COMUNE DI CANISTRO

Provincia dell'Aquila

PR Abruzzo FESR 2021-2027 - Priorità III - Obiettivo di Policy OP2 - Obiettivo specifico 2.4 "Promuovere l'adattamento ai cambiamenti climatici, la prevenzione dei rischi di catastrofe e la resilienza, prendendo in considerazione approcci ecosistemici". Azione 2.4.1. - Contrasto al dissesto idrogeologico. Attuazione programma degli interventi di consolidamento frane di cui alla D.G.R. 29 maggio 2025 n. 322. Convenzione tra la Regione Abruzzo e il Comune di Canistro del 31/12/2025 per la realizzazione dell'intervento denominato "Consolidamento e risanamento idrogeologico nelle aree a rischio intervento in località Fonticella -Area 2".

CUP: C57H22003230002 - Cod. ReNDiS: 131R051/MT. Importo: € 1.223.142,00

Cofinanziato dall'Unione europea

COESIONE ITALIA 21-27 ABRUZZO

LAVORI DI "CONSOLIDAMENTO E RISANAMENTO IDROGEOLOGICO NELLE AREE A RISCHIO. INTERVENTO IN LOCALITÀ FONTICELLA, AREA 2: MADONNA DELLA FONTICELLA - CUP C57H22003230002

PROGETTO ESECUTIVO



IL SINDACO
Ing. Gianmaria VITALE

IL R.U.P.
Ing. Chiara STORIONE

(Visti e Approvazioni)

APM engineering
Societa' di Servizi di Ingegneria
Sede Legale: Via Giuseppe Saragat, 62 - L'Aquila
Sede Operativa: Via B.Cesidio, 37A - L'Aquila
Tel.:+39.0862.1969400 - Fax:+39.0862.1966502
www.apmaq.it - info@apmaq.it - info@pec.apmaq.it

Il Tecnico
Ing. Paolo MASCIOCCHI
Albo Ingegneri AQ n. 1942
Ing. Antonio MANNA
Albo Ingegneri AQ n. 1622

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DELL'AQUILA — Ingegnere Antonio Manna — Cat. N. 1622

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DELL'AQUILA — Settori: civile e ambientale, industriale, dell'informazione — Ingegnere Paolo Masciocchi N° 1942 Sezione A

(Timbro e Firma)

Tav.
ES.01

Elaborato
RELAZIONE DI CALCOLO, GEOTECNICA E SULLE FONDAZIONI

Data: Settembre 2026

Scala: /

Rev.	Data	Motivo	Redazione	Verifica Direttore Tecnico
01	SET 2026	Revisione Progetto Esecutivo	Ing. A.Manna - Ing. P.Masciocchi	Ing. Antonio Manna
00	NOV 2022	Trasmissione Progetto Esecutivo	Ing. A.Manna - Ing. P.Masciocchi	Ing. Antonio Manna

Sommario

Premessa....3
Normativa di riferimento....4
1. Sicurezza e prestazioni attese....5
1.1. Premessa....5
1.2. Verifiche strutturali (STR) e geotecniche (GEO)....5
2. Caratterizzazione dei materiali....7
2.1. Strutture in c.a....7
2.2. Micropali....7
2.3. Terre rinforzate....9
2.4. Caratterizzazione geotecnica del terreno....11
2.5. Modello geotecnico del sito....13
3. Analisi dei carichi....14
3.1. Peso proprio delle strutture....14
3.2. Carichi e sovraccarichi variabili....14
3.3. Azione sismica....14
4. Combinazioni dei carichi....16
5. Criteri generali di modellazione e verifica....18
5.1. Premessa ai calcoli....18
5.2. Descrizione del modello di calcolo adottato....21
6. Risultati dei Calcoli e delle verifiche....22
6.1. Verifica paratia tipo 1 – fase di scavo....22
6.2. Verifica di stabilità del versante Ante Operam....41
6.3. Verifica di stabilità del versante Post Operam....45
7. Piano di Controlli e Monitoraggio....50

Premessa

La presente relazione descrive la parte strutturale e geotecnica degli interventi di mitigazione del rischio idrogeologico da realizzare presso un'area limitrofa al centro abitato della frazione di Canistro Superiore, nel Comune di Canistro (AQ) lungo via Trento. Detta area risulta attualmente interessata da fenomeni gravitativi di versante attivi che hanno prodotto una serie di evidenze superficiali e profonde sulle preesistenze naturali ed antropiche. Evidenze del dissesto riguardano smottamenti di porzioni di carreggiata stradale lungo via Cavour e via Trento, traslazioni e rotazioni di essenze arboree sui versanti limitrofi alla carreggiata e, con particolare riferimento all'area denominata "fonticella", si sono prodotte alcune piccole lesioni su un edificio di culto presente nel tratto a valle di Via Trento, ad est del centro abitato.
Con l'obiettivo di pervenire al più presto al ripristino delle necessarie condizioni di sicurezza dell'area in oggetto, l'Amministrazione comunale di Canistro ha affidato l'incarico per la progettazione, direzione dei lavori e coordinamento della sicurezza in fase di progettazione ed esecuzione alla Società APM ENGINEERING SRL avente sede legale in L'Aquila, P.zza San Domenico n. 2, nella figura dei tecnici Ing. Paolo Masciocchi e Ing. Antonio Manna.
Nel corso dello sviluppo e della redazione del progetto suddetto, indagini e studi di approfondimento condotti sull'area di interesse hanno consentito di individuare le maggiori criticità presenti e di definire gli interventi necessari per la mitigazione del rischio ed il ripristino della piena fruibilità degli spazi da parte del pubblico.
In dettaglio gli interventi individuati si concentrano su un'area ad est del centro abitato ove insiste una piccola chiesa realizzata in muratura portante. In tale area sono emerse criticità dovute a dinamiche di versante connesse alla circolazione idrica superficiale e di prima infiltrazione. Per la mitigazione del rischio in quest'area si adotta un adeguato sistema di drenaggio delle acque di prima pioggia sul versante a monta di via Trento, realizzato con elementi drenanti tipo *Gabbiodren*, in grado di drenare le acque verso il fosso naturale, presente a valle della chiesa. Contestualmente, al fine di prevenire l'innesco di fenomeni gravitativi di versante, si realizzeranno una coppia di paratie di micropali poste rispettivamente sulla sede stradale di via Trento e in un tratto immediatamente a valle della chiesetta presente nell'area.

Le opere di sostegno previste saranno munite di un efficace sistema di drenaggio delle acque meteoriche in grado di scongiurare la nascita di sovrappressioni interstiziali alle spalle delle stesse.

Normativa di riferimento

- D.Min. Infrastrutture Min. Interni e Prot. Civile 17 gennaio 2018 e allegate "Norme tecniche per le costruzioni".
- Circolare 21/01/19, n. 7 C.S.LL.PP “Istruzioni per l’applicazione dell’aggiornamento delle Norme Tecniche delle Costruzioni di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018”
- D.M. LL.PP. 11 marzo 1988 “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”.
- UNI EN 1990:2006 13/04/2006 Eurocodice 0 - Criteri generali di progettazione strutturale.
- UNI EN 1997-1:2005 01/02/2005 Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 1: Regole generali.
- UNI EN 1998-1:2005 01/03/2005 Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici.
- UNI EN 1998-5:2005 01/01/2005 Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.
- Ministero dei Lavori Pubblici D.M. 18 febbraio 1992, n° 223 (G.U. 16/3/1992, n°63) Regolamento recante istruzioni tecniche per la progettazione, l’omologazione e l’impiego delle barriere stradali di sicurezza;
- Ministero dei Lavori Pubblici D.M. 3 giugno 1998, (G.U. 29/10/1998, n°253) Ulteriore aggiornamento delle istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza e delle prescrizioni tecniche per le prove ai fini dell'omologazione.
- - D.M. 11.06.99 (Aggiornamento D.M. 15.10.96 e D.M. 18.02.92 n. 223) e ss.mm.ii. “Istruzioni tecniche per la progettazione, l’omologazione e l’impiego delle barriere stradali di sicurezza”
- Ministero delle Infrastrutture e Trasporti D.M. 21 giugno 2004, (G.U. 05/08/2004, n°84) Aggiornamento delle istruzioni tecniche per la progettazione, l’omologazione e l’impiego delle barriere stradali di sicurezza e le prescrizioni tecniche per le prove delle barriere di sicurezza stradale.
- Circolare Prot. 62032 21/07/2010 “Uniforme applicazione delle norme in materia di progettazione, omologazione e impiego dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali”;
- D.M. 28/06/2011 “Disposizioni sull’uso e l’installazione dei dispositivi di ritenuta stradale”.

1. Sicurezza e prestazioni attese

1.1. Premessa

Come indicato al §2.1 del D.M. 17/01/2018 (N.T.C. 2018), la sicurezza e le prestazioni di un'opera, vanno valutate in relazione agli stati limite che si possono verificare durante la vita nominale di progetto di cui al §2.4 delle stesse NTC 2018.
Gli stati limite si dividono in Stati Limite Ultimi (SLU) nel caso in cui si faccia riferimento alla capacità della struttura di evitare crolli, perdite di equilibrio e dissesti gravi totali o parziali che possono compromettere l'incolumità delle persone o comportare la perdita di beni, e Stati Limite di Esercizio (SLE) nel caso in cui si faccia riferimento alla capacità della struttura di garantire le prestazioni previste in condizioni di esercizio.
Nelle verifiche agli stati limite ultimi si distinguono:

- lo stato limite di equilibrio come corpo rigido: EQU;
- lo stato limite di resistenza della struttura compresi gli elementi di fondazione: STR;
- lo stato limite di resistenza del terreno: GEO.

Le verifiche sono condotte mediante l'utilizzo di coefficienti parziali di sicurezza applicati alle azioni, agli effetti delle azioni, alle caratteristiche dei materiali e alle resistenze. Detti coefficienti sono diversamente raggruppati e combinati tra loro in funzione del tipo e delle finalità delle verifiche stesse nei diversi stati limite considerati.
Per quanto riguarda gli stati limite ultimi, in accordo con quanto stabilito al §2.6.1 del D.M. 17/01/2018, le verifiche sono svolte impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3).
I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito di due approcci progettuali distinti e alternativi. Nel primo approccio progettuale (*Approccio 1*) le verifiche si eseguono con due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti (cmb.1: A1 + M1 + R1; cmb 2: A2 + M2 + R2) ognuna delle quali può essere critica per differenti aspetti dello stesso progetto. Nel secondo approccio progettuale (*Approccio 2*) le verifiche si eseguono con un'unica combinazione di gruppi di coefficienti

1.2. Verifiche strutturali (STR) e geotecniche (GEO)

Per la struttura trattata, la vita nominale di progetto V_N, intesa come il numero di anni nel quale è previsto che l'opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali, vale **V_N = 50 anni.**

Le strutture vengono considerate di **Classe d'uso III**.

Secondo il §2.4.3 del D.M. 17/01/2018, il coefficiente d'uso vale **Cu=1,5** e di conseguenza il periodo di riferimento vale **V_R=75 anni**.

La valutazione della sicurezza viene condotta nei confronti degli stati limite ultimi e di esercizio.

Trattando il caso di una paratia, ai sensi del §6.5.3.1.2, si considerano i seguenti stati limite:

SLU di tipo geotecnico (GEO)

- collasso per rotazione intorno a un punto dell'opera (atto di moto rigido);

- collasso per carico limite verticale;
- sfilamento di uno o più ancoraggi;
- instabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno.

SLU di tipo strutturale (STR)

- raggiungimento della resistenza in uno o più ancoraggi;
- raggiungimento della resistenza in uno o più puntoni o di sistemi di contrasto;
- raggiungimento della resistenza strutturale della paratia.

La verifica di stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno viene effettuata secondo la Combinazione 2 (A2+M2+R2) dell'Approccio 1, tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.8.I

Le rimanenti verifiche devono essere effettuate secondo l'Approccio 1 considerando le due combinazioni di coefficienti:

- Combinazione 1: (A1+M1+R1)
- Combinazione 2: (A2+M2+R1)

Nelle verifiche nei confronti di stati limite ultimi geotecnici delle paratie, si considera lo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno ed eventualmente della struttura e, specificamente, dal raggiungimento delle condizioni di equilibrio limite nel terreno interagente con la paratia o con parte di essa. Le analisi devono essere condotte con la Combinazione 2 (A2+M2+R1), nella quale i parametri di resistenza del terreno sono ridotti tramite i coefficienti parziali del gruppo M2, i coefficienti γ_R sulla resistenza globale (R1) sono unitari e le sole azioni variabili sono amplificate con i coefficienti del gruppo A2. I valori dei parametri di resistenza di progetto sono perciò inferiori a quelli caratteristici e di conseguenza il valore di progetto della spinta attiva è maggiore, e il valore della resistenza passiva è minore, dei corrispondenti valori che deriverebbero dai parametri di resistenza caratteristici.

Nelle verifiche nei confronti di stati limite per raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali l'analisi deve essere svolta utilizzando la Combinazione 1 (A1+M1+R1), nella quale i coefficienti sui parametri di resistenza del terreno (M1) e sulla resistenza globale del sistema (R1) sono unitari, mentre le azioni permanenti e variabili sono amplificate mediante i coefficienti parziali del gruppo A1. In questo caso, i coefficienti parziali amplificativi delle azioni possono applicarsi direttamente alle sollecitazioni, calcolate con i valori caratteristici delle azioni e delle resistenze. In particolare, le sollecitazioni (comprese quelle nei puntoni e negli ancoraggi) devono calcolarsi portando in conto, anche in maniera semplificata, l'interazione fra paratia e terreno, operando su configurazioni che rispettino l'equilibrio e la compatibilità con il criterio di resistenza. Dato che i coefficienti parziali amplificativi delle azioni permanenti e variabili (gruppo A1) sono diversi, è necessario in genere distinguere le sollecitazioni prodotte dai carichi permanenti da quelle prodotte dai carichi variabili.

Nei confronti delle azioni sismiche, le verifiche agli SLU vengono svolte rispetto alla condizione della salvaguardia della vita umana (SLV).

Per le verifiche SLE degli spostamenti orizzontali, ai sensi del §6.5.3.2 del D.M. 17/01/2018, si controlla che questi risultino inferiori ai limiti di 2,0 cm ritenuti compatibili con la funzionalità dell'opera e con la sicurezza e funzionalità di manufatti adiacenti.

2. Caratterizzazione dei materiali

2.1. Strutture in c.a.

Calcestruzzo per strutture di fondazione

Calcestruzzo a prestazione garantita, in accordo alla UNI EN 206-1,

Classe di resistenza	C25/30
Resistenza cilindrica	fck = 25 N/mm²
Modulo elastico	E =31447 N/mm²
Diametro massimo aggregato	Dmax 24 mm
Classe di consistenza	S4
Classe di esposizione	XC2
Contenuto minimo cemento	300 kg/m^3
Massimo rapporto a/c	0.5
Copriferro	40 mm

Acciaio da cemento armato

Barre laminate a caldo	B450C
Resistenza a snervamento	fy=450N/mm²
Resistenza a rottura	ft=540N/mm²
Modulo elastico	E=210000 N/mm²

2.2. Micropali

Armature metalliche

Si impiegheranno armature costituite da tubolari a sezione circolare laminati a caldo in classe minima S355JR.

Tipologia di acciaio

Verrà impiegato acciaio con caratteristiche meccaniche conformi a:
UNI EN 10025 - Laminati; UNI EN 10346 – Lamiera
Qualità: S355 JR per profili metallici – travi e piastre

Resistenza caratteristica allo snervamento	$f_{y,k}$ = 355 N/mm²
Resistenza caratteristica a rottura	$f_{t,k}$ = 510 N/mm²
Modulo elastico	E = 210.000 N/mm^2

Bulloneria e saldature

Bulloneria classi (8.8) (vite + dado) secondo UNI-EN ISO 898/1:

Resistenza caratteristica allo snervamento	$f_{y,B}$ = 640 N/mm²
Resistenza caratteristica a rottura	$f_{t,B}$ = 800N/mm²

- Coppie di serraggio per bulloni non precaricati

- Saldature di classe II (secondo UNI 5132)
- Saldature ad arco con elettrodi rivestiti tipo E52 3 o 4 o equivalenti per saldatura automatica o semiautomatica secondo UNI EN ISO 2560:2007 Altezza di gola del cordone di saldatura maggiore di 7/10 dello spessore minimo collegato.

Gli elementi tubolari saranno dotati di estremità atte a consentire giunzioni maschio-femmina o manicottate.

	
Giunzione con manicotti	*Estremità filettata del tubolare*

Malta e miscele cementizio per completamento micropali

Saranno impiegate malte cementizie a prestazione garantita secondo la norma EN 196-1 con le seguenti caratteristiche di dettaglio:

Dati Tecnici	
Peso specifico della polvere	ca. 1.650 kg/m³
Granulometria	< 3 mm
Resa	ca. 1.850 kg di polvere secca per ottenere 1 m³ di malta bagnata
Acqua d'impasto	16,5-17,5%
Densità malta fresca	ca. 2.150 kg/m³
Resistenza a compressione a 7 gg (EN 1015-11)	≥ 26 N/mm²
Resistenza a compressione a 28 (EN 1015-11)	≥ 32 N/mm²
Modulo Elastico in compressione (EN 13412 - metodo 2)	≥ 21.000 MPa
Contenuto ione Cl^- (EN 1015-17)	≤ 0,05%
Permeabilità al vapore acqueo (UNI EN 1015-19)	μ = 15/35 (valore tabulato)
Coefficiente di conducibilità termica (EN 1745)	λ = 1,2 W/m·K (valore tabulato)
Reazione al fuoco (EN 13501-1)	Euroclasse A1
Fluidità secondo EN 1015-3 modificata senza colpi	180-200 mm
Conforme alla norma EN 998-2	M30
Le prestazioni sottoriportate sono ottenute impastando il prodotto con 17% di acqua in ambiente a temperatura e umidità controllata (20±1°C e 60±5%U.R.).	

2.3. Terre rinforzate

Elementi di rinforzo - Terramesh Verde Light

La struttura di sostegno in terra rinforzata con paramento rinverdibile è realizzata in elementi marcati CE in accordo con la ETA 16/0767 per gli specifici impieghi come “sistemi in rete metallica per il rinforzo del terreno per opere di sostegno”. La struttura è costituita da elementi di armatura planari orizzontali, larghi 3.0 m, in rete metallica a doppia torsione, realizzati in accordo con le “Linee Guida per la certificazione di idoneità tecnica all’impiego e l’utilizzo di prodotti in rete metallica a doppia torsione “approvate dal Consiglio Superiore LL.PP. (n.69/2013), ed in accordo con la UNI EN 10223-3:2013.

La rete metallica a doppia torsione deve essere realizzata con maglia esagonale tipo 8x10 (UNI-EN 10223-3), tessuta con filo in acciaio trafilato, avente un diametro pari 2.20 mm, galvanizzato con lega eutettica di Zinco - Alluminio (5%), conforme all’EN 10244-2 (Classe A) con un quantitativo non inferiore a 230 g/mq. Oltre a tale trattamento il filo sarà ricoperto da un rivestimento di materiale plastico che dovrà avere uno spessore nominale di 0.50 mm, portando il diametro esterno al valore nominale di 3.20 mm. La resistenza del polimero ai raggi UV sarà tale che a seguito di un’esposizione di 2500 ore a radiazioni UV (secondo ISO 4892-2 o ISO 4892-3) il carico di rottura e l’allungamento a rottura non variano in misura maggiore al 25%.

La resistenza a trazione della rete dovrà essere non inferiore a 35 kN/m (test eseguiti in accordo alla UNI EN 10223-3:2013).

La rete una volta sottoposta al 50% del carico massimo a rottura per trazione pari a 17.5 kN/m, non dovrà presentare rotture del rivestimento plastico del filo all’interno delle torsioni.

Capacità di carico a punzonamento della rete dovrà essere non inferiore a 36 kN (test eseguiti in accordo alla UNI 11437 e alla ISO 17746).

La rete deve presentare una resistenza a corrosione in SO_2 (0,2 dm^3 SO_2 per 2 dm^3 acqua) tale per cui dopo 28 cicli la percentuale di ruggine rossa non deve essere superiore al 5% (test eseguito in accordo alla EN ISO 6988).

La rete deve presentare una resistenza a corrosione in test in nebbia salina tale per cui dopo 6000h la percentuale di ruggine rossa non deve essere superiore al 5% (test eseguito in accordo alla EN ISO 9227).

Ogni singolo elemento è provvisto di barrette di rinforzo galvanizzate con lega eutettica di Zinco - Alluminio (5%), con un quantitativo non inferiore a 245 g/mq e plasticate, aventi diametro pari a 2.70/3.70 mm e inserite all'interno della doppia torsione delle maglie, in corrispondenza dello spigolo superiore ed inferiore del paramento. Il paramento in vista sarà provvisto inoltre di un elemento di irrigidimento interno assemblato in fase di produzione in stabilimento, costituito da un pannello di rete elettrosaldata con diametro non inferiore a 6 mm e da un idoneo ritentore di fini. Il paramento sarà fissato con pendenza variabile, per mezzo di elementi a squadra realizzati in tondino metallico e preassemblati alla struttura. Gli elementi di rinforzo contigui saranno posti in opera e legati tra loro con punti metallici meccanizzati galvanizzati con Galmac lega eutettica di Zinco - Alluminio (5%) classe A secondo la UNI EN 10244-2, con diametro 3.00 mm e carico di rottura minimo pari a 1700 MPa.

Il Sistema Qualità della ditta produttrice dovrà essere inoltre certificato in accordo alla ISO 9001:2008 da un organismo terzo indipendente. Il Sistema di Gestione Ambientale della ditta produttrice dovrà essere inoltre certificato in accordo alla ISO 14001:2004 da un organismo terzo indipendente.

Le lunghezze dei rinforzi sono riportate negli elaborati grafici di dettaglio e nei tabulati di dimensionamento allegati.

Requisiti richiesti per il rilevato strutturale

Il terreno di riempimento che costituisce il rilevato strutturale dell'opera, potrà provenire sia da scavi precedentemente eseguiti sia da cave di prestito e facendo riferimento alle classificazioni ASTM D 3282 o UNI 10006 dovrà appartenere ai A1-a, A1-b, A3, A2-4, A2-5 con esclusione di pezzature superiori a 150mm.

Il materiale con dimensioni superiori a 100 mm è ammesso con percentuale inferiore al 15% del totale. In ogni caso dovranno essere esclusi i materiali che, da prove opportune, presentino parametri geomeccanici (angoli d'attrito e coesione) minori di quelli previsti in progetto.

Il peso di volume del terreno di riempimento, in opera compattato, dovrà essere superiore a 18-19 kN/m3.

Le caratteristiche e l'idoneità dei materiali saranno accertate mediante le seguenti prove di laboratorio.

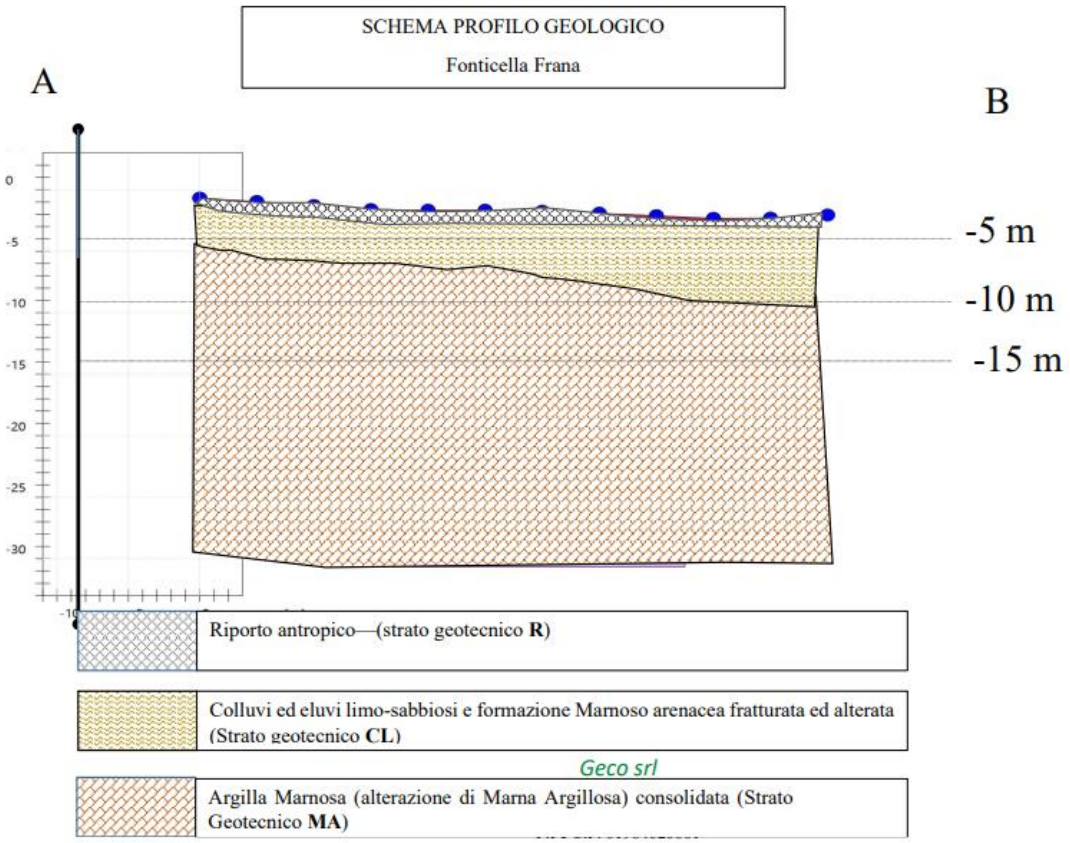
- analisi granulometrica;
- determinazione del contenuto naturale d'acqua;
- determinazione del limite liquido e dell'indice di plasticità sull'eventuale porzione di passante al setaccio 0,4 UNI 2332;
- prova di compattazione AASHTO.

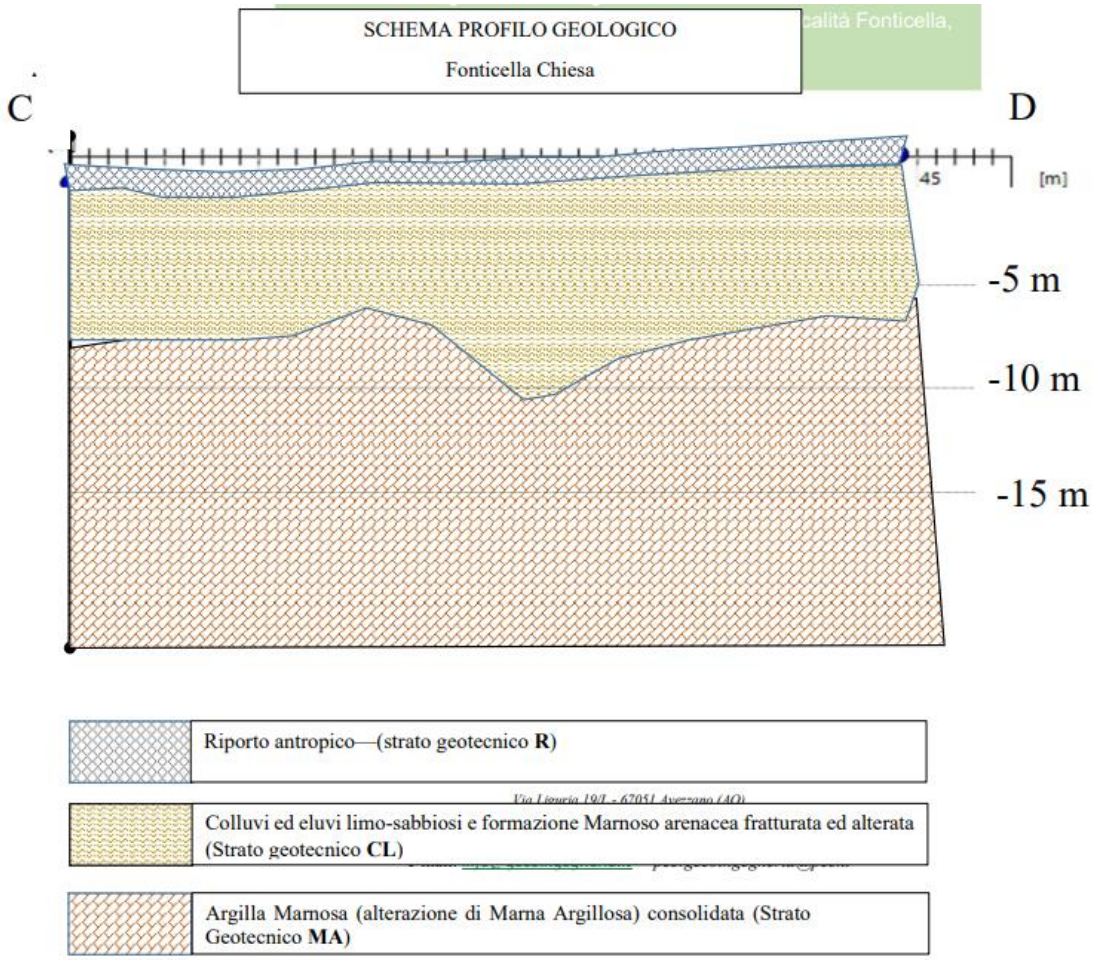
Le prove andranno distribuite in modo tale da essere sicuramente rappresentative dei risultati conseguiti in sede di preparazione dei piani di posa degli elementi di rinforzo, in relazione alle caratteristiche dei terreni utilizzati.

2.4. Caratterizzazione geotecnica del terreno

Da un punto di vista geologico e geotecnico, a seguito delle indagini svolte, è stato possibile individuare le unità geotecniche riportate nella tabella e nel grafico seguenti.

Morino Palestra comunale	Profondità Del tetto e della base degli strati geotecnici	Peso di volume naturale γ_v (Kg/dm^3)	Peso di volume saturo γ_{sat} (Kg/dm^3)	Angolo di attrito interno Φ (°)	Coesione non drenata Cu (Kg/cm^2)
STRATO R	-0 – 1.40 COESIVO INCOERENTE	1.54 1.73	1.88 1.88	21.5 27.1	0.15 0.00
STRATO CL	-1.4-3.3 fino a -8.00 COESIVO	1.72	1.87	21.2	0.17
STRATO MA	-3.30/8.00 – oltre 30 m COESIVO	2.5	2.51	25.3	0.73





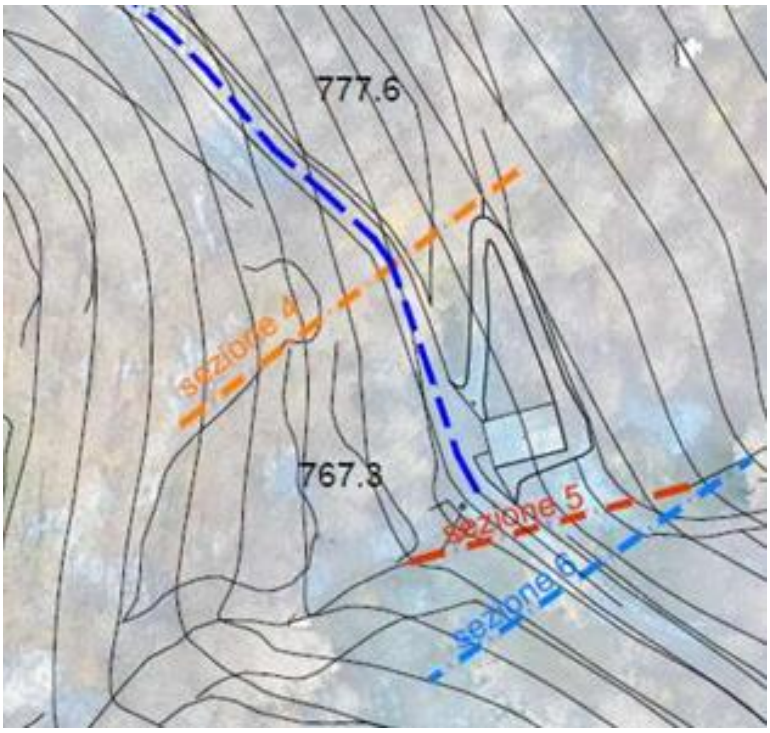
Sezione geotecnica del sito oggetto di studio

Ai fini della determinazione dell'interazione terreno-struttura e della sicurezza nei confronti di meccanismi di collasso geotecnici, la successione stratigrafica descritta viene introdotta nelle analisi individuando le corrispondenti unità geotecniche ed assegnando ad esse i parametri meccanici esposti. Tali parametri, nell'ottica della progettazione agli stati limite, sono da intendere come "caratteristici".

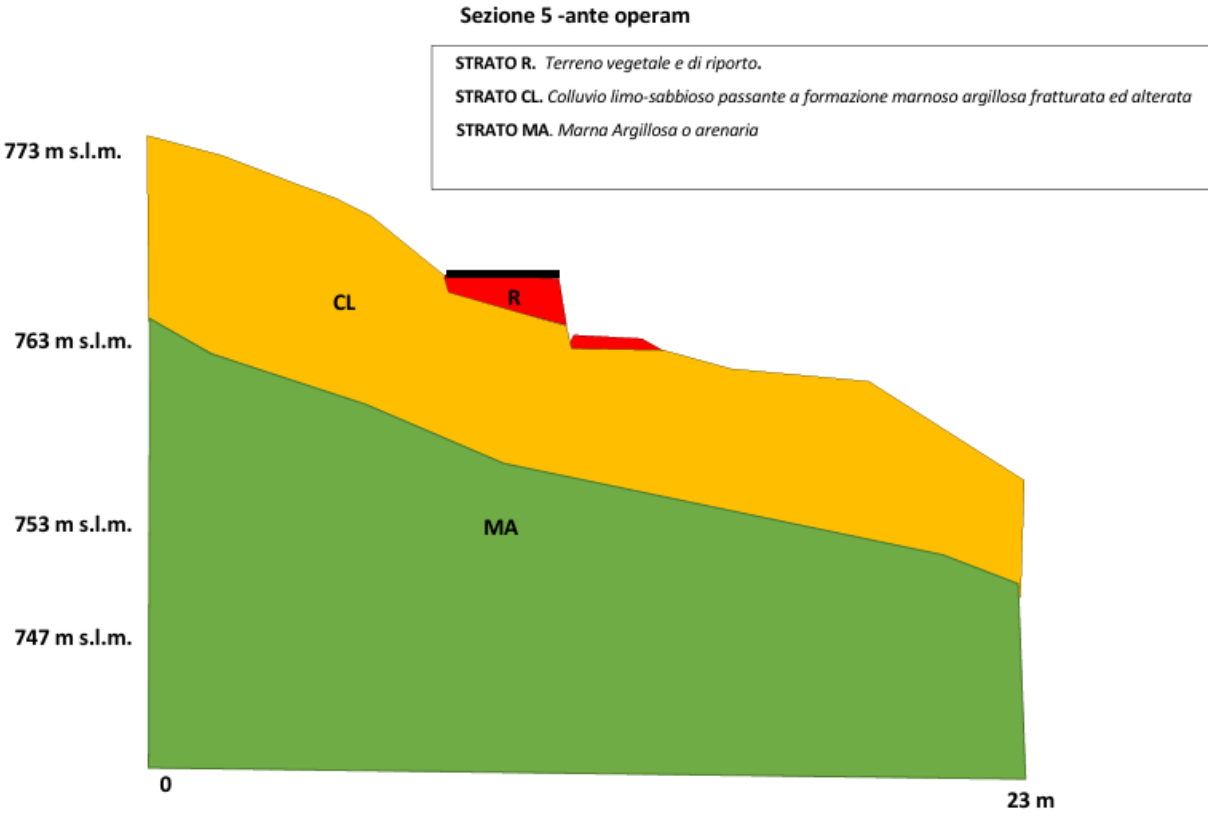
Le indagini sismiche condotte in sito permettono di assumere, come categoria sismica per il sottosuolo, la categoria **C**; le condizioni topografiche sono tali da inquadrare il sito in categoria **T2**.
È nota la presenza di una falda acquifera superficiale (- 2, - 3 m dal p.c.) effimera e variabile con la stagionalità.
Il rischio di liquefazione è basso

2.5. Modello geotecnico del sito

A valle delle indagini geognostiche è stato possibile definire il modello geotecnico del sito presentato nelle immagini che seguono.



Planimetria dell'area 2 oggetto di intervento



Sezione 5 con ricostruzione del modello geotecnico del sito

3. Analisi dei carichi

3.1. Peso proprio delle strutture

Si considerano azioni sull'opera di sostegno, quelle dovute al peso proprio del terreno e del materiale di riempimento, ai sovraccarichi, all'acqua. Il peso proprio degli elementi strutturali viene calcolato assumendo per il calcestruzzo una densità $\rho = 2500$ kg/m³ e per l'acciaio una densità $\rho = 7850$ kg/m³. i pesi specifici dei terreni coinvolti dall'opera sono riportati nel capitolo precedente a cui si rimanda per dettagli. Per la determinazione dei sovraccarichi a tergo della struttura si tiene conto della presenza di fabbricati esistenti.

3.2. Carichi e sovraccarichi variabili

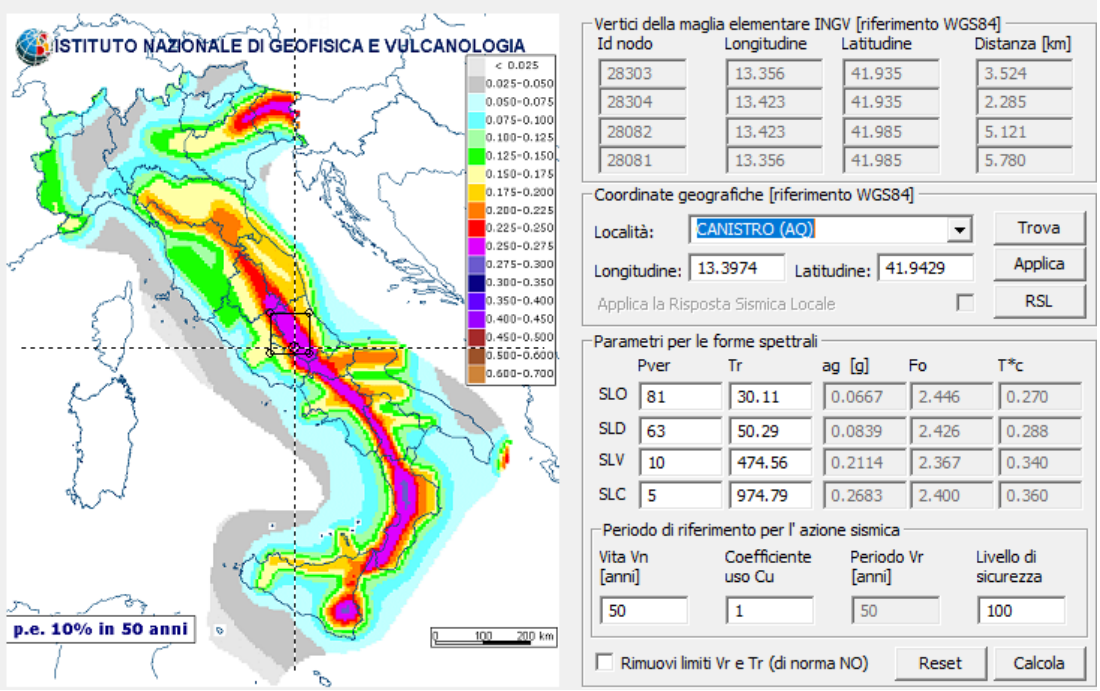
Si assumono i seguenti sovraccarichi a tergo delle opere di sostegno:

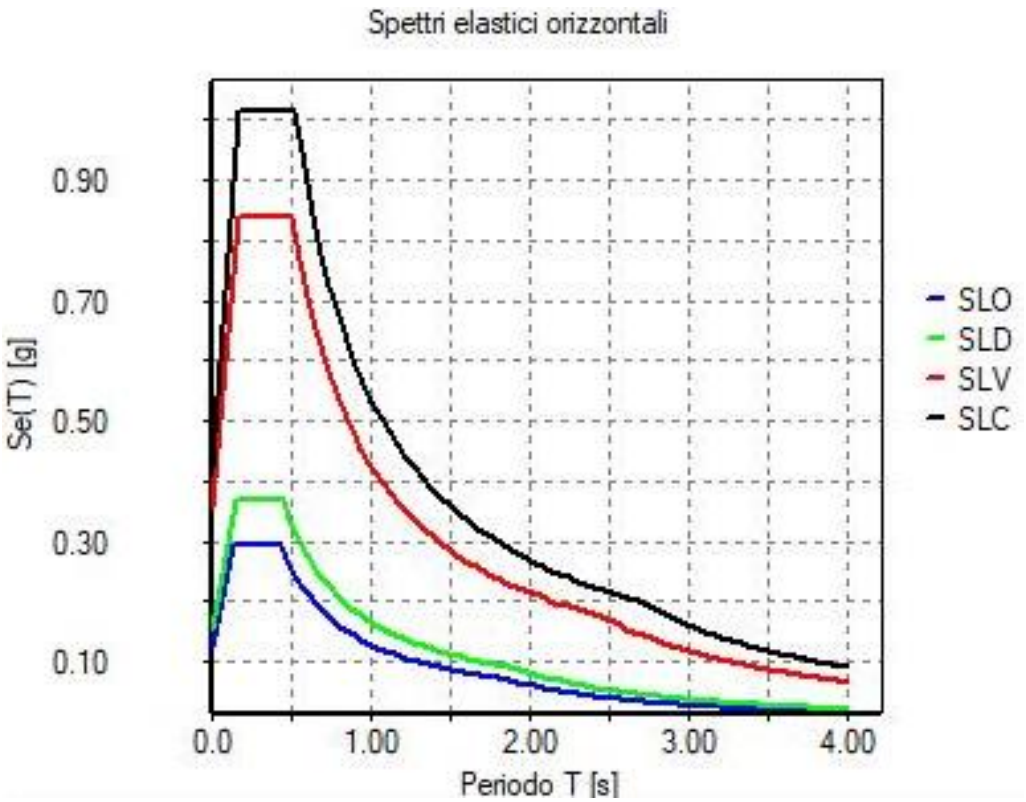
- Sovraccarico carreggiata ($\mathbf{Q_{Ed}}$): si assume un carico distribuito, applicato a sul terrapieno dell'opera su un tratto pari alla larghezza della strada, di **10,00 kN/m²**.
- Sovraccarico traffico ($\mathbf{Q_{Ed}}$): si assume un carico distribuito, applicato a sul terrapieno dell'opera su un tratto pari alla larghezza della strada, di **15,00 kN/m²**.
- Sulla sommità del cordolo della paratia si considerano applicati, come carichi concentrati, un'azione tagliante pari a **35 kN** ed una coppia flettente pari a **35 kNm** dovuti alla presenza della barriera stradale in classe H2.

3.3. Azione sismica

Seguendo i criteri indicati al §2.4 del D.M. 17-01-18, per la struttura in esame si assume una vita nominale pari a **50 anni**; la classe d'uso è la **Classe III**, a cui corrisponde un coefficiente d'uso **Cu=1,5**. Complessivamente la vita di riferimento vale **Vr = 75 anni**. Si assume un terreno di fondazione di categoria **C** e configurazione topografica **T2**.

Si riportano i dettagli dei parametri sismici considerati per le verifiche strutturali e geotecniche.


ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA
< 0.025
0.025-0.050
0.050-0.075
0.075-0.100
0.100-0.125
0.125-0.150
0.150-0.175
0.175-0.200
0.200-0.225
0.225-0.250
0.250-0.275
0.275-0.300
0.300-0.350
0.350-0.400
0.400-0.450
0.450-0.500
0.500-0.600
0.600-0.700
p.e. 10% in 50 anni
100 200 km
Vertici della maglia elementare INGV [riferimento WGS84]
Id nodo Longitudine Latitudine Distanza [km]
28303 13.356 41.935 3.524
28304 13.423 41.935 2.285
28082 13.423 41.985 5.121
28081 13.356 41.985 5.780
Coordinate geografiche [riferimento WGS84]
Località: CANISTRO (AQ)
Trova
Longitudine: 13.3974 Latitudine: 41.9429
Applica
Applica la Risposta Sismica Locale
RSL
Parametri per le forme spettrali
Pver Tr ag [g] Fo T*c
SLO 81 30.11 0.0667 2.446 0.270
SLD 63 50.29 0.0839 2.426 0.288
SLV 10 474.56 0.2114 2.367 0.340
SLC 5 974.79 0.2683 2.400 0.360
Periodo di riferimento per l' azione sismica
Vita Vn [anni] Coefficiente uso Cu Periodo Vr [anni] Livello di sicurezza
50 1 50 100
Rimuovi limiti Vr e Tr (di norma NO)
Reset
Calcola


Spettri elastici orizzontali
Se(T) [g]
0.90
0.70
0.50
0.30
0.10
0.0
1.00
2.00
3.00
4.00
Periodo T [s]
SLO
SLD
SLV
SLC

4. Combinazioni dei carichi

Con riferimento al paragrafo 2.5.1.3 delle NTC 2018, le azioni che investono la struttura, definite in dettaglio nel capitolo precedente per la struttura in oggetto, sono classificate in relazione alla durata della loro presenza nell'arco della vita di progetto come:

a. permanenti(G): azioni con sufficiente approssimazione costanti nel tempo, tra le quali:
   - peso proprio di tutti gli elementi strutturali; peso proprio del terreno, quando pertinente;
   - forze indotte dal terreno (esclusi gli effetti di carichi variabili applicati al terreno);
   - peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;
   - spostamenti e deformazioni imposti, previsti dal progetto e realizzati all'atto della costruzione;
b. variabili(Q): azioni sulla struttura o sull'elemento strutturale con valori istantanei che possono risultare sensibilmente diversi fra loro nel tempo:
   - di lunga durata: agiscono con un'intensità significativa, anche non continuativamente, per un tempo non trascurabile rispetto alla vita nominale della struttura;
   - di breve durata: azioni che agiscono per un periodo di tempo breve rispetto alla vita nominale della struttura;
   - sismiche(E): azioni derivanti dai terremoti.

L'effetto delle azioni viene valutato ai fini delle verifiche con l'approccio semiprobabilistico agli stati limite, secondo diverse combinazioni:

Combinazione fondamentale SLU dei carichi, impiegata per gli stati limite ultimi (nei risultati SLU statica):

$$\gamma_{G1}\cdot G1+\gamma_{G2}\cdot G2 + \gamma_{P}\cdot P +\gamma_{Q1}\cdot Qk1 +\gamma_{Q2}\cdot\psi_{02}\cdot Qk2 +\gamma_{Q3}\cdot\psi_{03}\cdot Qk3+ ...$$

Combinazione caratteristica CA rara, impiegata per gli stati limite di esercizio irreversibili (nei risultati SLE rara)

$$G1 + G2 + P + Qk1 +\psi 02\cdot Qk2+\psi 03\cdot Qk3+ ...$$

Combinazione frequente FR, impiegata per gli stati limite di esercizio reversibili (nei risultati SLE frequente)

$$G1 + G2 +P+\psi 11\cdot Qk1 +\psi 22\cdot Qk2+ \psi 23\cdot Qk3 + ...$$

Combinazione quasi permanente QP, impiegata per gli effetti a lungo termine (nei risultati SLE quasi permanente)

$$G1 + G2 + P +\psi 21\cdot Qk1 +\psi 22\cdot Qk2+ \psi 23\cdot Qk3 + ...$$

Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (nei risultati SLU sisma)

$$E + G1 + G2 + P +\psi 21\cdot Qk1+ \psi 22\cdot Qk2 + ...$$

Dettagli per la combinazione sismica

La valutazione dell'azione sismica E è condotta secondo le specifiche del capitolo 3.2 e in accordo con le prescrizioni del capitolo 7.3.3 delle NTC 2018 per i tipi di analisi sismica lineare sia dinamica che statica.

I risultati così ottenuti per ciascuna direzione, X e Y (eventualmente anche Z), vengono poi combinati secondo le indicazioni del capitolo 7.3.5 delle NTC 2018, ovvero vengono sommati i contributi secondo il seguente criterio:

E1 = 1,00×Ex + 0,30×Ey + 0,30×Ez

E2 = 0,30×Ex + 1,00×Ey + 0,30×Ez

E3 = 0,30×Ex + 0,30×Ey + 1,00×Ez

la rotazione dei coefficienti moltiplicativi permette l'individuazione degli effetti più gravosi, la direzione Z è opzionale in virtù delle prescrizioni al paragrafo 7.2.1 delle NTC 2018.

Nella verifica allo stato limite ultimo si distinguono le combinazioni EQU, STR e GEO (cfr NTC 2018§ 2.6.1), rispettivamente definite come: stato limite di equilibrio EQU, che considera la struttura ed il terreno come corpi rigidi; stato limite di resistenza della struttura STR, da riferimento per tutti gli elementi strutturali, e stato limite di resistenza del terreno GEO.

Nelle verifiche STR e GEO possono essere adottati in alternativa, due diversi approcci progettuali: per l'approccio 1 si considerano due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti di sicurezza parziali per le azioni, per i materiali e per la resistenza complessiva, nell'approccio 2 si definisce un'unica combinazione per le azioni, per la resistenza dei materiali e per la resistenza globale

		Coefficiente γf	***EQU***	***A1***	***A2***
Carichi permanenti	*Favorevoli* *Sfavorevoli*	$\gamma G1$	*0,9* *1,1*	*1,0* *1,3*	*1,0* *1,0*
Carichi permanenti non strutturali *(Non compiutamente definiti)*	*Favorevoli* *Sfavorevoli*	$\gamma G2$	*0,8* *1,5*	*0,8* *1,5*	*0,8* *1,3*
Carichi variabili	*Favorevoli* *Sfavorevoli*	γQi	*0,0* *1,5*	*0,0* *1,5*	*0,0* *1,3*

Le Norme Tecniche prescrivono i valori dei coefficienti ψ in dipendenza dalle caratteristiche della funzione di ripartizione di ciascuna azione: si ammette infatti che, assieme alle azioni permanenti, esistano combinazioni di azioni in cui una sola azione è presente al valore caratteristico mentre le altre hanno intensità ridotte ψ0Qk.Le categorie di azioni variabili ed i rispettivi coefficienti di combinazione utilizzati nell'applicazione dei carichi al modello sono riportati nella tabella seguente:

Destinazione d'uso/azione	***ψ0***	***ψ1***	***ψ2***
Categoria A residenziali	*0,70*	*0,50*	*0,30*
Categoria B uffici	*0,70*	*0,50*	*0,30*
Categoria C ambienti suscettibili di affollamento	*0,70*	*0,70*	*0,60*
Categoria D ambienti ad uso commerciale	*0,70*	*0,70*	*0,60*
Categoria E biblioteche, archivi, magazzini,…	*1,00*	*0,90*	*0,80*
Categoria F Rimesse e parcheggi (autoveicoli <= 30kN)	*0,70*	*0,70*	*0,60*
Categoria G Rimesse e parcheggi (autoveicoli > 30kN)	*0,70*	*0,50*	*0,30*
Categoria H Coperture	*0,00*	*0,00*	*0,00*
Vento	*0,60*	*0,20*	*0,00*
Neve a quota <= 1000 m	*0,50*	*0,20*	*0,00*
Neve a quota > 1000 m	*0,70*	*0,50*	*0,20*
Variazioni Termiche	*0,60*	*0,50*	*0,00*

5. Criteri generali di modellazione e verifica

5.1. Premessa ai calcoli

Gli elementi che concorrono al calcolo di una paratia sono vari. Si coinvolgono infatti concetti legati alla flessibilità dei pali, al calcolo della spinta del terrapieno, alla rigidezza del terreno ecc. Si osservi la seguente figura:

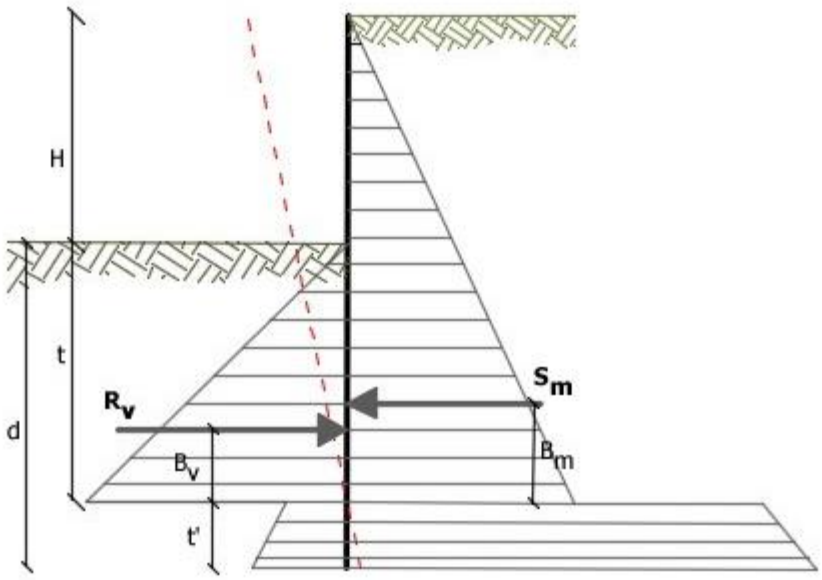


Figura 1: Schema delle pressioni agenti sulla paratia

Si osserva che le pressioni laterali chiamate a concorrere nell'equilibrio sono la pressione attiva sviluppata a tergo della paratia e la pressione passiva che si sviluppa nella parte anteriore della paratia (Parte di valle della paratia). Il calcolo, sia nell'ambito dei metodi semplificati che nell'ambito di metodi numerici, della spinta a tergo ed a valle della paratia viene solitamente condotto sia con il metodo di Rankine che con il metodo dI Coulomb. Si rileva però che il metodo di Coulomb fornisce risultati più accurati in quanto essendo la paratia un'opera solitamente flessibile, e manifestando quindi spostamenti maggiori si generano fenomeni di attrito all'interfaccia paratia-terreno che possono essere tenuti in conto solo attraverso i coefficienti di spinta di Coulomb. Nell'utilizzo del metodo degli elementi finiti si deve calcolare anche un coefficiente di reazione del terreno ks, oltre che la spinta attiva e passive del terreno. Se si parla di analisi in condizioni non drenate è inoltre necessario conoscere il valore della coesione non drenata. È inoltre opportuno considerare che, se si vuole tenere debitamente in conto l'attrito tra terreno e opera, si deve conoscere l'angolo di attrito tra terreno e opera. In conclusione i parametri (in termini di proprietà del terreno) di cui si deve disporre per effettuare l'analisi sono i seguenti:

- Angolo di attrito interno del terreno;
- Coesione del terreno;
- Peso dell'unità di volume del terreno;
- Angolo di attrito tra il terreno ed il materiale che costituisce l'opera.

Calcolo della spinta

La spinta viene calcolata con il metodo di Coulomb. Il metodo di Coulomb è in grado di tenere in conto le variabili più significative, soprattutto con riguardo al fenomeno attritivo che si genera all'interfaccia paratia-terreno. Per terreno omogeneo ed asciutto il diagramma delle pressioni si presenta lineare con distribuzione (valutata alla profondità z):

$$\sigma_h(z) = k_a \cdot \gamma_t \cdot z$$

La spinta totale, che è l'integrale della relazione precedente su tutta l'altezza, è applicata ad 1/3 di H e si calcola con la seguente espressione:

$$S_t(z) = \frac{1}{2} k_a \cdot \gamma_t \cdot H^2$$

Avendo indicato con ka il valore del coefficiente di pressione attiva, determinabile con la seguente relazione:

$$\begin{cases} k_a = \dfrac{\sin^2(\phi+\beta)}{\sin^2\beta \cdot \sin(\beta-\delta)\cdot\left[1+\sqrt{\dfrac{\sin(\phi+\delta)\cdot\sin(\phi-\varepsilon)}{\sin(\beta-\delta)\cdot\sin(\beta+\varepsilon)}}\right]^2} \\ \text{con } \delta < (\beta-\phi-\varepsilon) \text{ secondo Muller} - \text{Breslau} \end{cases}$$

γ_t = Peso unità di volume del terreno;

β = Inclinazione della parete interna rispetto al piano orizzontale passante per il piede;

ϕ = Angolo di resistenza al taglio del terreno;

δ = Angolo di attrito terreno-paratia positivo se antiorario;

ε = Inclinazione del piano campagna rispetto al piano orizzontale positiva se antioraria;

Sovraccarico su terreno

Un carico Q, uniformemente distribuito sul piano campagna induce delle pressioni costanti pari:

$$\sigma_q(z) = k_a \cdot Q \cdot \frac{\sin(\beta)}{\sin(\beta+\varepsilon)}$$

Integrando la tensione riportata alla formula precedente si ottiene la spinta totale dovuta al sovraccarico:

$$S_q = k_a \cdot Q \cdot \frac{\sin(\beta)}{\sin(\beta+\varepsilon)} \cdot H$$

Con punto di applicazione ad H/2 (essendo la distribuzione delle tensioni costante). Nelle precedenti formule i simboli hanno il seguente significato:

β= Inclinazione della parete interna rispetto al piano orizzontale passante per il piede

ε= Inclinazione del piano campagna rispetto al piano orizzontale positiva se antioraria

ka= Coefficiente di pressione attiva calcolato al paragrafo precedente

Spinta dovuta alla presenza di falda

La falda con superficie distante Hw dalla base della struttura, induce delle pressioni idrostatiche normali alla parete che, alla profondità z sono espresse come segue:

$$u(z) = \gamma_w \cdot z$$

La spinta idrostatica totale si ottiene per integrazione su tutta l'altezza della relazione precedente:

$$S_w = \frac{1}{2}\gamma_w \cdot H^2$$

Avendo indicato con H l'altezza totale di spinta e con γ_W il peso dell'unità di volume dell'acqua. La spinta del terreno immerso si ottiene sostituendo γ_t con γ'_t ($\gamma'_t = \gamma_{saturo} - \gamma_w$), peso specifico del materiale immerso in acqua. In condizioni sismiche la sovraspinta esercitata dall'acqua viene valutata nel seguente modo:

$$\Delta S_w = \frac{7}{12}\gamma_w \cdot {H_w}^2 \cdot C$$

applicata a 2/3 dell'altezza della falda Hw *[Matsuo O'Hara (1960) Geotecnica , R. Lancellotta]*

Spinta attiva in condizioni sismiche

In presenza di sisma la forza di calcolo esercitata dal terrapieno sulla parete è data da:

$$E_d = \frac{1}{2}\gamma \cdot (1 \pm k_v) K H^2 + E_{ws} + E_{wd}$$

Dove i simboli hanno il seguente significato:

H= altezza di scavo

k_V= coefficiente sismico verticale

γ= peso per unità di volume del terreno

K= coefficienti di spinta attiva totale (statico + dinamico) (vedi Mononobe & Okabe)

E_{ws}= spinta idrostatica dell'acqua

E_{wd}= spinta idrodinamica.

Per terreni impermeabili la spinta idrodinamica Ewd = 0, ma viene effettuata una correzione sulla valutazione dell'angolo β della formula di Mononobe & Okabe così come di seguito:

$$tg\vartheta = \frac{\gamma_{sat}}{\gamma_{sat} - \gamma_w}\frac{k_h}{1 \mp k_v}$$

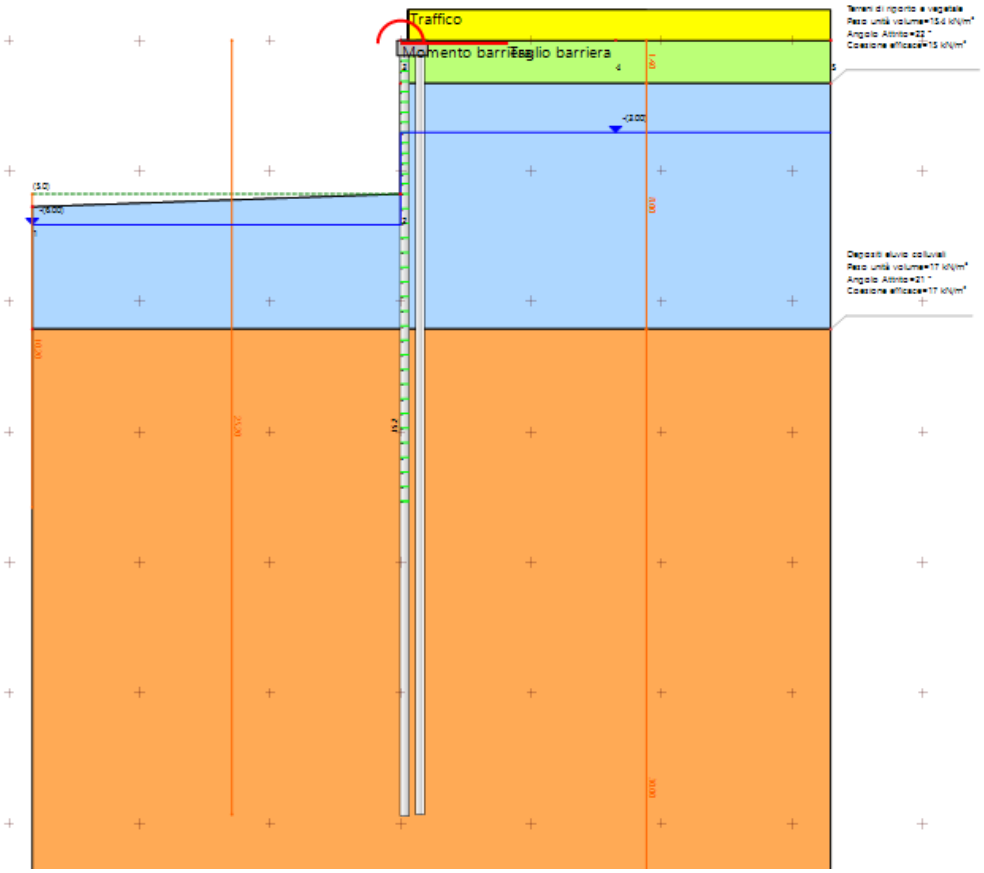
Nei terreni ad elevata permeabilità in condizioni dinamiche continua a valere la correzione di cui sopra, ma la spinta idrodinamica assume la seguente espressione:

$$E_{wd} = \frac{7}{12}k_h \gamma_w H'^2$$

Con H' altezza del livello di falda (riportata nella sezione relativa al calcolo della spinta idrostatica).

5.2. Descrizione del modello di calcolo adottato

Si riporta di seguito il modello di calcolo adottato per le verifiche delle paratie oggetto del presente lavoro.



Vista in sezione del modello di calcolo adottato per le verifiche della paratia

6. Risultati dei Calcoli e delle verifiche

6.1. Verifica paratia tipo 1 – fase di scavo

GEOMETRIA SEZIONE

Sezione	Circolare Tubolare	
Calcestruzzo	C25/30	
Acciaio	B450C	
Nome	Circolare Tubolare 193x8	
Diametro	0.26	m
Disposizione	Quinconce	
Interasse Iy	1	m
Interasse Ix	0.5	m
Armatura: Profilato		
Base/Diametro	193	mm
Altezza	0	mm
Spessore[Sa]	8	mm
Spessore[Sw]	0	mm

Dati generali FEM

Massimo spostamento lineare terreno	2	cm
Fattore tolleranza spostamento	0.03	cm
Tipo analisi	Non lineare	
Massimo numero di iterazioni	10	
Fattore riduzione molla fondo scavo	1	
Profondità infissione iniziale	10	m
Incremento profondità infissione	0.2	m
Numero di elementi	36	
Numero nodo di fondo scavo	16	

Stratigrafia

Fase: 1

Nr.	Peso specifico [kN/m³]	Peso specifico saturo [kN/m³]	Coesione [kN/m²]	Angolo attrito [°]	O.C.R.	Modulo edometrico [kN/m²]	Attrito terra muro monte [°]	Attrito terra muro valle [°]	Spessore [m]	Inclinazione [°]	Descrizione
1	15.4	17.3	15.0	22.0	0.0	4900.0	14.0	0.0	1.4	0.0	Terreni di riporto e vegetale
2	17.0	18.7	17.0	21.0	0.0	4900.0	14.0	0.0	8.0	0.0	Depositi eluvio colluviali
3	25.0	25.0	73.0	25.0	0.0	8000.0	16.8	0.0	30.0	0.0	Formazione Flyschoide Marnoso-Arenacea

Calcolo coefficienti sismici

Dati generali

Descrizione zona Canistro
Latitudine 41.9432 [°]
Longitudine 13.3982 [°]

Dati opera
Tipo opera Opere ordinarie
Classe d'uso II
Vita nominale 50 [anni]
Vita di riferimento 50 [anni]

Parametri sismici su un sito di riferimento
Categoria sottosuolo C
Categoria topografica T2

SL	Tr [Anni]	ag [m/sec²]	F0 [-]	TS* [sec]
SLO	30	0.66	2.44	0.27
SLD	50	0.82	2.43	0.29
SLV	475	2.08	2.37	0.34
SLC	975	2.64	2.40	0.36

Coefficienti sismici orizzontale e verticale
Opera: SLC

SL	Amax [m/sec²]	beta [-]	kh [-]	kv [-]
SLO	1.18	0.74	0.09	0.04
SLD	1.48	0.74	0.11	0.06
SLV	3.49	0.74	0.26	0.13
SLC	4.16	0.74	0.31	0.16

Carichi

Fase: 1

Descrizione	Tipo	Xi [m]	Xf [m]	Yi [m]	Yf [m]	Profondità [m]	Valore [kN]-[kPa]
Strada	Uniformi	0.22	8	0	0	0	10
Traffico	Uniformi	0.26	14	0	0	0	15

Forze applicate…

Fase: 1

Descrizione	Tipo	Yf [m]	Valore [kN]-[kPa]
Taglio barriera	Fx	0.1	35
Momento barriera	My	0.1	35

Analisi Paratia Metodo calcolo: FEM
Profondità massima di infissione 10.2 [m]

Fase: 1 Analisi geotecnica Fase: 1 - Combinazione: 1

Altezza scavo 5 [m]
Tipo: S.L.U. [STR]
Nome: A1+M1+R1
Coefficienti sismici: Kh = 0.2634, Kv = 0.1317

Coefficienti parziali azioni

Nr.	Azioni	Fattori combinazione
1	Peso proprio	1
2	Spinta terreno	1.3
3	Spinta falda	1
4	Spinta sismica x	0
5	Spinta sismica y	0
6	Taglio barriera	0
7	Momento barriera	0
8	Strada	1.5
9	Traffico	1.5

Coefficienti parziali terreno

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo resistenza taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1
5	Angolo di attrito terra parete	1

Coefficienti resistenze capacità portante verticale

Nr.	Capacità portante	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Totale	1
4	Laterale trazione	1
5	Orizzontale	1

Profondità di infissione 10.20 [m]
Pressione massima terreno 59.73 [kPa]
Momento massimo 165.86 [kNm/m]
Taglio massimo 77.25 [KN/m]

Sollecitazioni

Z [m]	Pressioni totali terreno [kPa]	Sforzo normale [kN/m]	Momento [kNm/m]	Taglio [kN/m]	Spostamento [cm]	Modulo reazione [kN/m³]
0.33	--	15.13	--	-0.19	3.1022	--
0.67	2.93	16.99	-0.02	-1.17	2.9304	--
1.00	4.40	19.86	-0.41	-2.53	2.7587	--
1.33	5.86	21.73	-1.23	-4.55	2.5869	--
1.67	8.13	25.60	-2.75	-7.22	2.4153	--
2.00	10.60	28.46	-5.16	-10.73	2.2439	--
2.33	13.06	32.33	-8.73	-15.23	2.0730	--
2.67	15.53	35.20	-13.78	-20.32	1.9027	--
3.00	18.00	39.07	-20.54	-26.48	1.7337	--
3.33	22.87	90.94	-29.38	-34.05	1.5663	--
3.67	27.75	95.80	-40.72	-43.34	1.4013	--
4.00	32.62	100.67	-55.16	-54.16	1.2397	--
4.33	37.50	105.54	-73.22	-66.68	1.0826	--
4.67	42.37	109.41	-95.44	-77.25	0.9314	--
5.00	47.24	114.27	-121.19	-66.04	0.7881	13822.97
5.49	--	121.54	-153.27	-25.93	0.5972	13822.97
5.97	-59.73	128.80	-165.86	3.07	0.4321	13822.97
6.46	-40.81	135.07	-164.37	22.90	0.2952	13822.97
6.94	-25.75	142.33	-153.25	35.40	0.1863	13822.97
7.43	-14.31	148.60	-136.05	42.35	0.1035	13822.97

7.91	-6.09	155.86	-115.48	45.31	0.0441	13822.97
8.40	-0.62	163.13	-93.47	45.61	0.0045	13822.97
8.89	2.63	169.39	-71.32	44.33	-0.0191	13822.97
9.37	4.19	176.66	-49.78	41.62	-0.0303	13822.97
9.86	22.71	452.92	-29.56	31.33	-0.0329	68928.73
10.34	20.93	454.18	-14.35	21.16	-0.0304	68928.73
10.83	17.34	455.45	-4.07	12.74	-0.0252	68928.73
11.31	13.20	456.71	2.12	6.33	-0.0191	68928.73
11.80	9.24	457.98	5.19	1.84	-0.0134	68928.73
12.29	5.86	459.24	6.08	-1.01	-0.0085	68928.73
12.77	3.17	460.51	5.60	-2.54	-0.0046	68928.73
13.26	1.13	461.77	4.36	-3.09	-0.0016	68928.73
13.74	-0.40	463.04	2.86	-2.90	0.0006	68928.73
14.23	-1.59	464.30	1.45	-2.12	0.0023	68928.73
14.71	-2.60	465.56	0.42	-0.86	0.0038	68928.73

Fase: 1 - Combinazione: 2

Altezza scavo 5 [m]
Tipo: S.L.U. [GEO]
Nome: A2+M2+R1
Coefficienti sismici: Kh = 0.2634, Kv = 0.1317
Coefficienti parziali azioni

Nr.	Azioni	Fattori combinazione
1	Peso proprio	1
2	Spinta terreno	1.3
3	Spinta falda	1
4	Spinta sismica x	0
5	Spinta sismica y	0
6	Taglio barriera	0
7	Momento barriera	0
8	Strada	1.3
9	Traffico	1.3

Coefficienti parziali terreno

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo resistenza taglio	1.25
2	Coesione efficace	1.25
3	Resistenza non drenata	1.4
4	Peso unità volume	1
5	Angolo di attrito terra parete	1

Coefficienti resistenze capacità portante verticale

Nr.	Capacità portante	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Totale	1
4	Laterale trazione	1
5	Orizzontale	1

Profondità di infissione 10.20 [m]
Pressione massima terreno 77.68 [kPa]
Momento massimo 251.06 [kNm/m]
Taglio massimo 106.48 [KN/m]

Sollecitazioni

Z [m]	Pressioni totali terreno [kPa]	Sforzo normale [kN/m]	Momento [kNm/m]	Taglio [kN/m]	Spostamento [cm]	Modulo reazione [kN/m³]
0.33	2.67	15.13	-0.06	-0.94	5.4029	--
0.67	5.34	16.99	-0.34	-3.00	5.1135	--
1.00	8.01	19.86	-1.34	-5.44	4.8242	--
1.33	10.68	22.73	-3.13	-9.19	4.5349	--
1.67	13.65	25.60	-6.16	-13.69	4.2459	--
2.00	16.70	29.46	-10.72	-19.13	3.9575	--
2.33	19.74	32.33	-17.13	-25.64	3.6699	--
2.67	22.78	36.20	-25.69	-33.33	3.3838	--
3.00	25.82	40.07	-36.78	-42.19	3.0998	--
3.33	30.93	95.94	-50.83	-52.41	2.8187	--
3.67	36.04	101.80	-68.28	-64.45	2.5419	--
4.00	41.15	106.67	-89.77	-78.05	2.2706	--
4.33	46.25	111.54	-115.80	-93.56	2.0067	--
4.67	51.36	116.41	-146.97	-106.48	1.7523	--
5.00	56.47	122.27	-182.46	-92.89	1.5097	8673.66
5.49	--	129.54	-227.58	-43.04	1.1834	8673.66
5.97	-77.68	136.80	-248.49	-5.30	0.8956	8673.66
6.46	-56.38	144.07	-251.06	22.07	0.6500	8673.66
6.94	-38.79	151.33	-240.34	40.92	0.4472	8673.66
7.43	-24.76	159.60	-220.46	52.94	0.2855	8673.66
7.91	-14.01	166.86	-194.75	59.75	0.1615	8673.66
8.40	-6.16	174.13	-165.73	62.74	0.0710	8673.66
8.89	-0.77	181.39	-135.26	63.11	0.0089	8673.66
9.37	2.59	189.66	-104.60	61.48	-0.0299	8673.66
9.86	19.96	492.92	-74.74	52.41	-0.0507	39377.87
10.34	23.04	494.18	-49.28	41.22	-0.0585	39377.87
10.83	22.71	495.45	-29.26	30.19	-0.0577	39377.87
11.31	20.34	496.71	-14.60	20.31	-0.0517	39377.87
11.80	16.93	497.98	-4.73	12.09	-0.0430	39377.87
12.29	13.15	499.24	1.14	5.70	-0.0334	39377.87
12.77	9.41	500.51	3.90	1.13	-0.0239	39377.87
13.26	5.92	501.77	4.45	-1.75	-0.0150	39377.87
13.74	2.71	503.04	3.60	-3.06	-0.0069	39377.87
14.23	-0.27	504.30	2.12	-2.93	0.0007	39377.87
14.71	-3.10	505.56	0.69	-1.43	0.0079	39377.87

Fase: 1 - Combinazione: 3

Altezza scavo 5 [m]
Tipo: S.L.U. [GEO]
Nome: SISMA GEO
Coefficienti sismici: Kh = 0.2634, Kv = 0.1317
Coefficienti parziali azioni

Nr.	Azioni	Fattori combinazione
1	Peso proprio	1
2	Spinta terreno	1
3	Spinta falda	1
4	Spinta sismica x	1
5	Spinta sismica y	1
6	Taglio barriera	0
7	Momento barriera	0
8	Strada	1
9	Traffico	1

Coefficienti parziali terreno

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo resistenza taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1
5	Angolo di attrito terra parete	1

Coefficienti resistenze capacità portante verticale

Nr.	Capacità portante	Coefficienti resistenze
1	Punta	1.35
2	Laterale compressione	1.15
3	Totale	1.3
4	Laterale trazione	1.25
5	Orizzontale	1.3

Profondità di infissione 10.20 [m]
Pressione massima terreno 114.08 [kPa]
Momento massimo 382.34 [kNm/m]
Taglio massimo 138.73 [KN/m]

Sollecitazioni

Z [m]	Pressioni totali terreno [kPa]	Sforzo normale [kN/m]	Momento [kNm/m]	Taglio [kN/m]	Spostamento [cm]	Modulo reazione [kN/m³]
0.33	23.60	14.13	-1.34	-11.81	7.0821	--
0.67	22.73	15.99	-5.28	-19.50	6.6574	--
1.00	21.87	18.86	-11.81	-26.72	6.2332	--
1.33	21.49	20.73	-20.69	-34.22	5.8100	--
1.67	22.81	23.60	-32.03	-41.72	5.3885	--
2.00	24.29	26.46	-45.97	-49.59	4.9697	--
2.33	25.93	29.33	-62.50	-58.50	4.5546	--
2.67	27.24	32.20	-81.97	-67.41	4.1446	--
3.00	28.89	35.07	-104.48	-77.11	3.7412	--
3.33	33.35	77.94	-130.22	-88.36	3.3464	--
3.67	37.58	82.80	-159.67	-100.92	2.9622	--
4.00	41.58	86.67	-193.28	-114.80	2.5910	--
4.33	45.52	91.54	-231.55	-129.80	2.2355	--
4.67	48.64	95.41	-274.84	-138.73	1.8988	--
5.00	51.77	100.27	-321.09	-102.44	1.5845	13822.97
5.49	--	106.54	-370.85	-23.64	1.1735	13822.97
5.97	-114.08	112.80	-382.34	31.75	0.8253	13822.97
6.46	-74.92	119.07	-366.91	68.15	0.5420	13822.97
6.94	-44.42	125.33	-333.81	89.72	0.3214	13822.97
7.43	-21.82	131.60	-290.23	100.32	0.1579	13822.97
7.91	-6.10	137.86	-241.51	103.29	0.0441	13822.97
8.40	3.88	144.13	-191.34	101.40	-0.0281	13822.97
8.89	9.31	150.39	-142.09	96.88	-0.0674	13822.97
9.37	11.35	156.66	-95.03	89.53	-0.0821	13822.97
9.86	55.43	402.92	-51.55	64.40	-0.0804	68928.73
10.34	47.92	404.18	-20.27	41.13	-0.0695	68928.73
10.83	37.77	405.45	-0.29	22.78	-0.0548	68928.73
11.31	27.41	406.71	10.77	9.46	-0.0398	68928.73
11.80	18.21	407.98	15.37	0.62	-0.0264	68928.73
12.29	10.74	409.24	15.67	-4.60	-0.0156	68928.73

12.77	5.08	410.51	13.44	-7.06	-0.0074	68928.73
13.26	0.99	411.77	10.01	-7.54	-0.0014	68928.73
13.74	-1.92	413.04	6.34	-6.61	0.0028	68928.73
14.23	-4.07	414.30	3.13	-4.64	0.0059	68928.73
14.71	-5.82	415.56	0.88	-1.81	0.0084	68928.73

Fase: 1 - Combinazione: 4

Altezza scavo 5 [m]
Tipo: S.L.U. [STR]
Nome: SISMA STR
Coefficienti sismici: Kh = 0.2634, Kv = 0.1317
Coefficienti parziali azioni

Nr.	Azioni	Fattori combinazione
1	Peso proprio	1
2	Spinta terreno	1
3	Spinta falda	1
4	Spinta sismica x	1
5	Spinta sismica y	1
6	Taglio barriera	0
7	Momento barriera	0
8	Strada	1
9	Traffico	0

Coefficienti parziali terreno

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo resistenza taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1
5	Angolo di attrito terra parete	1

Coefficienti resistenze capacità portante verticale

Nr.	Capacità portante	Coefficienti resistenze
1	Punta	1.35
2	Laterale compressione	1.15
3	Totale	1.3
4	Laterale trazione	1.25
5	Orizzontale	1.3

Profondità di infissione 10.20 [m]
Pressione massima terreno 79.05 [kPa]
Momento massimo 271.19 [kNm/m]
Taglio massimo 94.13 [KN/m]

Sollecitazioni

Z [m]	Pressioni totali terreno [kPa]	Sforzo normale [kN/m]	Momento [kNm/m]	Taglio [kN/m]	Spostamento [cm]	Modulo reazione [kN/m³]
0.33	19.88	14.13	-1.13	-10.03	5.0335	--
0.67	19.03	14.99	-4.47	-16.41	4.7279	--
1.00	18.19	16.86	-9.94	-22.41	4.4227	--

1.33	17.34	18.73	-17.41	-28.22	4.1183	--
1.67	16.50	20.60	-26.77	-33.89	3.8153	--
2.00	15.65	23.46	-38.05	-38.95	3.5145	--
2.33	14.93	25.33	-51.02	-44.02	3.2169	--
2.67	16.28	28.20	-65.69	-49.36	2.9233	--
3.00	16.11	30.07	-82.14	-54.98	2.6352	--
3.33	19.91	63.94	-100.47	-61.55	2.3537	--
3.67	23.58	67.80	-121.00	-69.42	2.0804	--
4.00	26.70	71.67	-144.12	-78.38	1.8169	--
4.33	29.83	75.54	-170.23	-88.31	1.5652	--
4.67	32.96	79.41	-199.66	-94.13	1.3273	--
5.00	36.09	83.27	-231.05	-68.72	1.1055	13822.97
5.49	--	88.54	-264.43	-13.93	0.8163	13822.97
5.97	-79.05	93.80	-271.19	24.47	0.5719	13822.97
6.46	-51.63	100.07	-259.31	49.55	0.3735	13822.97
6.94	-30.33	105.33	-235.24	64.28	0.2194	13822.97
7.43	-14.60	110.60	-204.02	71.37	0.1056	13822.97
7.91	-3.70	115.86	-169.35	73.17	0.0268	13822.97
8.40	3.17	122.13	-133.81	71.63	-0.0230	13822.97
8.89	6.86	127.39	-99.02	68.30	-0.0496	13822.97
9.37	8.18	132.66	-65.85	63.00	-0.0592	13822.97
9.86	39.56	342.92	-35.25	45.06	-0.0574	68928.73
10.34	33.96	344.18	-13.36	28.57	-0.0493	68928.73
10.83	26.62	345.45	0.51	15.64	-0.0386	68928.73
11.31	19.21	346.71	8.11	6.31	-0.0279	68928.73
11.80	12.67	347.98	11.17	0.15	-0.0184	68928.73
12.29	7.40	349.24	11.25	-3.44	-0.0107	68928.73
12.77	3.43	350.51	9.57	-5.11	-0.0050	68928.73
13.26	0.57	351.77	7.09	-5.38	-0.0008	68928.73
13.74	-1.44	353.04	4.48	-4.68	0.0021	68928.73
14.23	-2.92	354.30	2.20	-3.27	0.0042	68928.73
14.71	-4.12	355.56	0.62	-1.27	0.0060	68928.73

Fase: 1 - Combinazione: 5

Altezza scavo 5 [m]
Tipo: S.L.E. [STR]
Nome: Combinazione SLE
Coefficienti sismici: Kh = 0.2634, Kv = 0.1317
Coefficienti parziali azioni

Nr.	Azioni	Fattori combinazione
1	Peso proprio	1
2	Spinta terreno	1
3	Spinta falda	1
4	Spinta sismica x	0
5	Spinta sismica y	0
6	Taglio barriera	0
7	Momento barriera	0
8	Strada	1
9	Traffico	1

Coefficienti parziali terreno

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo resistenza taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1

4	Peso unità volume	1
5	Angolo di attrito terra parete	1

Coefficienti resistenze capacità portante verticale

Nr.	Capacità portante	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Totale	1
4	Laterale trazione	1
5	Orizzontale	1

Profondità di infissione 10.20 [m]
Pressione massima terreno 35.85 [kPa]
Momento massimo 83.25 [kNm/m]
Taglio massimo 43.97 [KN/m]

Sollecitazioni

Z [m]	Pressioni totali terreno [kPa]	Sforzo normale [kN/m]	Momento [kNm/m]	Taglio [kN/m]	Spostamento [cm]	Modulo reazione [kN/m³]
0.33	--	14.13	--	--	1.5599	--
0.67	--	15.99	--	--	1.4776	--
1.00	--	18.86	-0.01	0.07	1.3952	--
1.33	--	20.73	0.01	-0.09	1.3128	--
1.67	1.46	23.60	-0.02	-0.61	1.2304	--
2.00	3.28	26.46	-0.22	-1.66	1.1481	--
2.33	5.10	29.33	-0.78	-3.35	1.0657	--
2.67	6.92	32.20	-1.90	-5.70	0.9834	--
3.00	8.74	35.07	-3.79	-8.78	0.9013	--
3.33	13.26	77.94	-6.71	-13.17	0.8195	--
3.67	17.77	82.80	-11.09	-19.10	0.7383	--
4.00	22.29	86.67	-17.46	-26.52	0.6580	--
4.33	26.81	91.54	-26.29	-35.45	0.5791	--
4.67	31.33	95.41	-38.11	-43.97	0.5025	--
5.00	35.85	100.27	-52.77	-41.10	0.4289	13822.97
5.49	--	106.54	-72.73	-18.97	0.3296	13822.97
5.97	-33.53	112.80	-81.94	-2.68	0.2426	13822.97
6.46	-23.42	119.07	-83.25	8.69	0.1694	13822.97
6.94	-15.26	125.33	-79.02	16.11	0.1104	13822.97
7.43	-8.97	131.60	-71.20	20.47	0.0649	13822.97
7.91	-4.36	137.86	-61.26	22.59	0.0316	13822.97
8.40	-1.21	144.13	-50.29	23.17	0.0087	13822.97
8.89	0.75	150.39	-39.03	22.81	-0.0054	13822.97
9.37	1.78	156.66	-27.95	21.66	-0.0129	13822.97
9.86	10.69	402.92	-17.43	16.81	-0.0155	68928.73
10.34	10.39	404.18	-9.27	11.76	-0.0151	68928.73
10.83	8.94	405.45	-3.56	7.41	-0.0130	68928.73
11.31	7.03	406.71	0.04	4.00	-0.0102	68928.73
11.80	5.09	407.98	1.98	1.52	-0.0074	68928.73
12.29	3.36	409.24	2.73	-0.11	-0.0049	68928.73
12.77	1.94	410.51	2.67	-1.05	-0.0028	68928.73
13.26	0.83	411.77	2.16	-1.46	-0.0012	68928.73
13.74	-0.03	413.04	1.45	-1.44	0.0000	68928.73
14.23	-0.72	414.30	0.75	-1.09	0.0010	68928.73
14.71	-1.31	415.56	0.22	-0.46	0.0019	68928.73

Fase: 1 - Combinazione: 6

Altezza scavo 5 [m]
Tipo: S.L.U. [GEO]
Nome: Azioni barriera
Coefficienti sismici: Kh = 0.2634, Kv = 0.1317
Coefficienti parziali azioni

Nr.	Azioni	Fattori combinazione
1	Peso proprio	1.3
2	Spinta terreno	1
3	Spinta falda	1
4	Spinta sismica x	0
5	Spinta sismica y	0
6	Taglio barriera	1
7	Momento barriera	1
8	Strada	1
9	Traffico	1

Coefficienti parziali terreno

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo resistenza taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1
5	Angolo di attrito terra parete	1

Coefficienti resistenze capacità portante verticale

Nr.	Capacità portante	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Totale	1
4	Laterale trazione	1
5	Orizzontale	1

Profondità di infissione 10.20 [m]
Pressione massima terreno 35.85 [kPa]
Momento massimo 83.25 [kNm/m]
Taglio massimo 43.97 [KN/m]

Sollecitazioni

Z [m]	Pressioni totali terreno [kPa]	Sforzo normale [kN/m]	Momento [kNm/m]	Taglio [kN/m]	Spostamento [cm]	Modulo reazione [kN/m³]
0.33	--	14.13	--	--	1.5599	--
0.67	--	15.99	--	--	1.4776	--
1.00	--	18.86	-0.01	0.07	1.3952	--
1.33	--	20.73	0.01	-0.09	1.3128	--
1.67	1.46	23.60	-0.02	-0.61	1.2304	--
2.00	3.28	26.46	-0.22	-1.66	1.1481	--
2.33	5.10	29.33	-0.78	-3.35	1.0657	--
2.67	6.92	32.20	-1.90	-5.70	0.9834	--

3.00	8.74	35.07	-3.79	-8.78	0.9013	--
3.33	13.26	77.94	-6.71	-13.17	0.8195	--
3.67	17.77	82.80	-11.09	-19.10	0.7383	--
4.00	22.29	86.67	-17.46	-26.52	0.6580	--
4.33	26.81	91.54	-26.29	-35.45	0.5791	--
4.67	31.33	95.41	-38.11	-43.97	0.5025	--
5.00	35.85	100.27	-52.77	-41.10	0.4289	13822.97
5.49	--	106.54	-72.73	-18.97	0.3296	13822.97
5.97	-33.53	112.80	-81.94	-2.68	0.2426	13822.97
6.46	-23.42	119.07	-83.25	8.69	0.1694	13822.97
6.94	-15.26	125.33	-79.02	16.11	0.1104	13822.97
7.43	-8.97	131.60	-71.20	20.47	0.0649	13822.97
7.91	-4.36	137.86	-61.26	22.59	0.0316	13822.97
8.40	-1.21	144.13	-50.29	23.17	0.0087	13822.97
8.89	0.75	150.39	-39.03	22.81	-0.0054	13822.97
9.37	1.78	156.66	-27.95	21.66	-0.0129	13822.97
9.86	10.69	402.92	-17.43	16.81	-0.0155	68928.73
10.34	10.39	404.18	-9.27	11.76	-0.0151	68928.73
10.83	8.94	405.45	-3.56	7.41	-0.0130	68928.73
11.31	7.03	406.71	0.04	4.00	-0.0102	68928.73
11.80	5.09	407.98	1.98	1.52	-0.0074	68928.73
12.29	3.36	409.24	2.73	-0.11	-0.0049	68928.73
12.77	1.94	410.51	2.67	-1.05	-0.0028	68928.73
13.26	0.83	411.77	2.16	-1.46	-0.0012	68928.73
13.74	-0.03	413.04	1.45	-1.44	0.0000	68928.73
14.23	-0.72	414.30	0.75	-1.09	0.0010	68928.73
14.71	-1.31	415.56	0.22	-0.46	0.0019	68928.73

Risultati analisi strutturale

Fase: 1 Risultati analisi strutturale

Fase: 1 - Combinazione: 1

Z [m]	Nome sezione	N [kN]	M [kNm]	T [kN]	Nr.Barre Diametro	Nu [kN]	Mu [kNm]	Cond. Verifica Flessione	Ver. Flessione
0.33	Circolare Tubolare 193x8	7.56	--	-0.094		-1754.99	--	--	Verificata
0.67	Circolare Tubolare 193x8	8.50	-0.01	-0.586		2399.68	-2.21	282.41	Verificata
1.00	Circolare Tubolare 193x8	9.93	-0.20	-1.266		1972.56	-40.35	198.63	Verificata
1.33	Circolare Tubolare 193x8	10.86	-0.62	-2.273		1434.42	-81.48	132.03	Verificata
1.67	Circolare Tubolare 193x8	12.80	-1.38	-3.609		986.59	-105.99	77.09	Verificata
2.00	Circolare Tubolare 193x8	14.23	-2.58	-5.367		645.14	-116.86	45.33	Verificata
2.33	Circolare Tubolare 193x8	16.17	-4.37	-7.617		442.42	-119.52	27.37	Verificata
2.67	Circolare Tubolare 193x8	17.60	-6.89	-10.160		307.94	-120.56	17.50	Verificata

3.00	Circolare Tubolare 193x8	19.53	-10.27	-13.242		227.35	-119.52	11.64	Verificata
3.33	Circolare Tubolare 193x8	45.47	-14.69	-17.027		372.81	-120.43	8.20	Verificata
3.67	Circolare Tubolare 193x8	47.90	-20.36	-21.668		282.90	-120.24	5.91	Verificata
4.00	Circolare Tubolare 193x8	50.34	-27.58	-27.082		217.90	-119.40	4.33	Verificata
4.33	Circolare Tubolare 193x8	52.77	-36.61	-33.340		171.23	-118.80	3.24	Verificata
4.67	Circolare Tubolare 193x8	54.70	-47.72	-38.625		135.65	-118.34	2.48	Verificata
5.00	Circolare Tubolare 193x8	57.14	-60.60	-33.020		111.28	-118.02	1.95	Verificata
5.49	Circolare Tubolare 193x8	60.77	-76.63	-12.966		93.41	-117.79	1.54	Verificata
5.97	Circolare Tubolare 193x8	64.40	-82.93	1.537		91.45	-117.76	1.42	Verificata
6.46	Circolare Tubolare 193x8	67.53	-82.18	11.448		96.83	-117.83	1.43	Verificata
6.94	Circolare Tubolare 193x8	71.17	-76.62	17.702		109.59	-118.00	1.54	Verificata
7.43	Circolare Tubolare 193x8	74.30	-68.03	21.176		129.16	-118.25	1.74	Verificata
7.91	Circolare Tubolare 193x8	77.93	-57.74	22.657		160.14	-118.65	2.05	Verificata
8.40	Circolare Tubolare 193x8	81.56	-46.74	22.807		208.15	-119.27	2.55	Verificata
8.89	Circolare Tubolare 193x8	84.70	-35.66	22.167		285.68	-120.27	3.37	Verificata
9.37	Circolare Tubolare 193x8	88.33	-24.89	20.812		424.92	-119.74	4.81	Verificata
9.86	Circolare Tubolare 193x8	226.46	-14.78	15.664		1341.81	-87.59	5.93	Verificata
10.34	Circolare Tubolare 193x8	227.09	-7.17	10.581		1788.51	-56.50	7.88	Verificata
10.83	Circolare Tubolare 193x8	227.72	-2.03	6.369		2207.48	-19.73	9.69	Verificata

11.31	Circolare Tubolare 193x8	228.36	1.06	3.164		2310.17	10.71	10.12	Verificata
11.80	Circolare Tubolare 193x8	228.99	2.60	0.919		2154.05	24.42	9.41	Verificata
12.29	Circolare Tubolare 193x8	229.62	3.04	-0.503		2113.25	28.00	9.20	Verificata
12.77	Circolare Tubolare 193x8	230.25	2.80	-1.272		2136.46	25.96	9.28	Verificata
13.26	Circolare Tubolare 193x8	230.89	2.18	-1.546		2196.02	20.73	9.51	Verificata
13.74	Circolare Tubolare 193x8	231.52	1.43	-1.448		2272.44	14.02	9.82	Verificata
14.23	Circolare Tubolare 193x8	232.15	0.73	-1.062		2348.62	7.34	10.12	Verificata
14.71	Circolare Tubolare 193x8	232.78	0.21	-0.431		2400.06	2.16	10.31	Verificata

Z [m]	Def.Max calcestruzzo	Def.Max acciaio	Asse neutro [cm]	Passo staffe [cm]	Resistenza taglio kN	Misura sicurezza taglio OK<=1	Verifica a taglio	Angolo inclinazione puntoni [°]
0.33	--	--	--	--	645.05	0.00	Verificata	--
0.67	--	--	--	--	645.05	0.00	Verificata	--
1.00	--	--	--	--	645.05	0.00	Verificata	--
1.33	--	--	--	--	645.05	0.00	Verificata	--
1.67	--	--	--	--	645.05	0.01	Verificata	--
2.00	--	--	--	--	645.05	0.01	Verificata	--
2.33	--	--	--	--	645.05	0.01	Verificata	--
2.67	--	--	--	--	645.05	0.02	Verificata	--
3.00	--	--	--	--	645.05	0.02	Verificata	--
3.33	--	--	--	--	645.05	0.03	Verificata	--
3.67	--	--	--	--	645.05	0.03	Verificata	--
4.00	--	--	--	--	645.05	0.04	Verificata	--
4.33	--	--	--	--	645.05	0.05	Verificata	--
4.67	--	--	--	--	645.05	0.06	Verificata	--
5.00	--	--	--	--	645.05	0.05	Verificata	--
5.49	--	--	--	--	645.05	0.02	Verificata	--
5.97	--	--	--	--	645.05	0.00	Verificata	--
6.46	--	--	--	--	645.05	0.02	Verificata	--
6.94	--	--	--	--	645.05	0.03	Verificata	--
7.43	--	--	--	--	645.05	0.03	Verificata	--
7.91	--	--	--	--	645.05	0.04	Verificata	--
8.40	--	--	--	--	645.05	0.04	Verificata	--
8.89	--	--	--	--	645.05	0.03	Verificata	--
9.37	--	--	--	--	645.05	0.03	Verificata	--
9.86	--	--	--	--	645.05	0.02	Verificata	--
10.34	--	--	--	--	645.05	0.02	Verificata	--
10.83	--	--	--	--	645.05	0.01	Verificata	--
11.31	--	--	--	--	645.05	0.00	Verificata	--
11.80	--	--	--	--	645.05	0.00	Verificata	--

12.29	--	--	--	--	645.05	0.00	Verificata	--
12.77	--	--	--	--	645.05	0.00	Verificata	--
13.26	--	--	--	--	645.05	0.00	Verificata	--
13.74	--	--	--	--	645.05	0.00	Verificata	--
14.23	--	--	--	--	645.05	0.00	Verificata	--
14.71	--	--	--	--	645.05	0.00	Verificata	--

Fase: 1 - Combinazione: 4

Z [m]	Nome sezione	N [kN]	M [kNm]	T [kN]	Nr.Barre Diametro	Nu [kN]	Mu [kNm]	Cond. Verifica Flessione	Ver. Flessione
0.33	Circolare Tubolare 193x8	7.06	-0.56	-5.016		1209.39	-96.32	171.23	Verificata
0.67	Circolare Tubolare 193x8	7.50	-2.23	-8.203		402.75	-120.04	53.72	Verificata
1.00	Circolare Tubolare 193x8	8.43	-4.97	-11.203		202.25	-119.20	23.99	Verificata
1.33	Circolare Tubolare 193x8	9.36	-8.70	-14.109		127.21	-118.23	13.58	Verificata
1.67	Circolare Tubolare 193x8	10.30	-13.38	-16.945		90.62	-117.75	8.80	Verificata
2.00	Circolare Tubolare 193x8	11.73	-19.02	-19.477		72.48	-117.52	6.18	Verificata
2.33	Circolare Tubolare 193x8	12.67	-25.51	-22.008		58.26	-117.33	4.60	Verificata
2.67	Circolare Tubolare 193x8	14.10	-32.84	-24.680		50.33	-117.23	3.57	Verificata
3.00	Circolare Tubolare 193x8	15.03	-41.07	-27.492		42.88	-117.14	2.85	Verificata
3.33	Circolare Tubolare 193x8	31.97	-50.23	-30.773		74.81	-117.55	2.34	Verificata
3.67	Circolare Tubolare 193x8	33.90	-60.50	-34.711		65.80	-117.43	1.94	Verificata
4.00	Circolare Tubolare 193x8	35.84	-72.06	-39.188		58.35	-117.34	1.63	Verificata
4.33	Circolare Tubolare 193x8	37.77	-85.12	-44.156		52.03	-117.25	1.38	Verificata
4.67	Circolare Tubolare 193x8	39.70	-99.83	-47.063		46.60	-117.18	1.17	Verificata
5.00	Circolare Tubolare 193x8	41.64	-115.53	-34.359		42.21	-117.13	1.01	Verificata
5.49	Circolare Tubolare 193x8	44.27	-132.21	-6.965		39.21	-117.09	0.89	Non verificata

5.97	Circolare Tubolare 193x8	46.90	-135.60	12.233		40.51	-117.11	0.86	Non verificata
6.46	Circolare Tubolare 193x8	50.03	-129.65	24.776		45.22	-117.17	0.90	Non verificata
6.94	Circolare Tubolare 193x8	52.67	-117.62	32.140		52.51	-117.26	1.00	Non verificata
7.43	Circolare Tubolare 193x8	55.30	-102.01	35.686		63.64	-117.40	1.15	Verificata
7.91	Circolare Tubolare 193x8	57.93	-84.68	36.584		80.47	-117.62	1.39	Verificata
8.40	Circolare Tubolare 193x8	61.06	-66.91	35.814		107.67	-117.97	1.76	Verificata
8.89	Circolare Tubolare 193x8	63.70	-49.51	34.148		152.52	-118.55	2.39	Verificata
9.37	Circolare Tubolare 193x8	66.33	-32.93	31.500		241.13	-119.70	3.64	Verificata
9.86	Circolare Tubolare 193x8	171.46	-17.63	22.531		1018.82	-104.73	5.94	Verificata
10.34	Circolare Tubolare 193x8	172.09	-6.68	14.283		1680.73	-65.25	9.77	Verificata
10.83	Circolare Tubolare 193x8	172.72	0.26	7.819		2389.40	3.54	13.83	Verificata
11.31	Circolare Tubolare 193x8	173.36	4.05	3.154		1920.59	44.91	11.08	Verificata
11.80	Circolare Tubolare 193x8	173.99	5.59	0.077		1780.89	57.17	10.24	Verificata
12.29	Circolare Tubolare 193x8	174.62	5.62	-1.720		1779.45	57.30	10.19	Verificata
12.77	Circolare Tubolare 193x8	175.25	4.79	-2.553		1854.96	50.67	10.58	Verificata
13.26	Circolare Tubolare 193x8	175.89	3.55	-2.692		1977.77	39.89	11.24	Verificata
13.74	Circolare Tubolare 193x8	176.52	2.24	-2.342		2125.01	26.96	12.04	Verificata
14.23	Circolare Tubolare 193x8	177.15	1.10	-1.634		2271.23	14.13	12.82	Verificata
14.71	Circolare Tubolare 193x8	177.78	0.31	-0.635		2384.83	4.13	13.41	Verificata

Z [m]	Def.Max calcestruzzo	Def.Max acciaio	Asse neutro [cm]	Passo staffe [cm]	Resistenza taglio kN	Misura sicurezza taglio OK<=1	Verifica a taglio	Angolo inclinazione puntoni [°]
0.33	--	--	--	--	645.05	0.01	Verificata	--
0.67	--	--	--	--	645.05	0.01	Verificata	--
1.00	--	--	--	--	645.05	0.02	Verificata	--
1.33	--	--	--	--	645.05	0.02	Verificata	--
1.67	--	--	--	--	645.05	0.03	Verificata	--
2.00	--	--	--	--	645.05	0.03	Verificata	--
2.33	--	--	--	--	645.05	0.03	Verificata	--
2.67	--	--	--	--	645.05	0.04	Verificata	--
3.00	--	--	--	--	645.05	0.04	Verificata	--
3.33	--	--	--	--	645.05	0.05	Verificata	--
3.67	--	--	--	--	645.05	0.05	Verificata	--
4.00	--	--	--	--	645.05	0.06	Verificata	--
4.33	--	--	--	--	645.05	0.07	Verificata	--
4.67	--	--	--	--	645.05	0.07	Verificata	--
5.00	--	--	--	--	645.05	0.05	Verificata	--
5.49	--	--	--	--	645.05	0.01	Verificata	--
5.97	--	--	--	--	645.05	0.02	Verificata	--
6.46	--	--	--	--	645.05	0.04	Verificata	--
6.94	--	--	--	--	645.05	0.05	Verificata	--
7.43	--	--	--	--	645.05	0.06	Verificata	--
7.91	--	--	--	--	645.05	0.06	Verificata	--
8.40	--	--	--	--	645.05	0.06	Verificata	--
8.89	--	--	--	--	645.05	0.05	Verificata	--
9.37	--	--	--	--	645.05	0.05	Verificata	--
9.86	--	--	--	--	645.05	0.03	Verificata	--
10.34	--	--	--	--	645.05	0.02	Verificata	--
10.83	--	--	--	--	645.05	0.01	Verificata	--
11.31	--	--	--	--	645.05	0.00	Verificata	--
11.80	--	--	--	--	645.05	0.00	Verificata	--
12.29	--	--	--	--	645.05	0.00	Verificata	--
12.77	--	--	--	--	645.05	0.00	Verificata	--
13.26	--	--	--	--	645.05	0.00	Verificata	--
13.74	--	--	--	--	645.05	0.00	Verificata	--
14.23	--	--	--	--	645.05	0.00	Verificata	--
14.71	--	--	--	--	645.05	0.00	Verificata	--

Fase: 1 - Combinazione: 5

Z [m]	Nome sezione	N [kN]	M [kNm]	T [kN]	Nr.Barre Diametro	Nu [kN]	Mu [kNm]	Cond. Verifica Flessione	Ver. Flessione
0.33	Circolare Tubolare 193x8	7.06	--	0.000		-1754.99	--	--	Verificata
0.67	Circolare Tubolare 193x8	8.00	--	0.000		-1754.99	--	--	Verificata
1.00	Circolare Tubolare 193x8	9.43	0.00	0.035		2408.99	-1.00	255.44	Verificata
1.33	Circolare Tubolare 193x8	10.36	0.00	-0.047		2409.68	0.91	232.49	Verificata
1.67	Circolare Tubolare 193x8	11.80	-0.01	-0.305		2404.41	-1.59	203.79	Verificata

2.00	Circolare Tubolare 193x8	13.23	-0.11	-0.832		2222.88	-18.37	167.99	Verificata
2.33	Circolare Tubolare 193x8	14.67	-0.39	-1.676		1866.02	-49.70	127.23	Verificata
2.67	Circolare Tubolare 193x8	16.10	-0.95	-2.848		1409.72	-83.11	87.56	Verificata
3.00	Circolare Tubolare 193x8	17.53	-1.89	-4.389		983.21	-106.12	56.07	Verificata
3.33	Circolare Tubolare 193x8	38.97	-3.35	-6.586		1154.95	-99.39	29.64	Verificata
3.67	Circolare Tubolare 193x8	41.40	-5.54	-9.551		835.60	-111.91	20.18	Verificata
4.00	Circolare Tubolare 193x8	43.34	-8.73	-13.260		584.17	-117.66	13.48	Verificata
4.33	Circolare Tubolare 193x8	45.77	-13.15	-17.725		417.24	-119.85	9.12	Verificata
4.67	Circolare Tubolare 193x8	47.70	-19.06	-21.984		301.61	-120.48	6.32	Verificata
5.00	Circolare Tubolare 193x8	50.14	-26.38	-20.551		227.12	-119.52	4.53	Verificata
5.49	Circolare Tubolare 193x8	53.27	-36.36	-9.486		174.07	-118.83	3.27	Verificata
5.97	Circolare Tubolare 193x8	56.40	-40.97	-1.341		163.39	-118.69	2.90	Verificata
6.46	Circolare Tubolare 193x8	59.53	-41.62	4.347		169.89	-118.78	2.85	Verificata
6.94	Circolare Tubolare 193x8	62.67	-39.51	8.054		188.77	-119.02	3.01	Verificata
7.43	Circolare Tubolare 193x8	65.80	-35.60	10.233		220.75	-119.44	3.36	Verificata
7.91	Circolare Tubolare 193x8	68.93	-30.63	11.293		270.23	-120.08	3.92	Verificata
8.40	Circolare Tubolare 193x8	72.06	-25.14	11.587		346.15	-120.78	4.80	Verificata
8.89	Circolare Tubolare 193x8	75.20	-19.52	11.404		459.63	-119.29	6.11	Verificata
9.37	Circolare Tubolare 193x8	78.33	-13.98	10.828		654.25	-116.74	8.35	Verificata

9.86	Circolare Tubolare 193x8	201.46	-8.72	8.404		1612.27	-69.76	8.00	Verificata
10.34	Circolare Tubolare 193x8	202.09	-4.64	5.880		1928.33	-44.23	9.54	Verificata
10.83	Circolare Tubolare 193x8	202.72	-1.78	3.707		2211.09	-19.41	10.91	Verificata
11.31	Circolare Tubolare 193x8	203.36	0.02	1.999		2414.73	0.25	11.87	Verificata
11.80	Circolare Tubolare 193x8	203.99	0.99	0.762		2304.47	11.21	11.30	Verificata
12.29	Circolare Tubolare 193x8	204.62	1.36	-0.055		2260.68	15.06	11.05	Verificata
12.77	Circolare Tubolare 193x8	205.25	1.34	-0.527		2264.27	14.74	11.03	Verificata
13.26	Circolare Tubolare 193x8	205.89	1.08	-0.728		2294.99	12.04	11.15	Verificata
13.74	Circolare Tubolare 193x8	206.52	0.73	-0.721		2338.46	8.23	11.32	Verificata
14.23	Circolare Tubolare 193x8	207.15	0.38	-0.547		2382.88	4.33	11.50	Verificata
14.71	Circolare Tubolare 193x8	207.78	0.11	-0.228		2406.80	1.28	11.58	Verificata

Z [m]	Def.Max calcestruzzo	Def.Max acciaio	Asse neutro [cm]	Passo staffe [cm]	Resistenza taglio kN	Misura sicurezza taglio OK<=1	Verifica a taglio	Angolo inclinazione puntoni [°]
0.33	--	--	--	--	645.05	--	Verificata	--
0.67	--	--	--	--	645.05	--	Verificata	--
1.00	--	--	--	--	645.05	0.00	Verificata	--
1.33	--	--	--	--	645.05	0.00	Verificata	--
1.67	--	--	--	--	645.05	0.00	Verificata	--
2.00	--	--	--	--	645.05	0.00	Verificata	--
2.33	--	--	--	--	645.05	0.00	Verificata	--
2.67	--	--	--	--	645.05	0.00	Verificata	--
3.00	--	--	--	--	645.05	0.01	Verificata	--
3.33	--	--	--	--	645.05	0.01	Verificata	--
3.67	--	--	--	--	645.05	0.01	Verificata	--
4.00	--	--	--	--	645.05	0.02	Verificata	--
4.33	--	--	--	--	645.05	0.03	Verificata	--
4.67	--	--	--	--	645.05	0.03	Verificata	--
5.00	--	--	--	--	645.05	0.03	Verificata	--
5.49	--	--	--	--	645.05	0.01	Verificata	--
5.97	--	--	--	--	645.05	0.00	Verificata	--
6.46	--	--	--	--	645.05	0.01	Verificata	--
6.94	--	--	--	--	645.05	0.01	Verificata	--
7.43	--	--	--	--	645.05	0.02	Verificata	--

7.91	--	--	--	--	645.05	0.02	Verificata	--
8.40	--	--	--	--	645.05	0.02	Verificata	--
8.89	--	--	--	--	645.05	0.02	Verificata	--
9.37	--	--	--	--	645.05	0.02	Verificata	--
9.86	--	--	--	--	645.05	0.01	Verificata	--
10.34	--	--	--	--	645.05	0.01	Verificata	--
10.83	--	--	--	--	645.05	0.01	Verificata	--
11.31	--	--	--	--	645.05	0.00	Verificata	--
11.80	--	--	--	--	645.05	0.00	Verificata	--
12.29	--	--	--	--	645.05	0.00	Verificata	--
12.77	--	--	--	--	645.05	0.00	Verificata	--
13.26	--	--	--	--	645.05	0.00	Verificata	--
13.74	--	--	--	--	645.05	0.00	Verificata	--
14.23	--	--	--	--	645.05	0.00	Verificata	--
14.71	--	--	--	--	645.05	0.00	Verificata	--

6.2. Verifica di stabilità del versante Ante Operam

Analisi di stabilità dei pendii con : BISHOP (1955)

Lat./Long.	41.941179/13.401491 °
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Analisi	Condizione drenata

Superficie di forma circolare

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-13.2	m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	32.81	m
Ascissa vertice destro superiore xs	40.13	m
Ordinata vertice destro superiore ys	86.71	m
Passo di ricerca 10.0		
Numero di celle lungo x 10.0		
Numero di celle lungo y 10.0		

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie	
Classe d'uso:	Classe II	
Vita nominale:	50.0	[anni]
Vita di riferimento:	50.0	[anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.657	2.443	0.273
S.L.D.	50.0	0.824	2.427	0.286
S.L.V.	475.0	2.079	2.365	0.341
S.L.C.	975.0	2.648	2.398	0.356

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L.	amax	beta	kh	kv

Stato limite	[m/s²]	[-]	[-]	[sec]
S.L.O.	1.1826	0.2	0.0241	0.0121
S.L.D.	1.4832	0.2	0.0303	0.0151
S.L.V.	3.4906	0.28	0.0997	0.0498
S.L.C.	4.1673	0.28	0.119	0.0595

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.0997
Coefficiente azione sismica verticale 0.0498

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	8.57	5.2
3	20.62	7.47
4	24.79	7.6
5	25.09	10.7
6	31.52	10.7
7	35.24	13.97
8	38.4	15.64
9	44.4	17.54
10	47.64	18.21
11	75.2	27.5
12	83.1	31.8
13	87.23	34.84
14	89.3	35.91
15	96.3	37.8
16	102.8	40.38
17	107.6	44.46
18	111.75	45.52
19	115.47	46.19
20	118.2	47.09
21	120.2	48.28
22	120.8	48.24
23	125.32	49.78
24	135.9	55.38
25	138.52	55.87
26	138.8	56.56
27	145.1	56.94
28	147.49	57.72

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0.59	-2.4
2	8.01	-0.88
3	31.6	5.49
4	54.64	15.6
5	80.99	27.31

Vertici strato 1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	-6.18
2	12.32	-3.64
3	25.64	-0.91
4	37.58	3.48
5	65.73	19.96
6	89.07	31.2
7	112.41	42.43
8	139.99	56.63
9	145.1	56.94
10	147.49	57.72

Coefficienti parziali azioni

==========

Sfavorevoli: Permanenti, variabili 1.0 1.0
Favorevoli: Permanenti, variabili 1.0 1.0

==========

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

==========

Tangente angolo di resistenza al taglio 1.25
Coesione efficace 1.25
Coesione non drenata 1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno No

==========

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm²)	Coesione non drenata (kg/cm²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m³)	Peso unità di volume saturo (Kg/m³)	Litologia	
1	0	0.17	21	1700	1870	Depositi eluvio-colluviali	
2	0.5	0.73	25	2500	2500	Formazione Flyschoide Marnoso-Arenacea	

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kg/cm²)
1	25.29	10.82	31.29	10.82	0.15

Risultati analisi pendio

==========

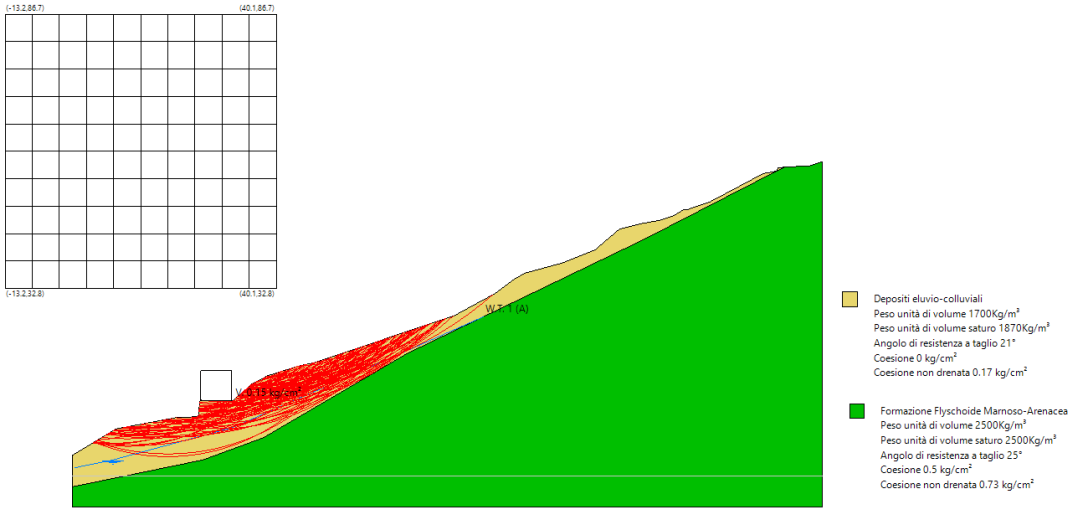
Fs minimo individuato	0.58	
Ascissa centro superficie	26.8	m
Ordinata centro superficie	35.5	m
Raggio superficie 23.86	m	

==========

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio ; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

xc = 26.795 yc = 35.501 Rc = 23.859 Fs=0.583

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	5.33	-8.1	5.48	952.25	892.54	445.82	0.05	22.0	0.0	9991.3	6701.6
2	3.67	-0.9	3.72	4223.88	2415.12	1206.35	0.05	22.0	0.0	24417.2	11649.9
3	2.06	3.6	2.11	7898.33	1784.46	891.34	0.05	22.0	0.0	17430.6	8039.6
4	3.69	8.1	3.73	6538.81	3642.92	1819.63	0.05	22.0	325.5	34342.0	15669.6
5	3.88	14.2	4.04	2234.46	4210.78	2103.28	0.05	22.0	3875.2	35453.9	16254.0
6	3.5	20.3	3.73	8831.44	3871.5	1933.81	0.05	22.0	5169.0	30644.5	14185.6
7	3.69	26.5	4.13	9276.71	3915.89	1955.98	0.05	22.0	5529.1	30557.5	14344.1
8	3.69	33.2	4.43	4031.74	3392.96	1694.78	0.05	22.0	3773.2	27488.3	13252.1
9	3.69	40.5	4.82	4412.2	2433.9	1215.73	0.05	22.0	0.0	22357.4	11407.6
10	3.69	48.7	5.61	0028.79	999.87	499.43	0.05	22.0	0.0	8250.7	6100.2



6.3. Verifica di stabilità del versante Post Operam

Nello stato di progetto si tiene conto, nel modello di calcolo, dell'introduzione di un sistema di drenaggio sul versante oggetto di intervento nella zona a monte delle opere di sostegno. Tale sistema, costituito da una serie di trincee drenanti, consente di adottare valori di coesione efficacenon nulli, ma comunque bassi, per l'unità geotecnica dei depositi eluvio colluviali.
Analisi di stabilità dei pendii con : BISHOP (1955)

Lat./Long.	41.941179/13.401491 °
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-13.2 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	32.81 m
Ascissa vertice destro superiore xs	40.13 m
Ordinata vertice destro superiore ys	86.71 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.657	2.443	0.273

S.L.D.	50.0	0.824	2.427	0.286
S.L.V.	475.0	2.079	2.365	0.341
S.L.C.	975.0	2.648	2.398	0.356

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	1.1826	0.2	0.0241	0.0121
S.L.D.	1.4832	0.2	0.0303	0.0151
S.L.V.	3.4906	0.28	0.0997	0.0498
S.L.C.	4.1673	0.28	0.119	0.0595

Coefficiente azione sismica orizzontale 0.0997
Coefficiente azione sismica verticale 0.0498

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	0.0
2	8.57	5.2
3	20.62	7.47
4	24.79	7.6
5	25.09	10.7
6	31.52	10.7
7	35.03	12.82
8	38.7	14.69
9	44.45	16.7
10	48.32	17.87
11	75.2	27.5
12	83.1	31.8
13	87.23	34.84
14	89.3	35.91
15	96.3	37.8
16	102.8	40.38
17	107.6	44.46
18	111.75	45.52
19	115.47	46.19
20	118.2	47.09
21	120.2	48.28
22	120.8	48.24
23	125.32	49.78
24	135.9	55.38
25	138.52	55.87

26	138.8	56.56
27	145.1	56.94
28	147.49	57.72

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0.59	-2.4
2	8.01	-0.88
3	31.6	5.49
4	54.64	15.6
5	80.99	27.31

Vertici strato 1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	-6.18
2	12.32	-3.64
3	25.64	-0.91
4	37.58	3.48
5	65.73	19.96
6	89.07	31.2
7	112.41	42.43
8	139.99	56.63
9	145.1	56.94
10	147.49	57.72

Coefficienti parziali azioni

==========

Sfavorevoli: Permanenti, variabili 1.0 1.0

Favorevoli: Permanenti, variabili 1.0 1.0

==========

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

==========

Tangente angolo di resistenza al taglio 1.25

Coesione efficace 1.25

Coesione non drenata 1.4

Riduzione parametri geotecnici terreno No

==========

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm²)	Coesione non drenata (kg/cm²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m³)	Peso unità di volume saturo (Kg/m³)	Litologia	

1	0.05	0.17	21	1700	1870	Depositi eluvio-colluviali	
2	0.5	0.73	25	2500	2500	Formazione Flyschoide Marnoso-Arenacea	

Pali...

N°	x (m)	y (m)	Diametro (m)	Lunghezza (m)	Inclinazione (°)	Interasse (m)	Resistenza al taglio (kg/cm²)	Momento plasticizzazione (kN*m)	Metodo stabilizzazione
1	25.89895	10.70354	0.25	20	90	0.5	10	94	Carico limite Broms & (1964)
2	13.30831	6.091792	0.25	20	90	0.5	10	94	Carico limite Broms & (1964)

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kg/cm²)
1	25.29	10.82	31.29	10.82	0.15

Risultati analisi pendio

==========

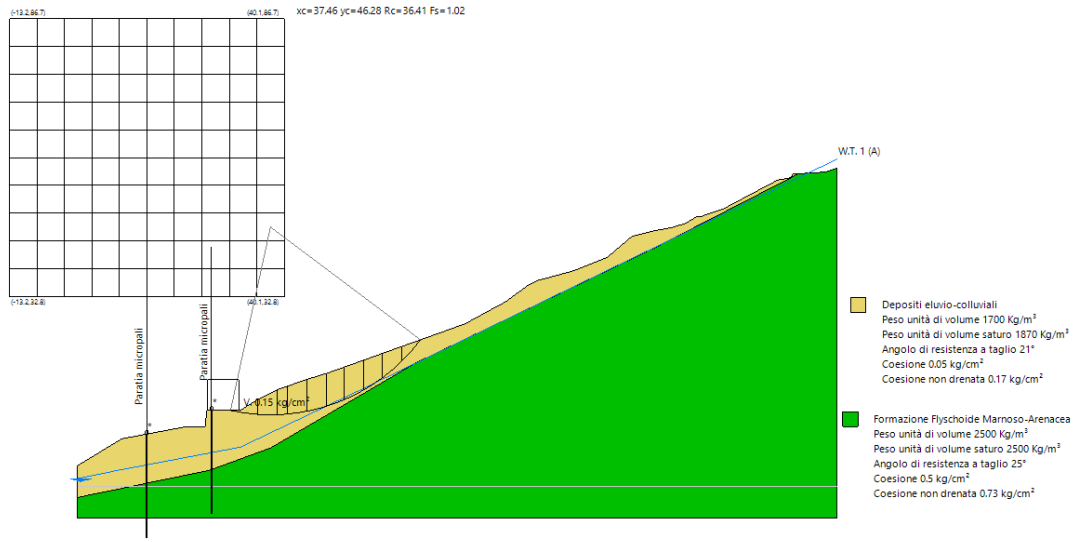
Fs minimo individuato	1.0
Ascissa centro superficie	37.46 m
Ordinata centro superficie	46.28 m
Raggio superficie	36.41 m

==========

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio ; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

xc = 37.46 yc = 46.281 Rc = 36.414 Fs=1.004

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	5.33	-8.1	5.48	952.25	892.54	445.82	0.05	22.0	0.0	9991.3	6701.6
2	3.67	-0.9	3.72	4223.88	2415.12	1206.35	0.05	22.0	0.0	24417.2	11649.9
3	2.06	3.6	2.11	7898.33	1784.46	891.34	0.05	22.0	0.0	17430.6	8039.6
4	3.69	8.1	3.73	6538.81	3642.92	1819.63	0.05	22.0	325.5	34342.0	15669.6
5	3.88	14.2	4.04	2234.46	4210.78	2103.28	0.05	22.0	3875.2	35453.9	16254.0
6	3.5	20.3	3.73	8831.44	3871.5	1933.81	0.05	22.0	5169.0	30644.5	14185.6
7	3.69	26.5	4.13	9276.71	3915.89	1955.98	0.05	22.0	5529.1	30557.5	14344.1
8	3.69	33.2	4.43	4031.74	3392.96	1694.78	0.05	22.0	3773.2	27488.3	13252.1
9	3.69	40.5	4.82	4412.2	2433.9	1215.73	0.05	22.0	0.0	22357.4	11407.6
10	3.69	48.7	5.61	0028.79	999.87	499.43	0.05	22.0	0.0	8250.7	6100.2



7. Piano di Controlli e Monitoraggio

OBIETTIVI DEL MONITORAGGIO

Il piano è strutturato per rispondere ai seguenti obiettivi:

Controllo in fase di cantiere (Fase Costruttiva): Verificare che le operazioni di scavo, perforazione e costipamento delle terre rinforzate non inneschino cinematismi deformativi imprevisti o accelerazioni del corpo di frana.

Validazione del modello di calcolo (Metodo Osservativo indiretto): Confrontare i dati deformativi reali (flessione dei micropali e spostamento del terreno) con le previsioni teoriche derivanti dall'analisi agli elementi finiti o all'equilibrio limite.

Verifica dell'efficacia delle opere di drenaggio: Monitorare l'andamento delle pressioni idrauliche a monte della paratia per garantire che i gabbioni drenanti mantengano il livello di falda al di sotto della quota critica di progetto.

Verifica del comportamento a lungo termine (Fase di Esercizio): Garantire la stabilità dell'opera e del versante rispetto a eventi meteorologici intensi o sollecitazioni sismiche (Canistro ricade in zona a medio-alta sismicità).

PARAMETRI DA MONITORARE E STRUMENTAZIONE

Al fine di ottenere un quadro cinematico e idraulico esaustivo, vengono individuati i seguenti parametri fisici da sottoporre a misura, associati alle rispettive tecnologie strumentali:

PARAMETRO FISICO	STRUMENTO DI MISURA	POSIZIONAMENTO	FINALITÀ
SPOSTAMENTO ORIZZONTALE PROFONDO	Tubi inclinometrici + Sonda inclinometrica rimovibile	All'interno di appositi fori nel terreno a monte della paratia	Individuazione della profondità della superficie di scorrimento e del profilo deformativo della paratia.
SPOSTAMENTO PLANIMETRICO E ALTIMETRICO SUPERFICIALE	Capisaldi ottici (prismi) + Stazione Totale High-Precision / GPS	Sul cordolo di coronamento in c.a.	Monitoraggio topografico dei movimenti superficiali tridimensionali dell'opera e del versante.
PRESSIONE NEUTRA E LIVELLO DI FALDA	Piezometri a tubo aperto (tipo Casagrande) o a corda vibrante	A monte della paratia (tergo) e lateralmente all'area d'intervento	Verifica dell'efficienza idraulica del sistema di drenaggio a gabbioni.
STATO DEFORMATIVO (SOLLECITAZIONI NEI MICROPALI)	Estensimetri elettrici o a corda vibrante	Saldati sul tubolare in acciaio 193x10 a diverse quote (lungo la fibra tesa ed espressa)	Misura delle deformazioni unitarie dell'acciaio per la ricostruzione dei momenti flettenti agenti.

PROGRAMMAZIONE DELLE MISURE (FREQUENZE E DURATA)

Le attività di misura sono suddivise in tre fasi temporali distinte, ciascuna caratterizzata da frequenze di acquisizione mirate.

Fase di "Ante-Operam" (Fase di Taratura / Baseline)

Ha una durata minima di **30 giorni** prima dell'inizio delle attività di cantiere.

Obiettivo: Definire lo stato di zero (letture di riferimento) della strumentazione e registrare l'eventuale cinematismo naturale della frana non influenzato dai lavori.

Frequenza: - *Misure inclinometriche:* 2 letture a distanza di 15 giorni.

Misure topografiche: 2 campagne complete.

Misure piezometriche: Lettura continua settimanale.

Fase di "Corso d'Opera" (Fase di Costruzione)

Dall'avvio delle perforazioni fino al completamento del rinterro delle terre rinforzate e delle opere accessorie (durata stimata: **4-6 mesi**).

Frequenza standard:

Misure inclinometriche: 1 lettura ogni 7-10 giorni (o in corrispondenza di particolari fasi di scavo).

Misure topografiche: 2 letture a settimana.

Misure piezometriche: 1 lettura ogni 3 giorni (giornaliera in caso di eventi piovosi intensi).

Estensimetri: Acquisizione automatica giornaliera mediante datalogger o manuale ad ogni avanzamento dello scavo a valle.

Fase di "Post-Operam" (Fase di Esercizio)

Dal collaudo dell'opera e per una durata minima di **36 mesi** (estendibile in base all'evoluzione dei dati).

Frequenza:

Mesi 1-12: - Inclinometri e Topografia: 1 volta al mese.

Piezometri ed Estensimetri: 1 volta al mese.

Mesi 13-36:

Inclinometri e Topografia: 1 volta ogni 3 mesi.

Piezometri ed Estensimetri: 1 volta ogni 3 mesi.

Misure straordinarie: Da eseguirsi tempestivamente entro 24 ore da eventi sismici con magnitudo locale M_L > 4.0 (avvertiti nell'area della Marsica) o precipitazioni cumulative superiori a 50 mm in 24 ore.

LOCALIZZAZIONE DEI PUNTI DI MISURA

PARATIA DI MONTE E DI VALLE

Dato lo sviluppo planimetrico di **30 metri** delle paratie, si prevede, per ogni paratia, l'installazione di una maglia di monitoraggio così distribuita:

Sezioni di monitoraggio principali (N. 2 sezioni strumentate):

Sezione AA (Progressiva 10.00 m**):** - N. 1 tubo inclinometrico solidale a un micropalo della fila di monte (profondità 20.00 m).

N. 1 verticale estensimetrica sul micropalo (coppie di sensori disposte a -2.0 m, -5.0 m, -8.0 m dal piano di coronamento).

N. 1 piezometro di monte (profondità 12.00 m) posizionato a 3.0 m a tergo della paratia.

Sezione BB (Progressiva 20.00 m**):**

Strumentazione speculare alla Sezione AA.

Strumentazione diffusa lungo lo sviluppo dell'opera:

N. 4 prismi topografici distribuiti sul cordolo di coronamento (posizionati a progressiva 0 m, 5 m, 15 m, 25 m, 30 m).

N. 1 piezometro di controllo esterno al corpo di frana (area stabile) per la lettura del livello regionale indisturbato.

SOGLIE DI ATTENZIONE, DI ALLARME E PROCEDURE ATTOATIVE

In adempimento alle prescrizioni normative, vengono fissati dei valori di soglia prestazionali (Stati Limite di Servizio e di Sicurezza dell'opera e del versante). Le soglie sono strutturate su tre livelli:

Definizione dei Valori di Soglia

I valori limite indicati sono derivati dal calcolo strutturale della sezione del micropalo 193X10 (momento di snervamento e plastificazione) e dai limiti di deformabilità geometrica tollerabili dalle terre rinforzate soprastanti.

STRUMENTO / PARAMETRO	UNITÀ DI MISURA	SOGLIA S1 (ATTENZIONE)	SOGLIA S2 (ALLARME)
SPOSTAMENTO INCLINOMETRICO CUMULATO (PARATIA)	mm	15.0 mm	30.0 mm
VELOCITÀ DI SPOSTAMENTO (TESTA PARATIA)	mm/giorno	> 1.5 mm/g (per 3 g. consecutivi)	> 4.0 mm/g
DEFORMAZIONE UNITARIA ESTENSIMETRICA	με	1100, με (pari al 60% dello snervamento dell'acciaio)	1800, με (snervamento teorico acciaio S355)
LIVELLO PIEZOMETRICO DI MONTE	m dal p.c.	Risalita fino a -2.0 m dal p.c.	Risalita oltre -0.5 m dal p.c. (mancato drenaggio)

Protocollo di Attivazione e Contromisure

Superamento della Soglia S1 (Attenzione)

Comunicazione: Invio immediato di una notifica tecnica alla Direzione Lavori (D.L.), al Progettista e all'Impresa esecutrice entro 12 ore dall'acquisizione del dato.

Azioni correttive immediate:

Raddoppio della frequenza delle letture (es. da settimanale a bisettimanale).

Ispezione visiva approfondita del paramento esterno delle terre rinforzate e delle vie di scarico dei gabbioni drenanti per escludere occlusioni.

Analisi del trend temporale delle misure (verifica dell'eventuale tendenza all'asintoto).

Superamento della Soglia S2 (Allarme)

Comunicazione: Notifica immediata telefonica e via PEC a tutti gli enti interessati (D.L., R.U.P., Genio Civile di L'Aquila, Comune di Canistro) entro 2 ore dall'evento.

Azioni di emergenza:

Sospensione immediata di qualsiasi attività di scavo o di carico nel cantiere e allontanamento del personale dall'area sottostante il versante.

Attivazione di interventi di stabilizzazione provvisionali d'urgenza (es. posizionamento di un rinfianco al piede in massi ciclopici o scogliere, esecuzione di drenaggi d'urgenza superficiali).

Convocazione di un tavolo tecnico d'urgenza tra Progettista delle strutture, Geologo ed Impresa per ridefinire le scelte progettuali (es. esecuzione di tiranti d'ancoraggio integrativi o riduzione dell'altezza del pendio in terra rinforzata).

REPORTISTICA E CONDIVISIONE DEI DATI

La corretta archiviazione e gestione dei dati è fondamentale per l'efficacia del PMG. Saranno prodotti i seguenti documenti:

Rapporti di installazione (Verbale di Zero): Redatti subito dopo la posa in opera della strumentazione, contenenti le schede tecniche degli strumenti, i certificati di taratura del produttore e le letture di riferimento iniziali.

Report periodici di monitoraggio: In fase di cantiere avranno cadenza quindicinale, mentre in fase di esercizio saranno trimestrali. Ciascun report conterrà:

Tabelle riassuntive delle misure aggiornate.

Grafici degli spostamenti cumulati (profili inclinometrici) e serie storiche degli spostamenti superficiali, delle pressioni idrauliche e delle deformazioni dei pali.

Interpretazione geotecnica sintetica del comportamento globale del sistema.

Dichiarazione esplicita del rispetto delle soglie di sicurezza.

Rapporto di fine monitoraggio: Al termine del triennio di controllo, contenente l'analisi complessiva del comportamento dell'opera e il benestare tecnico alla chiusura del piano di monitoraggio.