/larghezza dei gradoni è sufficiente ad assicurare la stabilità globale del corpo in terra nei confronti di superfici di scorrimento potenziali entro il corpo del rilevato.

Risulta necessario interrompere la scarpata con banchi orizzontali di 2 metri ogni 4-5 metri di altezza, in modo da incrementare la stabilità del manufatto, riducendo la pendenza media della scarpata.

FASE 1- DEMOLIZIONE PACCHETTO STRADALE



FASE 2 - COSTRUZIONE DEL RILEVATO

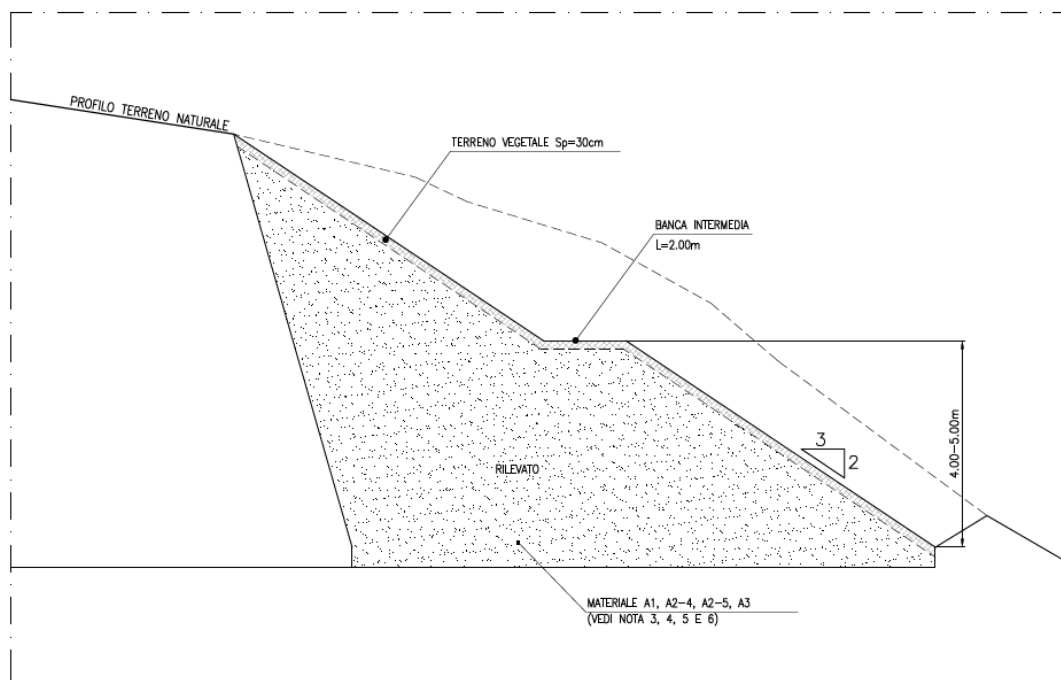


Figura 3-4. Fasi di intervento per ripristino morfologico ante operam



**NODO STRADALE E AUTOSTRADALE DI GENOVA**  
**Adeguamento del sistema A7 - A10 - A12**  
**Lotto 1B**  
**PROGETTO ESECUTIVO**  
**RIPRISTINO VIABILITA' DI SERVIZIO**

Classificazione generale	Terre ghiaio-argillose Frazione passante al setaccio 0,075 UNI 2332<35%							Terre limo-argillose Frazione passante al setaccio 0,075 UNI 2332>35%					Torbe e terre organiche palustri
	A1		A3	A2				A4	A5	A6	A7		
Sottogruppo	A1-a	A1-b		A2-4	A2-5	A2-6	A2-7				A7-5	A7-6	
Analisi granulometrica													
Frazione passante al setaccio													
2 UNI EN 933	≤ 50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,4 UNI EN 933	≤ 30	≤ 50	≤ 50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,063 UNI EN 933	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	> 35	> 35	> 35	> 35	> 35	> 35
Caratteristiche della frazione passante al setaccio 0,4 UNI EN 933													
Limite liquido	--	--	--	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	> 40	> 40
Indice di plasticità	≤ 6		N.P.	≤ 10	≤ 10	> 10	> 10	≤ 10	≤ 10	> 10	> 10	> 10	> 10
Indice di gruppo	0	0	0	≤ 4				≤ 8	≤ 12	≤ 16	≤ 20		
Tipi usuali dei materiali caratteristici costituenti il gruppo	Ghiaia o breccia, ghiaia o breccia sabbiosa, sabbia grossa, pomice, scorie vulcaniche, pozzolane		Sabbia fine	Ghiaia e sabbia limosa o argillosa				Limi poco compressib.	Limi fortemente compressib.	Argille poco compressibili	Argille fortemente compressibili mediamente plastiche	Argille fortemente compressibili fortemente plastiche	Torbe di recente o remota formazione detriti organici di origine palustre
Qualità portanti quale terreno di sottofondo in assenza di gelo	Da eccellente a buono				Da mediocre a scadente								Da scartare come sottofondo
Azione del gelo sulle qualità portanti del terreno di sottofondo	Nessuna o lieve			Media				Molto elevata	Media	Elevata	Media		
Ritiro o rigonfiamento	Nullo			Nullo o lieve				Lieve o medio	Elevato	Elevato	Molto elevato		
Permeabilità	Elevata			Media o scarsa				Scarsa o nulla					
Identificazione del terreno in sito	Facilmente individuabile a vista	Aspri al tatto incoerenti allo stato asciutto	La maggior parte dei granuli sono individuabili ad occhio nudo Aspri al tatto Una tenacità media o elevata allo stato asciutto indica la presenza di argilla				Reagiscono alle prove di scuotimento* Polverulenti o poco tenaci allo stato asciutto. Non facilmente modellabili allo stato umido		Non reagiscono alla prova di scuotimento* Tenaci allo stato asciutto Facilmente modellabili in bastoncini sottili allo stato umido				Fibrosi di colore bruno o nero Facilmente individuabili a vista

Prova di cantiere che può servire a distinguere i limi e le argille. Si esegue scuotendo nel palmo della mano un campione di terra bagnata e comprimendolo successivamente fra le dita. La terra reagisce alla prova se, dopo lo scuotimento, apparirà sulla superficie un velo lucido di acqua libera, che scomparirà comprimendo il campione fra le dita.

Figura 3-5. Caratteristiche Norma UNI EN ISO 14688-1 delle terre naturali

## 4 PROGETTO DI RIPRISTINO VIABILITÀ DI SERVIZIO

### 4.1 VS011 – VIABILITÀ DI SERVIZIO VOLTRI

Pista di cantiere per l'accesso all'imbocco della galleria Delle Grazie (lato Parco): si è resa necessaria la realizzazione di una pista di cantiere che consenta di raggiungere le pile e la spalla del viadotto senza interessare la viabilità del Parco. Il percorso della pista ha origine in corrispondenza della viabilità di fondovalle esistente (via Ovada) in corrispondenza di un parcheggio. La pista di cantiere, ricalcando nel tratto iniziale una pista esistente, attraversa mediante un guado il torrente Leiro, per poi salire lungo il versante fino alla quota di imposta delle fondazioni delle pile e della spalla del viadotto in ampliamento. La lunghezza complessiva risulta essere di circa 390 m.

Il progetto di ripristino per la viabilità di servizio VS11A prevede:

- la demolizione integrale della piattaforma stradale (manto e sottofondo stradale)
- la rimozione delle barriere stradali
- la risagomatura del versante, realizzata attraverso rilevati in terreno con pendenza 2/3 per meglio raccordarsi al terreno esistente, garantendo un andamento della pendenza in linea con la giacitura naturale limitrofa.
- Il ripristino di un muro esistente, demolito per la realizzazione della viabilità

Il progetto di ripristino per la viabilità di servizio VS11B prevede:

- la demolizione integrale della piattaforma stradale (manto e sottofondo stradale)
- la risagomatura del versante, realizzata attraverso rilevati in terreno con pendenza 2/3 per meglio raccordarsi al terreno esistente, garantendo un andamento della pendenza in linea con la giacitura naturale limitrofa.

### 4.2 TABULATI DI CALCOLO PER VOLUMI DI SCAVO E RIPORTO

È stato effettuato un conteggio analitico per i volumi di scavo e riporto basandosi sulle sezioni trasversali (110721-LL1B-PE-CN-VCN-VS011-DEM00-D-AUA4254-1 e 110721-LL1B-PE-CN-VCN-VS011-DEM00-D-AUA4257-1 Stato sovrapposto-demolizioni) e sulla planimetria (110721-LL1B-PE-CN-VCN-VS011-RPS00-D-AUA4252-1 e 110721-LL1B-PE-CN-VCN-VS011-RPS00-D-AUA4255-1 Planimetria progetto) della viabilità in oggetto.

Per tale viabilità non sono state necessarie operazioni di scavo di sbancamento ma solamente operazioni di riporto.

Di seguito viene riportata la tabella di calcolo dei volumi di riporto per la viabilità VS11A (Tabella 1.1) e per la viabilità VS11B (Tabella 1.2) prendendo a riferimento gli intervalli tra le sezioni in cui la viabilità assume un andamento simile. Vengono inoltre riportate gli estratti della planimetria e delle sezioni tipo a cui fanno riferimento i calcoli dei volumi di riporto.

NODO STRADALE E AUTOSTRADALE DI GENOVA  
Adeguamento del sistema A7 - A10 - A12  
Lotto 1B  
PROGETTO ESECUTIVO  
RIPRISTINO VIABILITA' DI SERVIZIO

Tabella 1-1. Volumi di riporto\_VS11A

<b>VOLUMI DI RIPORTO</b>			
<b>Sezioni</b>	<b>Lunghezza (ml)</b>	<b>Area (mq)</b>	<b>Volume (mc)</b>
da sezione A-19 a A-21	20,00	2,00	40,00
da sezione A-21 a A-24	36,00	30,00	1080,00
da sezione A-24 a A-27	27,00	2,00	54,00
da sezione A-28 a A-29	20,00	10,00	200,00
<b>Totale volume di riporto (mc)</b>			<b>1374,00</b>

Tabella 1-2. Volumi di riporto\_VS11B

<b>VOLUMI DI RIPORTO</b>			
<b>Sezioni</b>	<b>Lunghezza (ml)</b>	<b>Area (mq)</b>	<b>Volume (mc)</b>
da sezione B-1 a B-2	2,00	2,20	4,40
da sezione B-2 a B-6	15,00	18,00	270,00
da sezione B-6 a B-12	30,00	3,00	90,00
da sezione B-13 a B-19	33,00	2,00	66,00
da sezione B-19 a B-30	46,00	7,00	322,00
<b>Totale volume di riporto (mc)</b>			<b>752,40</b>

NODO STRADALE E AUTOSTRADALE DI GENOVA  
Adeguamento del sistema A7 - A10 - A12  
Lotto 1B  
PROGETTO ESECUTIVO  
RIPRISTINO VIABILITA' DI SERVIZIO

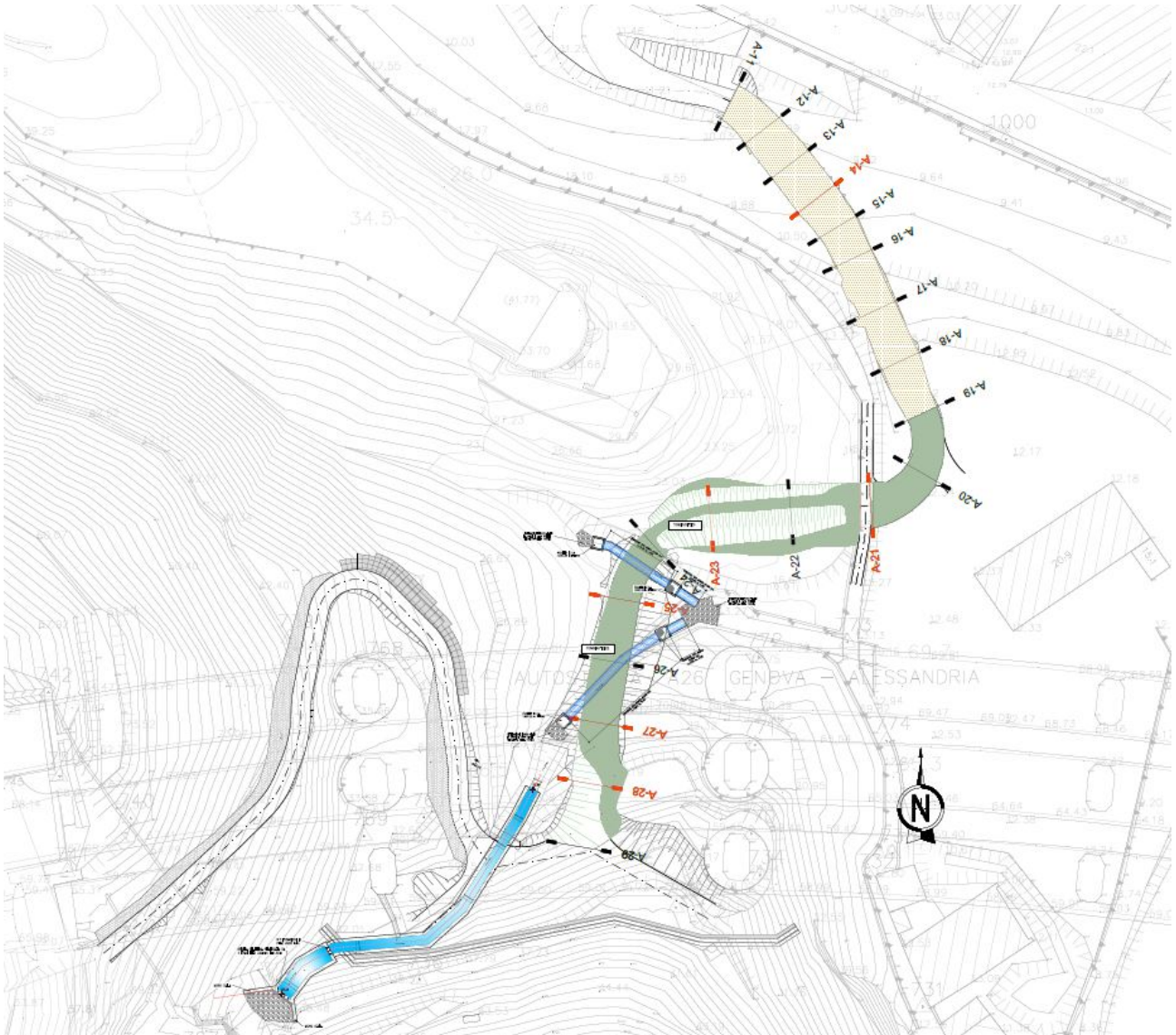


Figura 4-1. Planimetria VS11A con indicate le linee di sezione di riferimento

NODO STRADALE E AUTOSTRADALE DI GENOVA  
Adeguamento del sistema A7 - A10 - A12

Lotto 1B

PROGETTO ESECUTIVO

RIPRISTINO VIABILITA' DI SERVIZIO

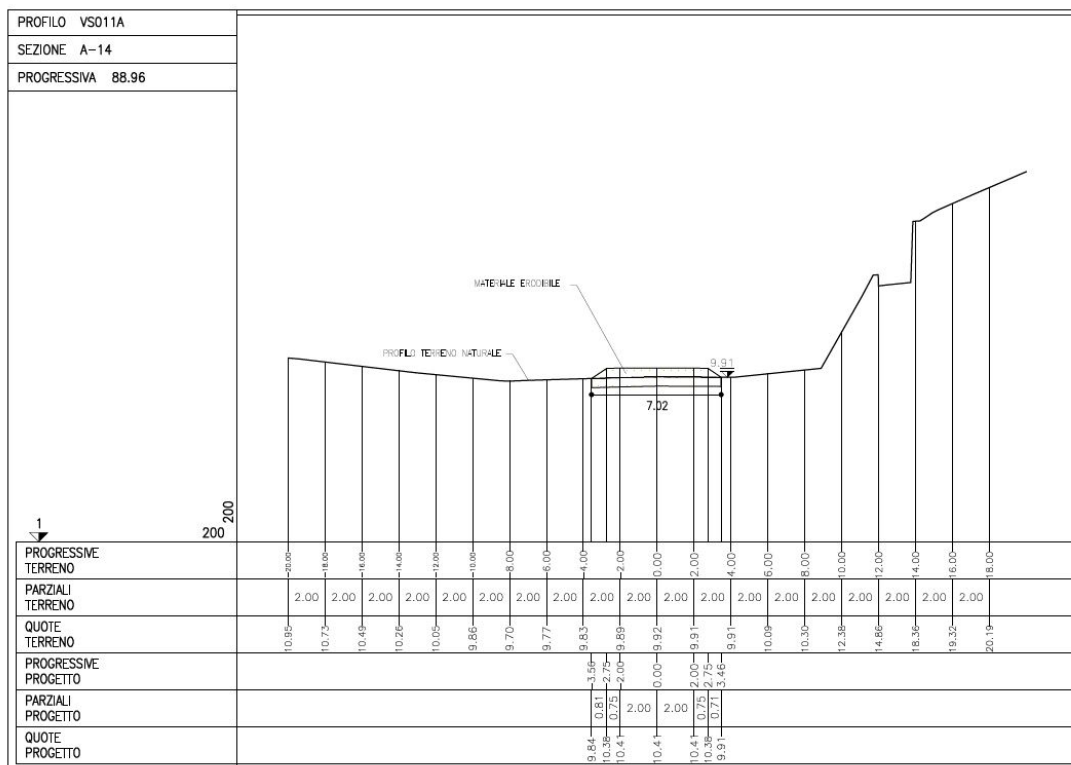


Figura 4-2. Sezione A-14

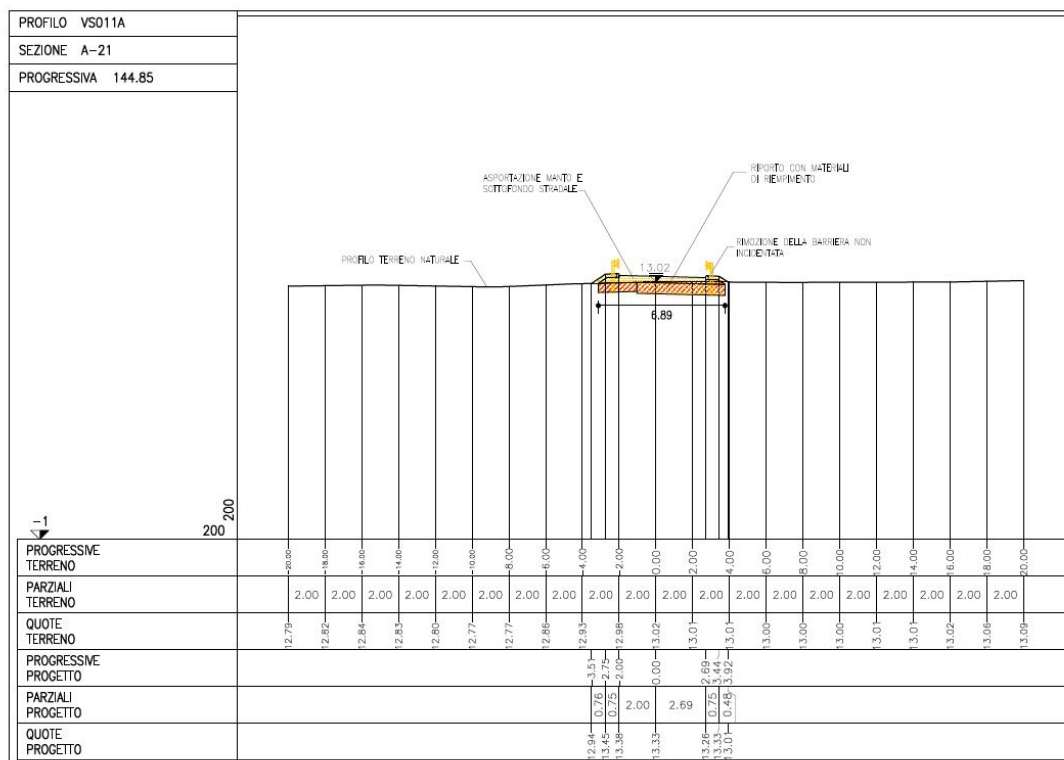


Figura 4-3. Sezione A-21

NODO STRADALE E AUTOSTRADALE DI GENOVA  
Adeguamento del sistema A7 - A10 - A12

Lotto 1B

PROGETTO ESECUTIVO

RIPRISTINO VIABILITA' DI SERVIZIO

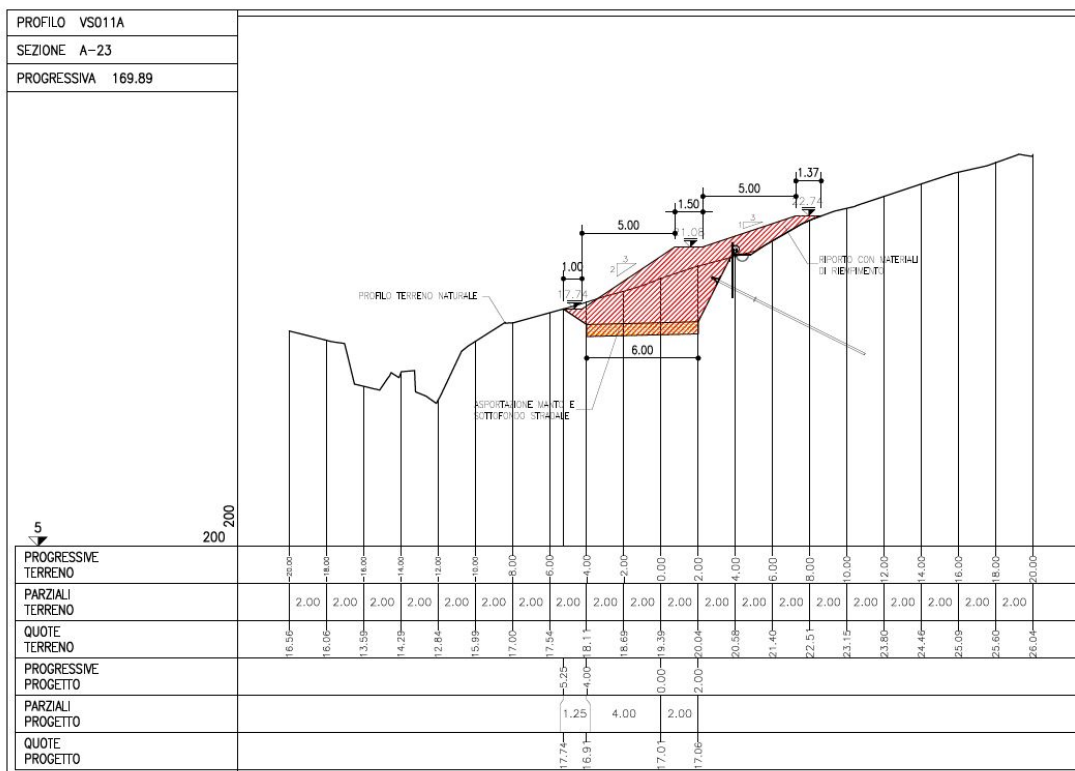


Figura 4-4. Sezione A-23

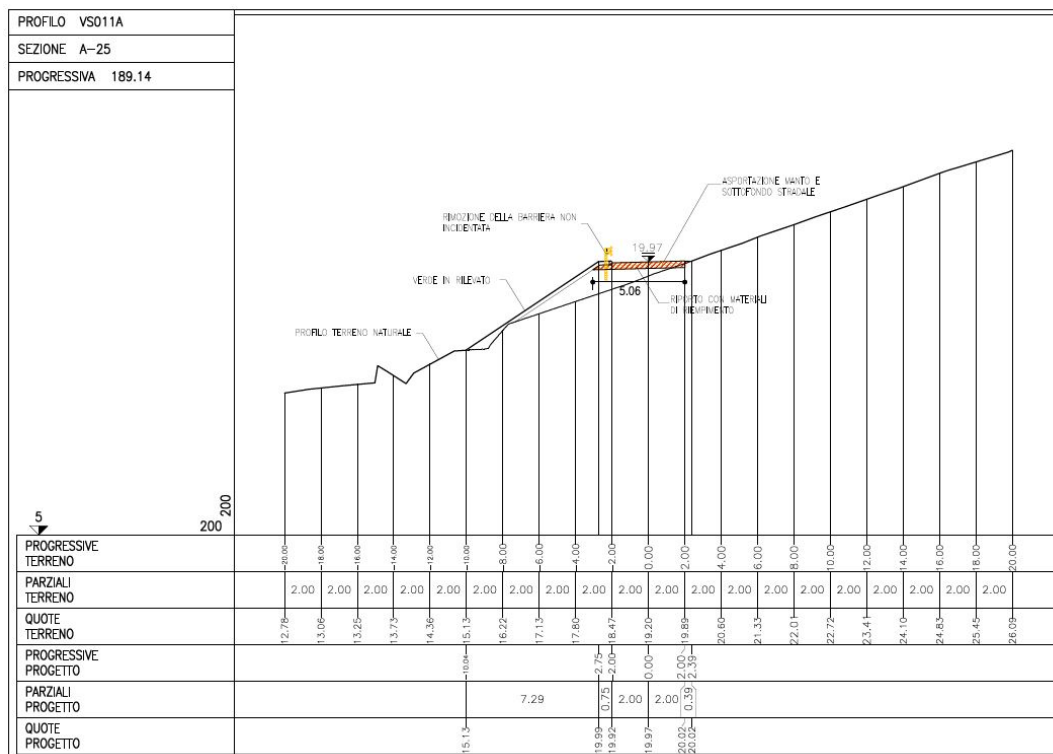


Figura 4-5. Sezione A-25

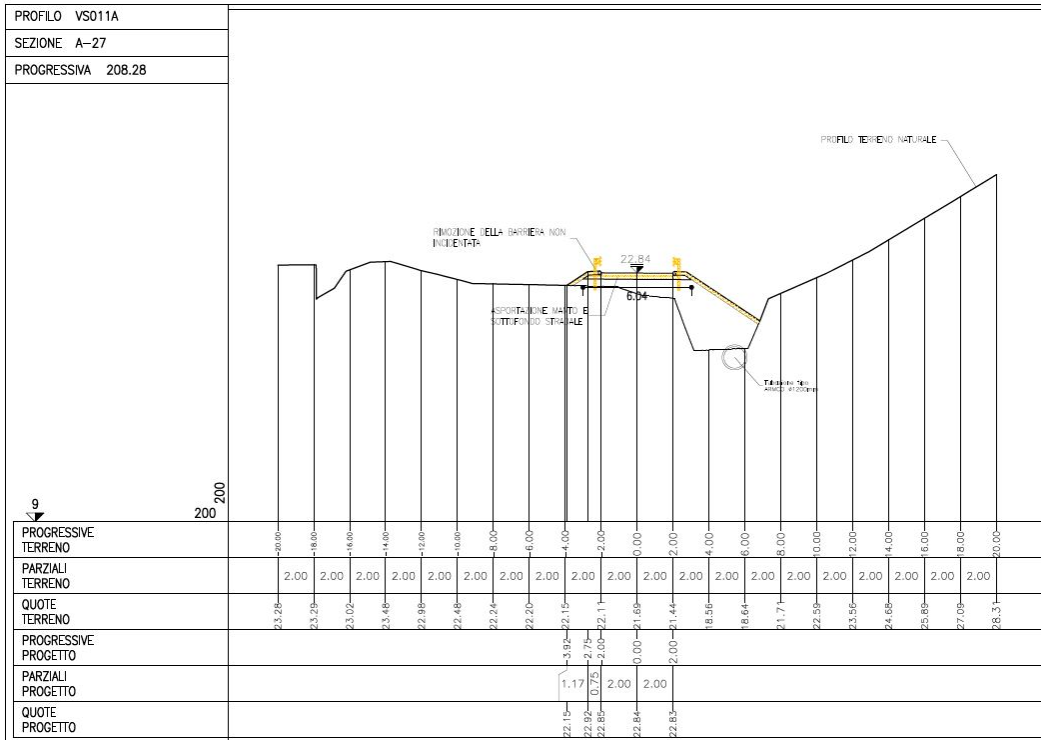


Figura 4-6. Sezione A-27

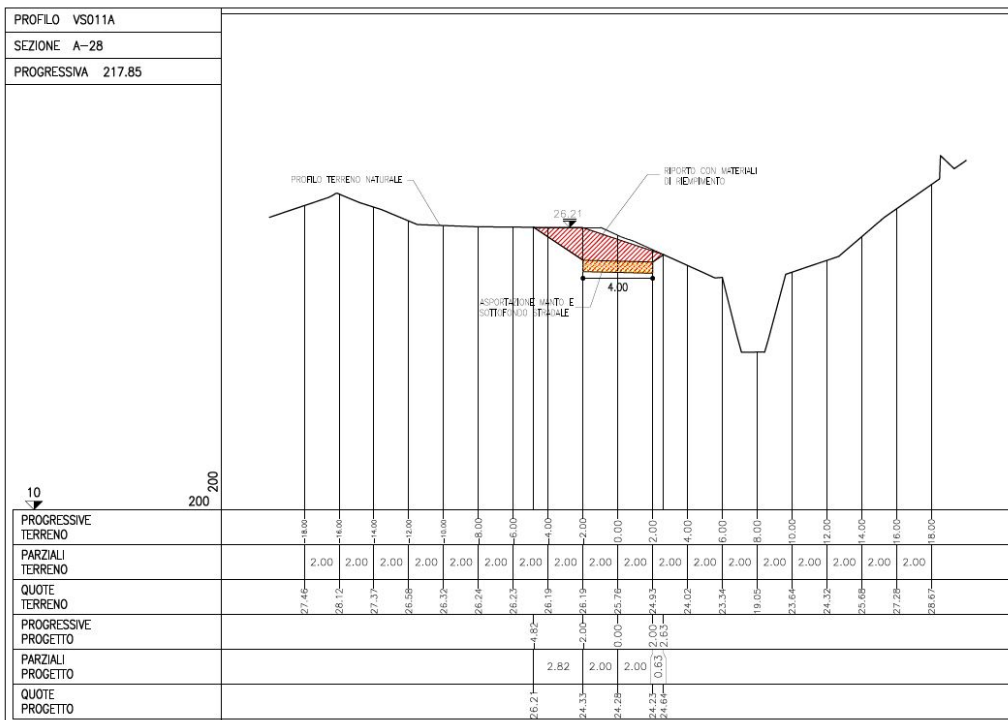


Figura 4-7. Sezione A-28

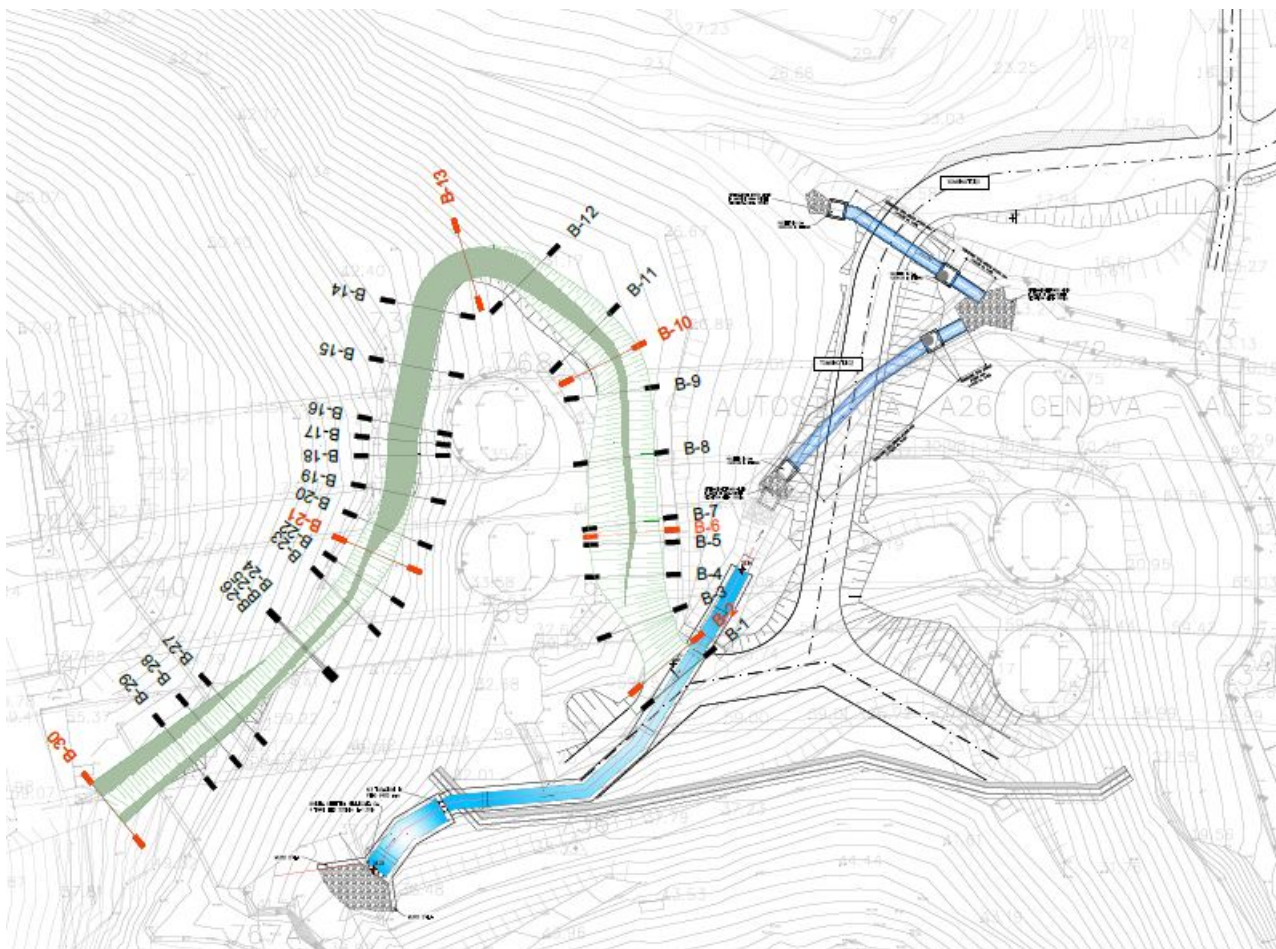


Figura 4-8. Planimetria VS11B con indicate le linee di sezione di riferimento



**NODO STRADALE E AUTOSTRADALE DI GENOVA**  
**Adeguamento del sistema A7 - A10 - A12**  
**Lotto 1B**  
**PROGETTO ESECUTIVO**  
**RIPRISTINO VIABILITA' DI SERVIZIO**

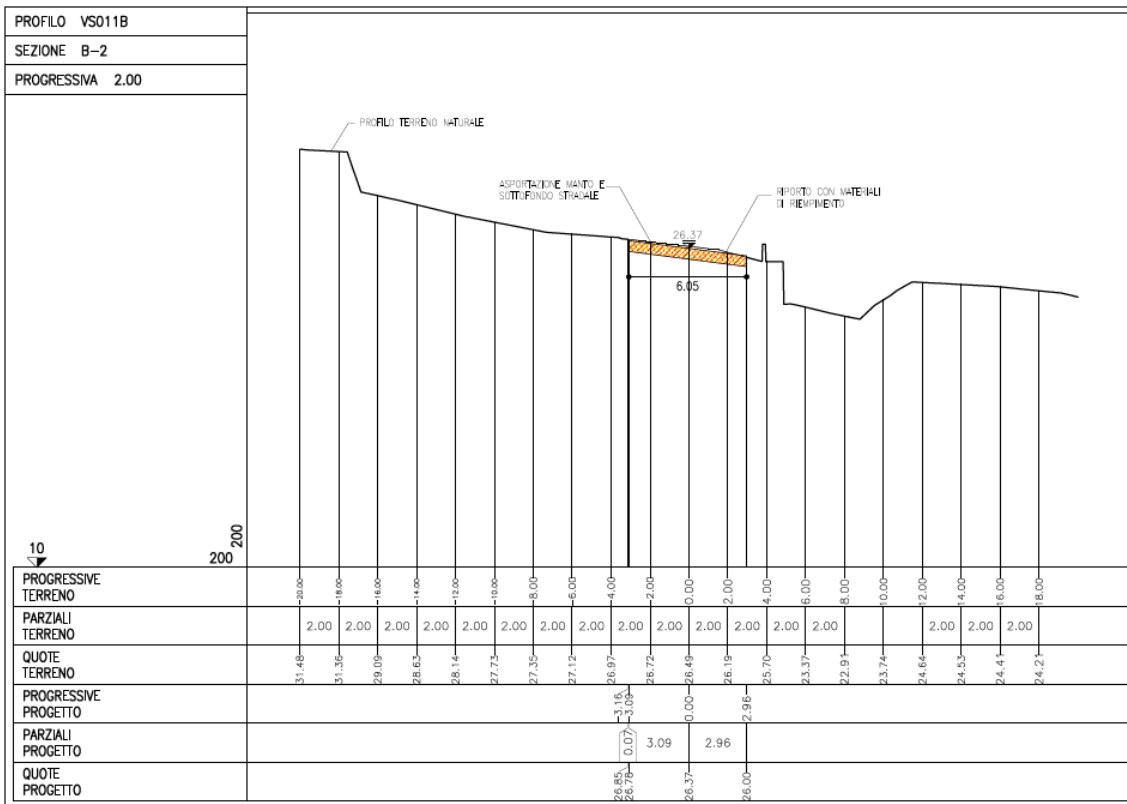


Figura 4-9. Sezione B-2

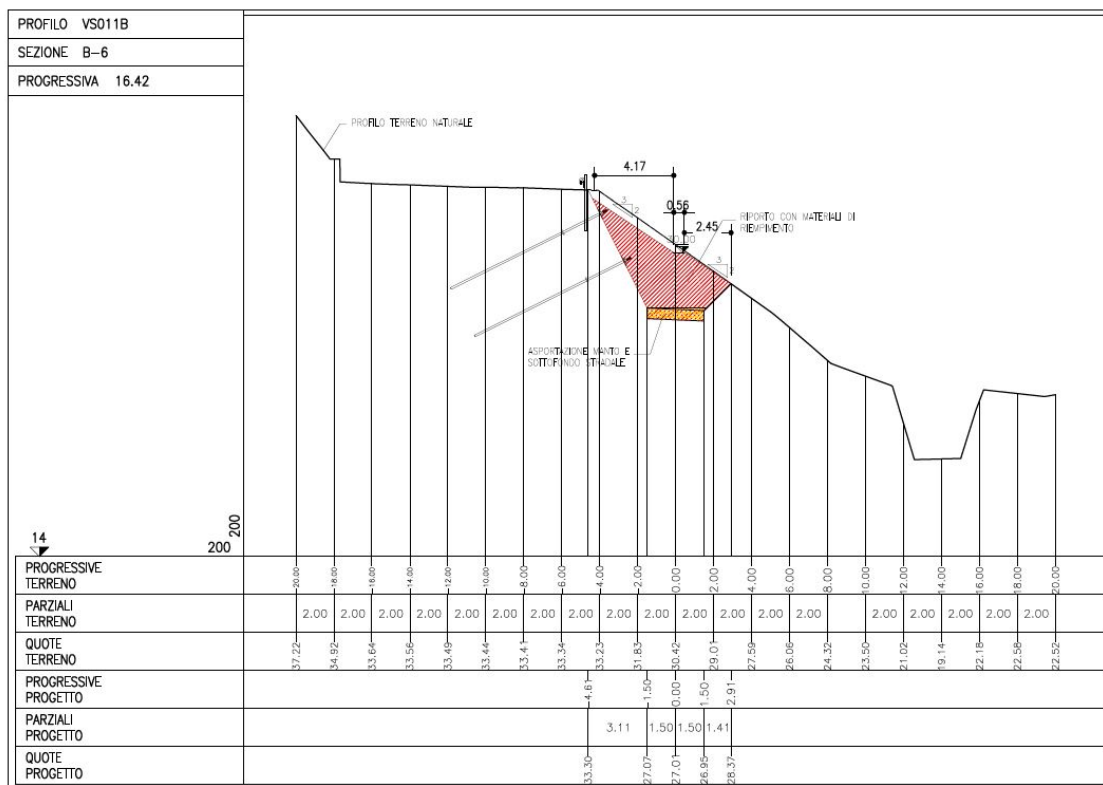


Figura 4-10. Sezione B-6

**NODO STRADALE E AUTOSTRADALE DI GENOVA**  
**Adeguamento del sistema A7 - A10 - A12**  
**Lotto 1B**  
**PROGETTO ESECUTIVO**  
**RIPRISTINO VIABILITA' DI SERVIZIO**

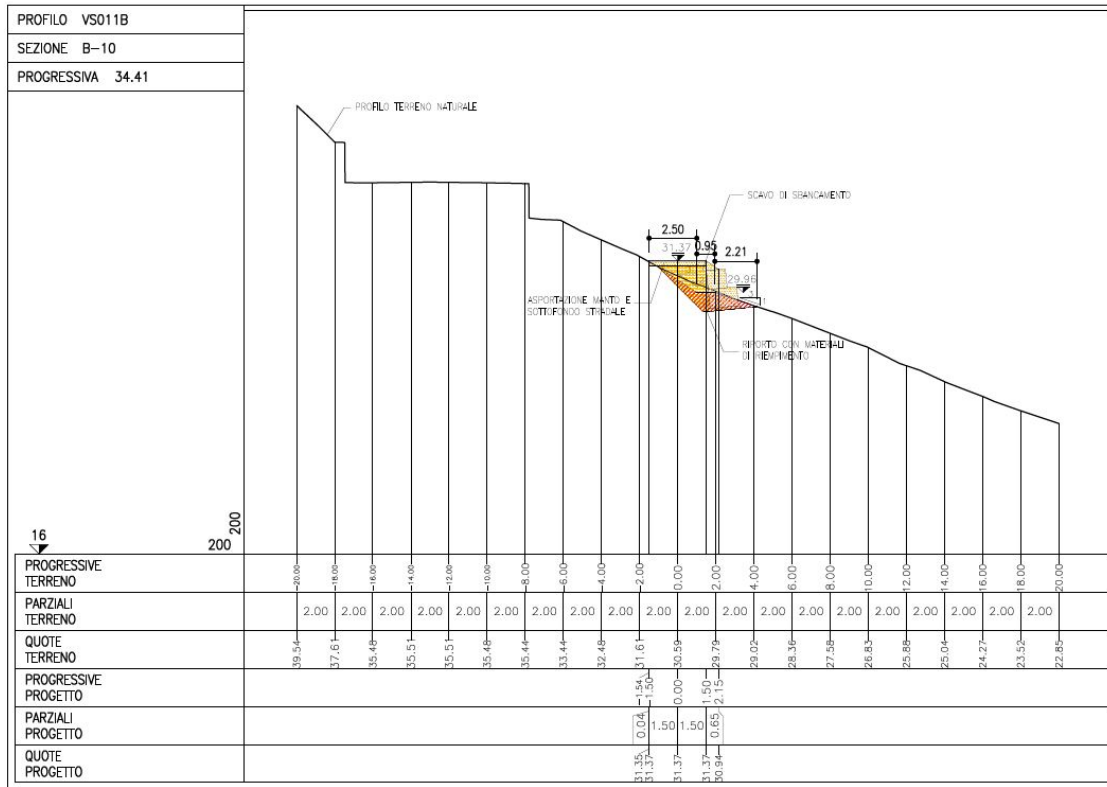


Figura 4-11. Sezione B-10

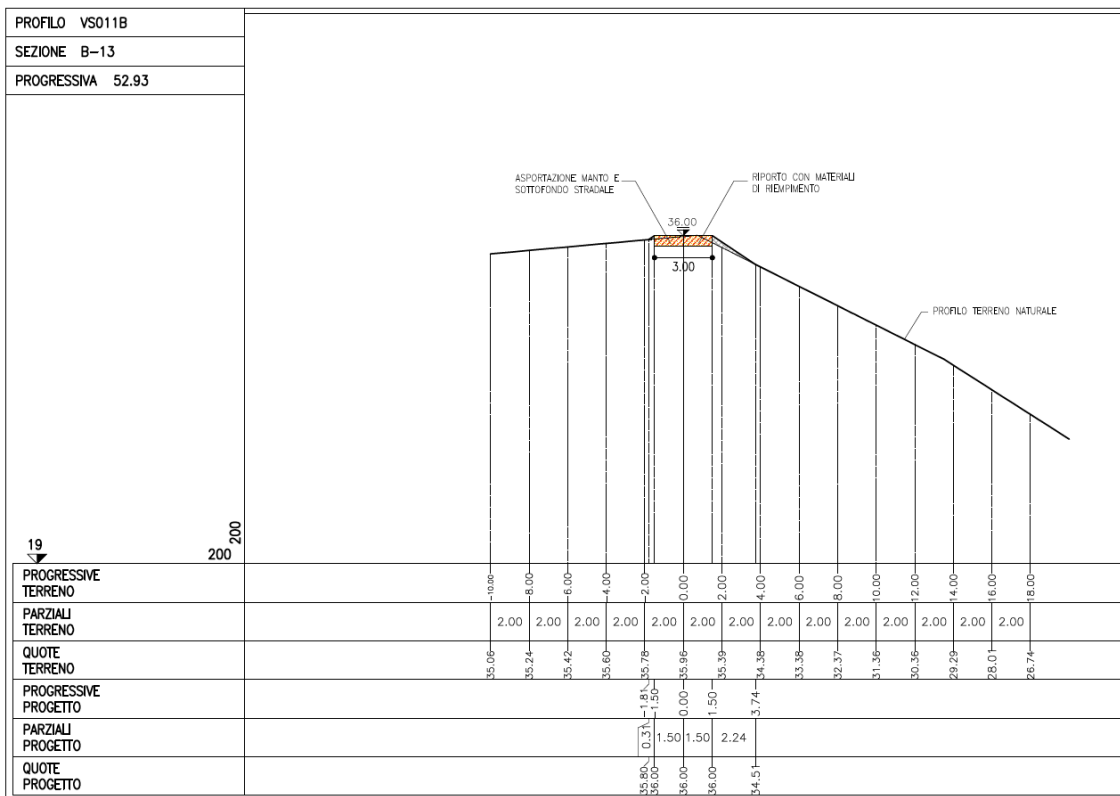


Figura 4-12. Sezione B-13

NODO STRADALE E AUTOSTRADALE DI GENOVA  
Adeguamento del sistema A7 - A10 - A12

Lotto 1B

PROGETTO ESECUTIVO

RIPRISTINO VIABILITA' DI SERVIZIO

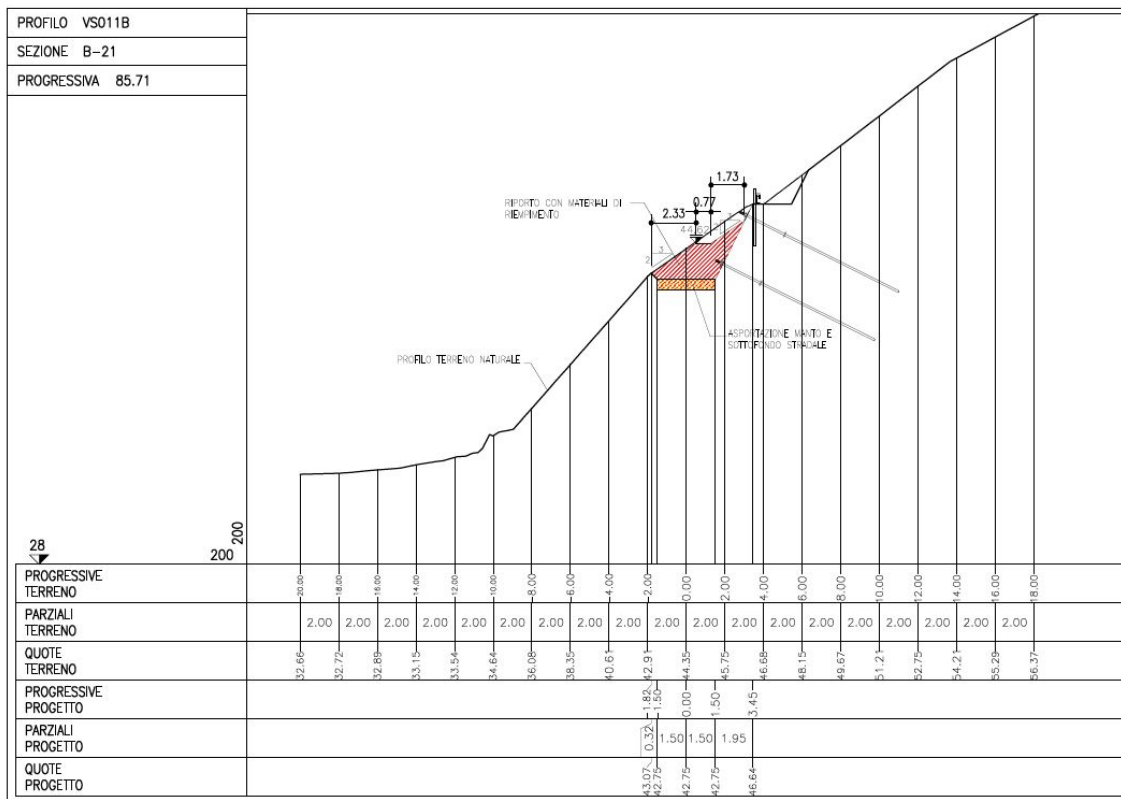


Figura 4-13. Sezione B-21

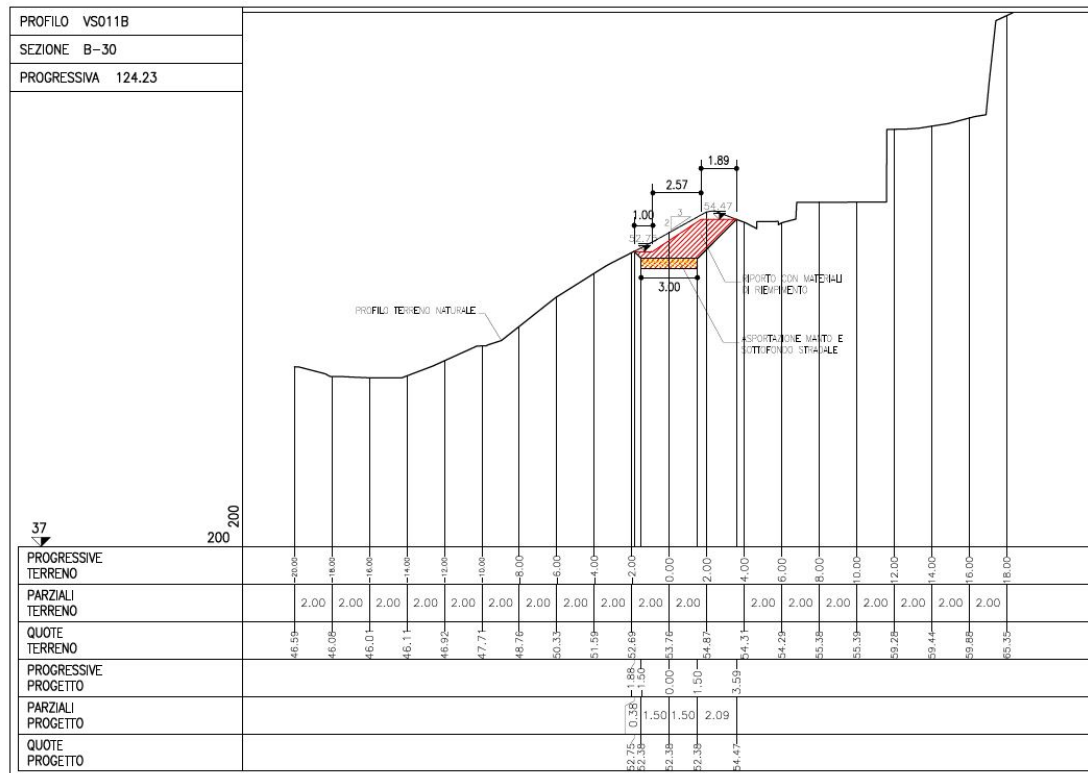


Figura 4-14. Sezione B-30

## 5 VERIFICA GEOTECNICA DI STABILITÀ GLOBALE DEL RILEVATO

Il presente capitolo riporta le verifiche geotecniche di stabilità globale del pendio al fine di confermare le ipotesi di sistemazione definitiva per la viabilità di servizio denominata con WBS VS011B. In particolare vengono svolte delle analisi in corrispondenza del rilevato con pendenza 2/3, sezione più significativa tra quelle riportate negli elaborati di progetto. Si trascurano le verifiche sulla viabilità di servizio con WBS VS0011A in quanto non figurano nelle sezioni di progetto pendenze eccessive di rilevato.

In accordo con quanto prescritto dalle NTC 2008 (Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008: "Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni") la verifica geotecnica di stabilità globale dell'insieme è stata condotta secondo l'Approccio 1, Combinazione 2 (A2+M2+R2) in condizioni statiche e in condizioni sismiche, tenendo conto dei coefficienti riportati sulla Normativa.

Tale verifica è di grande importanza in quanto consente di stimare il grado di sicurezza sia del rilevato, sia del terreno, nei confronti di possibili scorrimenti lungo superfici "critiche" di rottura e consiste appunto nel ricercare, tra le possibili soluzioni, quella che presenta il minor coefficiente di sicurezza e nel confrontare, quindi, le resistenze e le azioni sollecitanti lungo tale superficie.

In particolare, deve essere verificato che tale coefficiente risulta maggiore di 1.1 in accordo con quanto riportato dalla Normativa di riferimento che prescrive un rapporto  $R_d / E_d \geq \gamma_R$  con  $\gamma_R = 1.1$ . Tale valore limite corrisponde ad una situazione di incipiente scivolamento del pendio lungo la superficie di scorrimento considerata.

L'analisi viene svolta con ricorso al codice di calcolo SLOPE/W, che implementa gli usuali metodi dell'equilibrio limite su sezioni piane, rappresentative delle condizioni previste. Il programma si basa sull'applicazione di diversi metodi presenti in letteratura, quali il metodo di Morgenstern-Price, Bishop semplificato (1955), quello di Janbu semplificato (1973) e quello di Spencer (1967).

Nel caso in esame i fattori di sicurezza sono stati ottenuti tramite il metodo di Bishop semplificato. Questo si basa sulla considerazione dell'equilibrio di un blocco (o "cuneo") rigido di terreno rappresentato nella seguente figura.

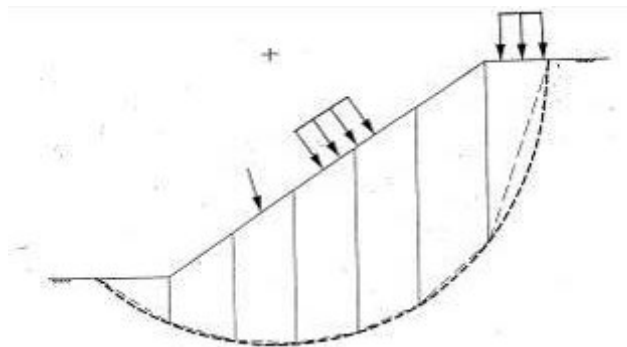


Figura 5.1: Suddivisione in conci del meccanismo di rottura

Il cuneo è soggetto sia all'azione del peso proprio sia a quella di eventuali forze esterne di varia natura (sovraccarichi verticali, azioni dei tiranti, forze di inerzia sismiche, ecc.); inoltre è possibile considerare la presenza della falda all'interno del pendio, trascurando il fenomeno di filtrazione.

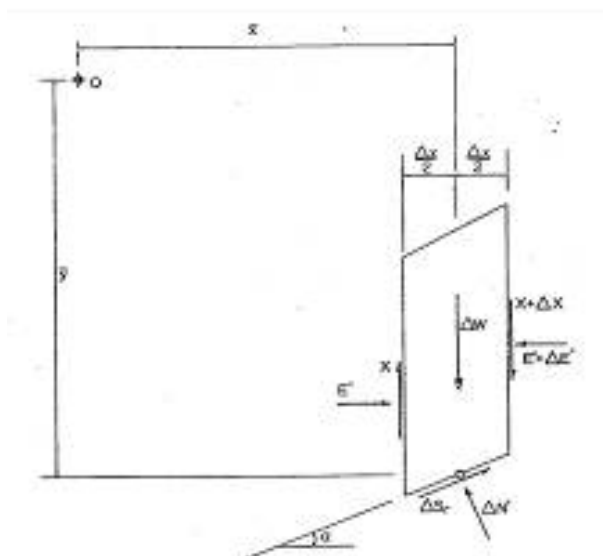


Figura 5.2: Forze agenti sul singolo concio

A questo scopo il blocco viene dapprima suddiviso in conci e l'equilibrio globale è analizzato come somma dell'equilibrio di ciascuno di essi facendo delle assunzioni semplificatrici sulle forze reciproche tra i conci.

Il valore del coefficiente di sicurezza medio della superficie di scivolamento viene definito come:

$$F_s = \frac{(\tau_{ult})_m}{\tau_m}$$

essendo:

$(\tau_{ult})_m$  = resistenza al taglio media del terreno lungo la superficie di scivolamento;

$\tau_m$  = tensione tangenziale media mobilitata lungo la superficie di scivolamento.

Il programma ricerca automaticamente la superficie di scorrimento "critica" con un procedimento iterativo basato sul tracciamento automatico delle superfici circolari e sul successivo calcolo del coefficiente di sicurezza di ciascuna di esse.

A questo proposito viene dapprima individuato un settore di passaggio (o un punto) comune a tutte le superfici di scivolamento (ad esempio: un tratto su uno dei contorni del pendio) ed una griglia di punti che vengono utilizzati come centro delle varie possibili superfici di scivolamento. Per ciascuna di esse viene eseguito il calcolo del coefficiente di sicurezza ed il valore più piccolo tra quelli ottenuti è assegnato all'intero pendio.

Eventualmente la procedura può essere ripetuta imponendo altri vincoli alle superfici di scivolamento in modo da migliorare l'affidabilità della ricerca.

I terreni valutati nel seguito (vedi sezione geotecnica) sono stati caratterizzati mediante un legame costitutivo rigido-plastico con criterio di rottura alla Mohr-Coulomb. I parametri caratteristici di resistenza adottati nei calcoli sono:

Unità geotecnica	$\gamma_k$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\Phi_k$ (°)	$c_k$ (kPa)
Rilevato	19	35	0.0
Cappellaccio dei Calcescisti	24	38	30

Per ottenere i parametri di design, i parametri caratteristici sono stati fattorizzati con i coefficienti parziali pari a:

$$\gamma_\gamma = 1.0$$

$$\gamma_\phi = 1.25$$

$$\gamma_c = 1.25$$

ottenendo:

Unità geotecnica	$\gamma_D$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\Phi_D$ (°)	$c_D$ (kPa)
Rilevato	19	29.26	0.0
Cappellaccio dei Calcescisti	24	32.01	24

Cautelativamente vengono trascurati i rinforzi strutturali lungo il rilevato.

Per il calcolo delle superfici di scorrimento si impone il passaggio per due intervalli di ingresso e uscita lungo il contorno del terreno (linee in rosso). La falda è stata cautelativamente posizionata tra 1.0 e 2.0 m di profondità dal piano campagna lungo tutto il versante esaminato.

Per quanto riguarda la spinta pseudo statica equivalente, questa è calcolata a partire dai seguenti valori dei coefficienti sismici orizzontale e verticale:

$$k_h = 0.025$$

$$k_v = \pm 0.0125$$

Nelle figure sottostanti sono rappresentati i risultati di tali verifiche e rispettivi fattori di sicurezza  $F_s$ : queste risultano soddisfatte sia in condizioni statiche che in condizioni sismiche.

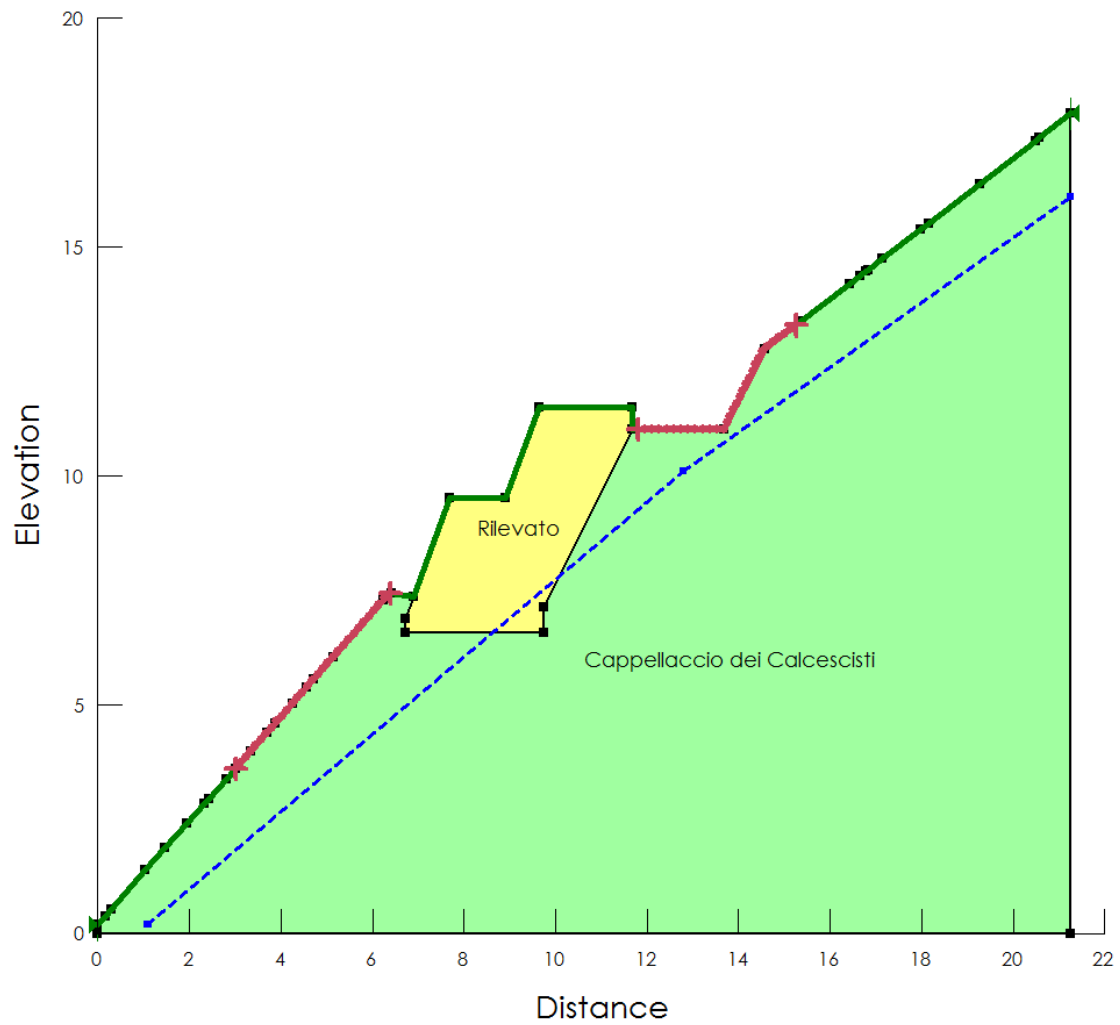


Figura 5.3: Sezione geotecnica

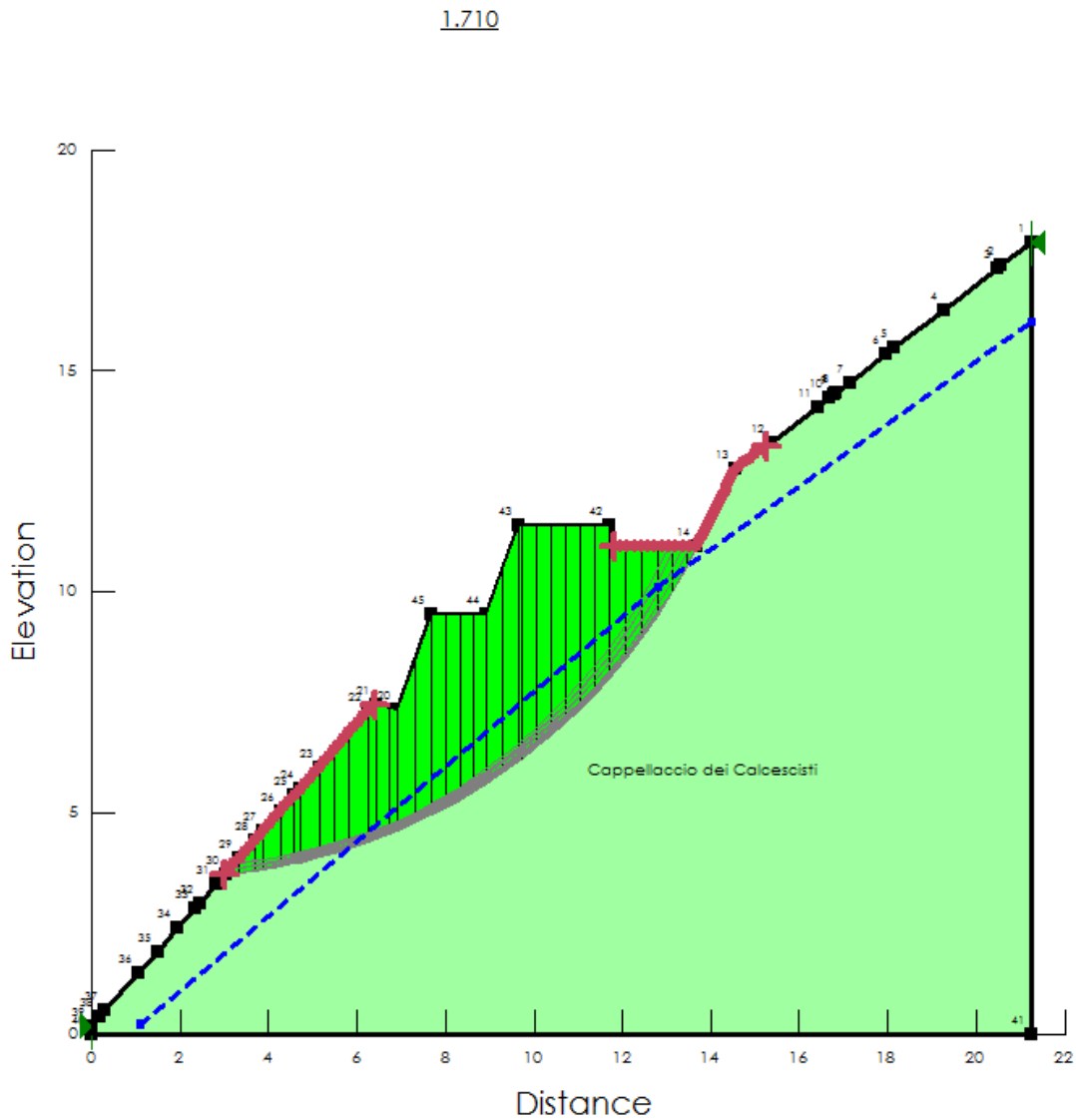


Figura 5.4: Risultati stabilità globale in condizioni sismiche



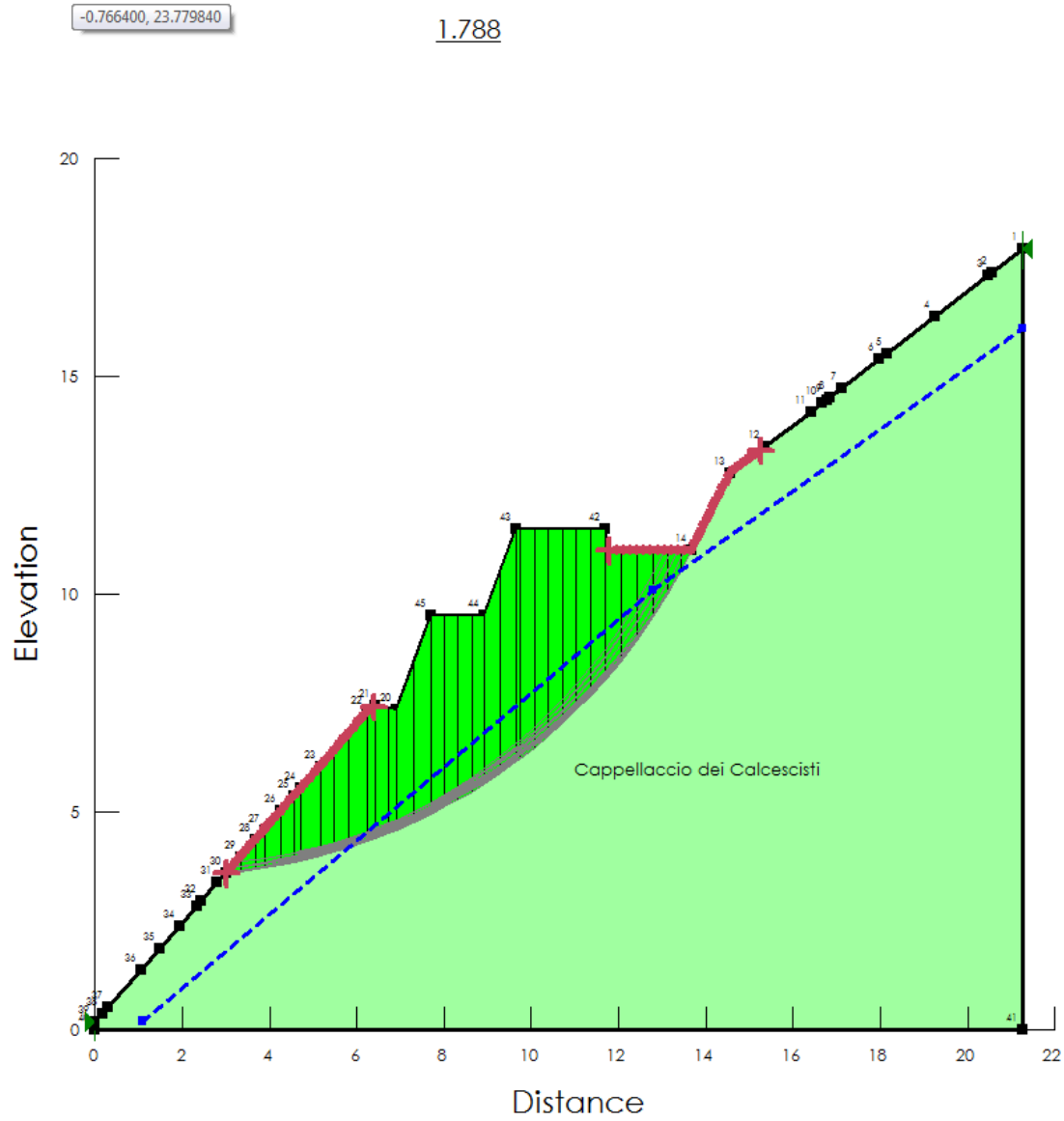


Figura 5.5: Risultati stabilità globale in condizioni statiche