

COMUNE DI MONTESE

Provincia di Modena

Intervento

LAVORI DI SOMMA URGENZA PER LA MESSA IN SICUREZZA
PROVVISIONALE DELLA SEDE STRADALE COINVOLTA
DA MOVIMENTO FRANOSO AL KM.17+150 IN LOCALITÀ VAINA
NEL COMUNE DI MONTESE

PERIZIA GIUSTIFICATIVA ART. 140 CAPO 4 DL 31/03/2023 N.36 RELATIVA
A PROCEDURA DI SOMMA URGENZA E PROTEZIONE CIVILE

Commessa: 267/2025

Committente : ZACCARIA COSTRUZIONI S.R.L.

REV.	DATA	REDATTO	CONTROLLATO/APPROVATO
0	06/05/2025	GG/FL	PG/FL
1			
2			

GEO GROUP SRL

p. Iva e C.F.02981500362

E-MAIL: info@geogroumodena.it PEC: geo.group@winpec.it

SEDE LEGALE: via Padova, 160 - 41125 Modena (MO)

UFFICI: via Per Modena, 12 - 41051 Castelnovo R. (MO)

tel. 059/3967169

www.geogroumodena.it

SOMMARIO

1. PREMESSA	3
2. QUADRO DEL DISSESTO	4
2.1. Inquadramento geologico e geomorfologico	7
3. OPERE PROVVISORIALI PER LA SICUREZZA STRADALE	8
3.1. Intervento di messa in sicurezza provvisoria	8
3.2. Modello di calcolo	10
3.2.1 Scenario limite ipotetico	10
3.2.2 Verifica geotecnica della barriera di blocchi in cls	12
3.3. Prove sperimentali per la validazione del calcolo	17
3.4. Limiti del metodo di calcolo e metodo osservazionale (cap. 6.2.5 NTC 2018)	21
4. PIANO DI MONITORAGGIO E SORVEGLIANZA	22
4.1. Monitoraggio topografico in continuo	22
4.2. Piano della sorveglianza	22
4.3. Piano della manutenzione dell'opera	23
5. COMPUTO METRICO ESTIMATIVO INTERVENTO	24
6. QUADRO INCIDENZA MANODOPERA	24
7. QUADRO ECONOMICO	24
8. CRONOPROGRAMMA	24
9. CONCLUSIONI	25

ALLEGATI

E01 – RILIEVO TOPOGRAFICO
E02 – BARRIERA DI BLOCCHI IN CLS
E03 – RELAZIONE DI CALCOLO
E04 – CME
E05 – QUADRO INCIDENZA MANODOPERA

1. PREMESSA

Il presente elaborato rappresenta la perizia giustificativa ai sensi dell'Art. 140, capo 4 del Decreto Legislativo 31 marzo 2023 n. 36 Codice dei Contratti Pubblici e smi, relativa a procedura di somma urgenza e protezione civile.

L'intervento di somma urgenza riguarda un tratto stradale della viabilità provinciale relativamente alla SP27 in località Vaina in Comune di Montese km 17+150. Nel corso della stagione primaverile e in concomitanza dei fenomeni pluviometrici, in data 16/03/2025 si è constatato la formazione di una superficie di distacco a livello del suolo in corrispondenza di una proprietà privata che insiste da monte sul tratto di strada provinciale oggetto della messa in sicurezza. La superficie di distacco disloca un volume di terreno ingente a monte della strada provinciale, denotando le classiche morfologie dei dissesti idrogeologici che interessano la fascia appenninica regionale. I rilievi eseguiti hanno evidenziato la presenza di superfici ondulate, gibbosità diffuse, crepe profonde a livello del suolo, dissesti e deformazioni di opere rigide quali muri di sostegno e recinzioni. Il volume di terreno interessato dai fenomeni osservati, nonché la sua posizione relativa rispetto all'asse stradale provinciale, è tale da fare presupporre un elevato valore di rischio per la sicurezza stradale e in generale per la pubblica incolumità.



[Figura n. 1 – Stralcio della cartografia tecnica con indicazione dell'area di interesse]

2. QUADRO DEL DISSESTO

In data 19/03/2025 sono stati eseguiti rilievi di dettaglio in corrispondenza dell'areale assoggettato al fenomeno di dissesto segnalato. I rilievi constano in valutazioni visive e fotografiche eseguite da operatori a terra, integrati da un rilievo fotogrammetrico mediante sistema UAV (drone).

Il fenomeno di dissesto interessa una superficie di suolo pari a 2000 m² e si sviluppa da una quota di 500 metri s.l.m. fino a una quota di circa 475 metri s.l.m., poco a monte della sede stradale della SP27 che risulta collocata a una quota di circa 470 metri s.l.m..

Come visibile nelle figure e fotografie successivamente riportate, il fenomeno è classificabile con uno scivolamento planare di terra e roccia, con tratti posti in corrispondenza del coronamento con cinematismo complesso e/o rotazionale. Il fenomeno di dissesto si genera in corrispondenza dell'area cortiliva del fabbricato civile presente a monte, propagandosi in direzione di valle denotando le classiche morfologie di scivolamento planare e fratture di de-tensionamento. Durante i rilievi si è potuto constatare la presenza di un'emergenza idrica, ragionevolmente imputabile ad una sorgente, poco a monte del fenomeno.

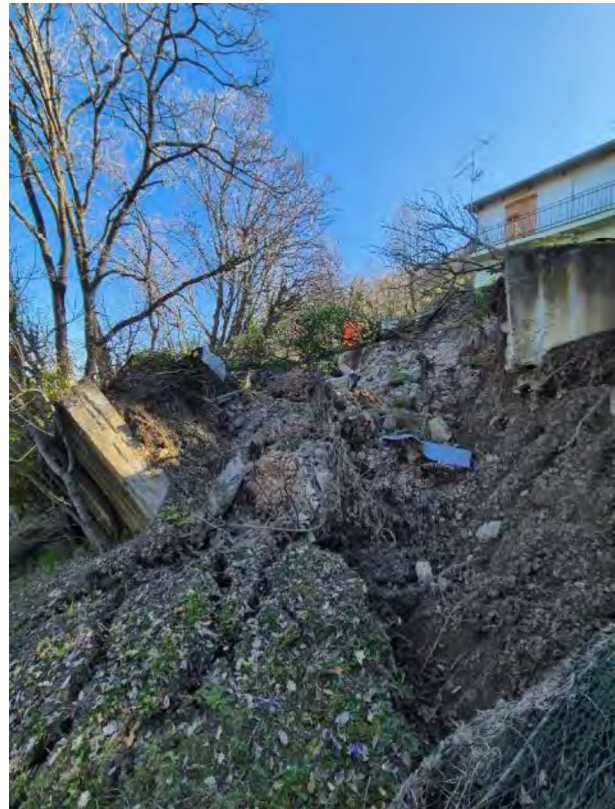
Su base di ipotesi, il fenomeno di dissesto è da imputare a fattori predisponenti quali la presenza di un substrato flyshoide (alternanze litotipi arenacei e pelitici) e carichi strutturali e geotecnici posti in sommità, congiuntamente a fattori scatenanti quali le piogge abbondanti che hanno interessato il periodo primaverile congiuntamente alla presenza di sorgenti e moti idrici ipogei.



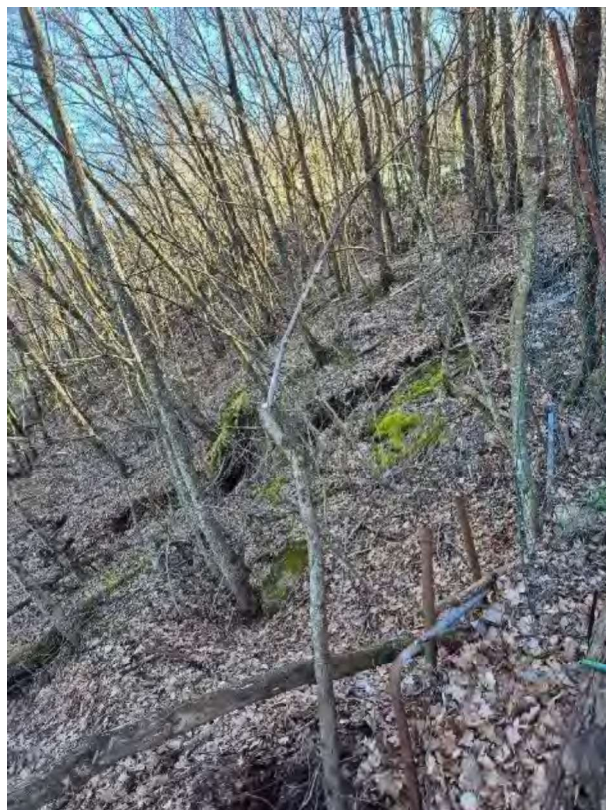
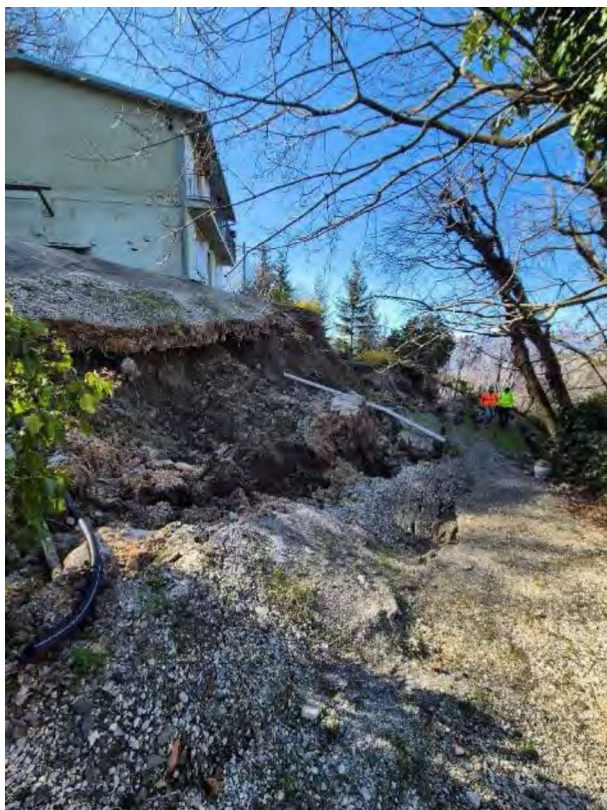
[Figura n. 2 – Indicazione estensione del dissesto su base ortofoto rilevata da UAV in data 19/03/2025]



[Figura n. 3 – Sezione schematica del dissesto e dell'andamento topografico rilevato mediante rilievo fotogrammetrico in data 19/03/2025]



[Figura n. 4 – A sinistra: scivolamenti che dislocano il substrato roccioso; A destra: rottura di opere di contenimento terre in corrispondenza del piazzale antistante il fabbricato civile]



[Figura n. 5 – A sinistra: coronamento sommitale del dissesto; A destra: crepacci e crepe per detensionamento]

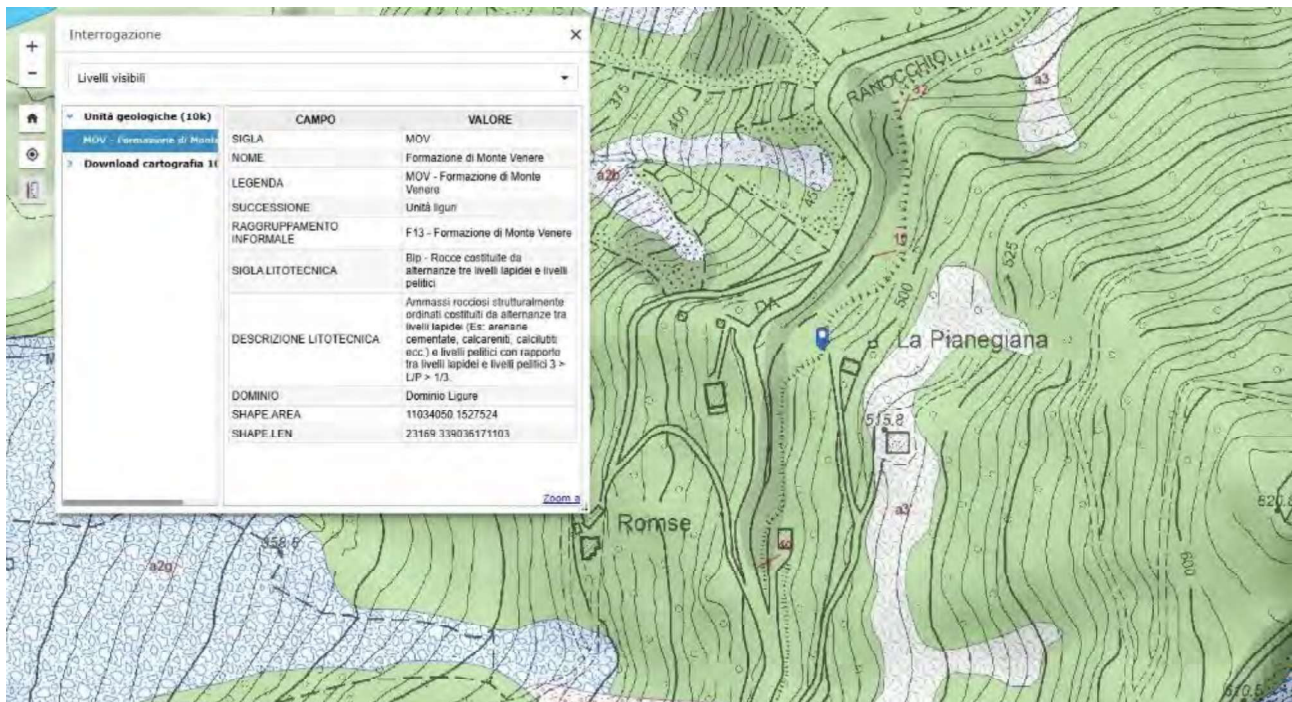


[Figura n. 6– A sinistra: emergenza idrica a monte del dissesto; A destra: fronti del dissesto più prossimi alla sede stradale]

2.1. Inquadramento geologico e geomorfologico

Il dissesto è collocato in corrispondenza di un versante per il quale la cartografia geologica regionale indica l'affioramento del substrato roccioso. In questo settore il substrato è rappresentato dalla formazione di Monte Venere (sigla MOV). Si tratta di unità flyshoidi costituite da alternanze di livelli lapidei e livelli pelitici. In rapporto variabile da 3 a 1/3.

Da valori di assetto degli strati riportati nella cartografia si deriva un valore variabile di immersione da 10°/40° con orientazioni che derivano un assetto a "reggipoggio" rispetto all'immersione generale del pendio.



[Figura n. 7– Inquadramento geologico dell'area di interesse (fonte RER)]

Dalla consultazione delle cartografie relative al dissesto (PTCP e IFFI) nel tratto in analisi non vengono segnalate forme gravitative di dissesto. Pertanto, si ritiene ragionevole ascrivere il dissesto in oggetto come un evento franoso di neo-formazione.

3. OPERE PROVVISORIALI PER LA SICUREZZA STRADALE

In pendenza di osservazioni di monitoraggio prolungate e di informazioni geognostiche volte a ricostruire le geometrie dei depositi e delle unità rocciose coinvolte nel movimento, risulta difficile fornire previsioni circa l'evoluzione dinamica del dissesto. Ad ogni modo, risulta ragionevole ipotizzare che il cinematismo non possa arrestarsi e che avanzi in direzione di valle per piccoli spostamenti costanti (cm/gg o cm/mese) in condizioni di drenaggio idrico non gravoso. In concomitanza di estreme condizioni pluviometriche si potrebbe invece osservare un cinematismo più rapido di alcuni settori del dissesto, con tassi di spostamento nell'ordine di m/gg e in casi più estremi anche di m/h. Vista la posizione reciproca tra l'area in dissesto e l'asse della strada provinciale SP27, data la limitata distanza, ai fini di garantire la transitabilità della strada in sicurezza e garantire la pubblica incolumità, si procede a illustrare le opere e le azioni necessarie per il conseguimento della messa in sicurezza provvisoria. L'intervento di messa in sicurezza provvisoria risulta necessario per il superamento della fase emergenziale, in attesa di definire le azioni da intraprendere per la riduzione della pericolosità idrogeologica del dissesto stesso.

3.1. Intervento di messa in sicurezza provvisoria

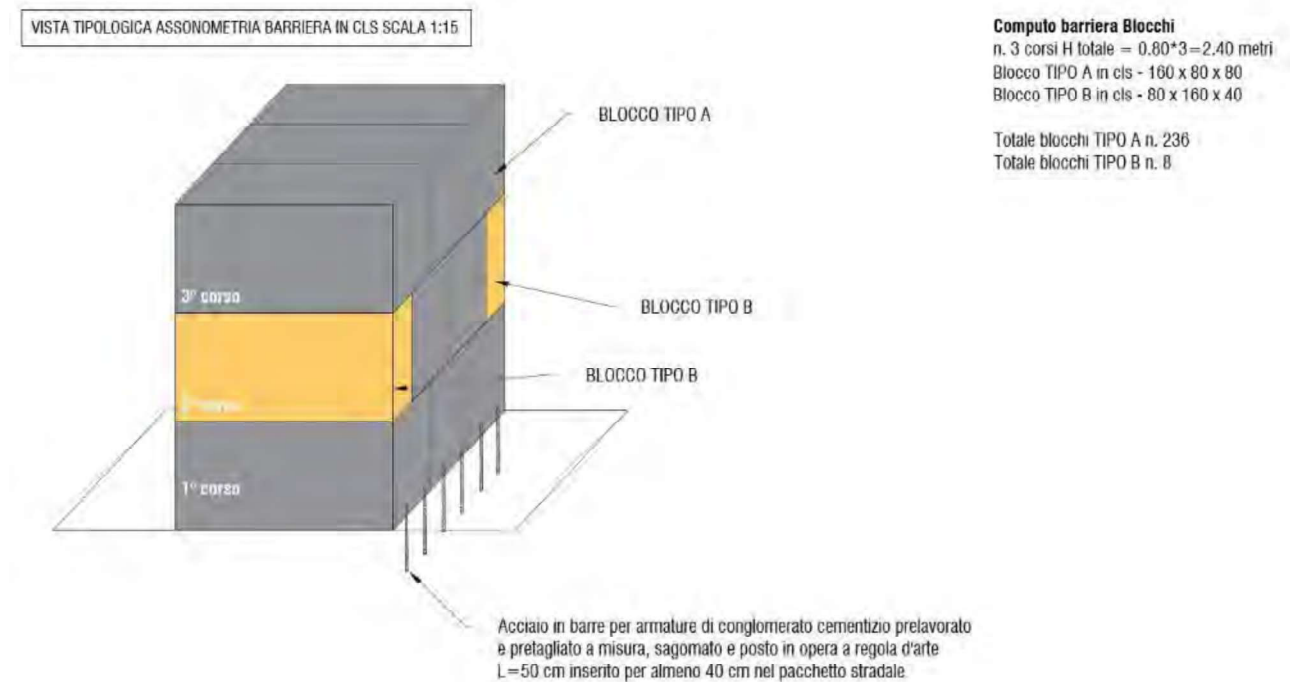
Con la finalità di arrestare eventuali crolli e scivolamenti di terreno e detrito che potranno sopraggiungere da monte in direzione della SP27, per le finalità di messa in sicurezza in somma urgenza si predispone la necessità di installare una barriera modulare composta da blocchi in cls prefabbricati immorsabili l'uno con l'altro mediante appositi giunti maschio/femmina.



[Figura n. 8– Esempi tipologici dei blocchi che costituiranno la barriera di blocchi]

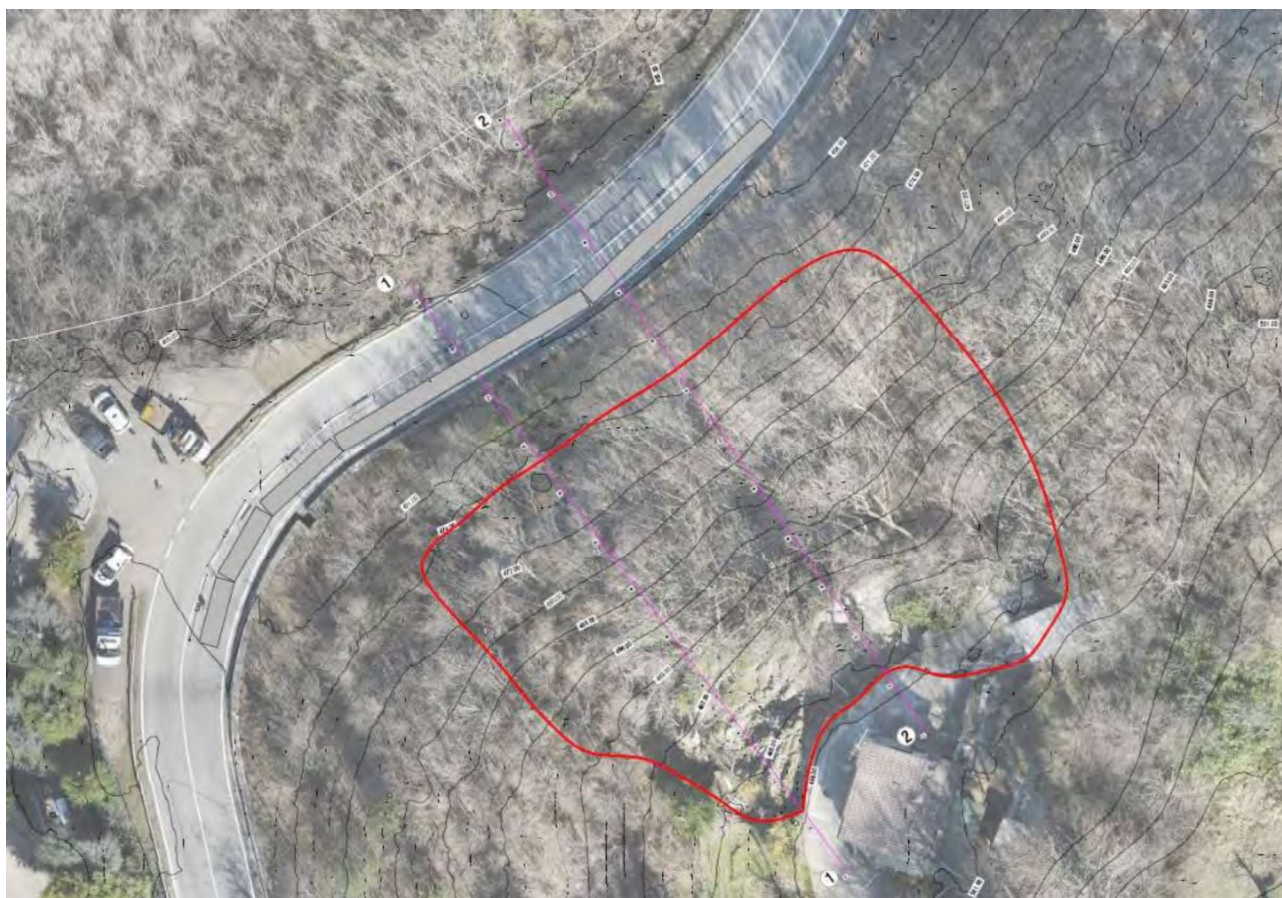
Considerando l'estensione del fenomeno di frana così come rilevato e definito all'elaborato E01, si predispone il montaggio di una barriera di blocchi in corrispondenza della corsia di monte della SP27 e in ombra al fronte di frana. La barriera sarà composta da tre corsi di blocchi cls per un'altezza complessiva di $(0.80 \times 3 \text{ m}) = 2.40$ metri a partire dalla quota del fondo di asfalto della strada. La barriera seguirà lo sviluppo altimetrico della strada. Per aumentare la resistenza della barriera in prospettiva dello scivolamento sul piano di fondazione, si predispone la messa in opera di picchetti metallici (barre $\varnothing=24$ mm) di lunghezza pari a 50 cm, installate e inserite all'interno del manto stradale per una lunghezza di almeno 40 cm. I picchetti metallici verranno installati sul fronte esterno della barriera, in modalità di vincolo al piede, nella misura di n. 2 picchetti per ciascun blocco cls posato.

Per ovviare alla curvatura della sede stradale, la barriera stradale verrà disposta in segmenti spezzati nella misura tale da seguire l'andamento curvilineo. Per il montaggio della barriera si seguirà secondo schema riportato in elaborato E.02 e in fig. n. 9; nei tratti terminali degli andamenti spezzati, con la finalità di completare lo schema della muratura dovranno essere impiegati blocchi di dimensioni opportune (mezzi blocchi – Tipo B).



[Figura n. 9– Esempi tipologici dei blocchi che costituiranno la barriera di blocchi]

La barriera in blocchi cls seguirà l'andamento planimetrico indicato all'elaborato E.02 e riportato in fig. 10. Lato monte la barriera verrà installata a partire dal punto oltre il quale risulta presente una barriera paramassi. L'estensione in direzione di monte è quantificabile in un totale di sviluppo pari a 64.80 metri. Considerata l'estensione del litosoma di frana, la barriera così come definita garantirà il trattenimento e l'arginatura di eventuali crolli/scivolamento di terreno per l'intero fronte in dissesto. Alle estremità della barriera verranno installate barriere stradali tipo new-jersey orientate a protezione del senso di marcia. L'intera viabilità del tratto di strada verrà garantita mediante senso unico alternato, assicurato da opportuna segnaletica verticale e semaforica.



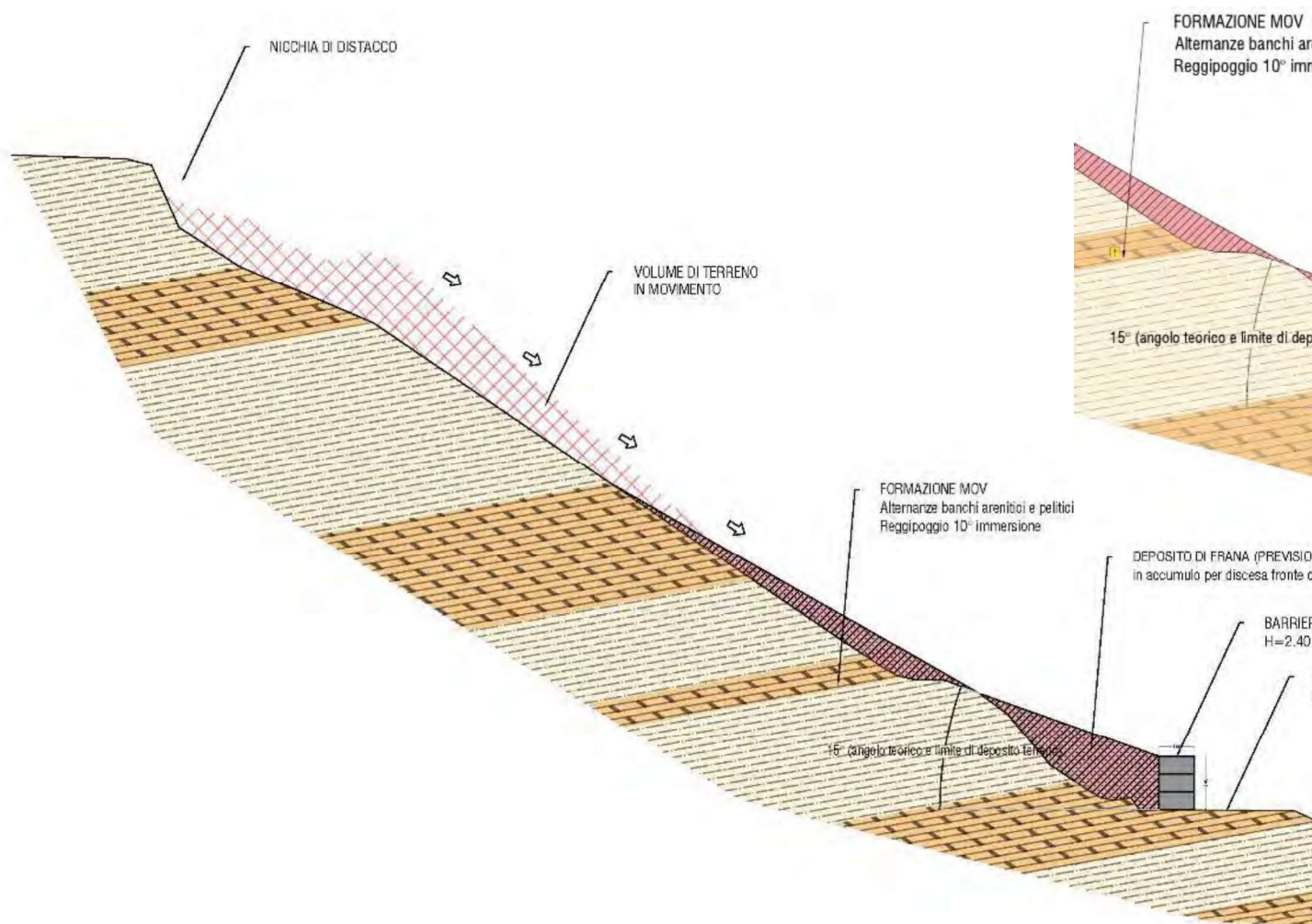
[Figura n. 10– Estensione planimetrica della barriera in blocchi CLS]

3.2. Modello di calcolo

3.2.1 Scenario limite ipotetico

Il fenomeno di dissesto di neoformazione alla data dei rilievi risulta incombere sulla strada provinciale ma non si estende nella misura tale da lambire la sede stradale. Premettendo che il seguente elaborato rappresenta la relazione giustificativa per dare seguito ai lavori di somma urgenza preventivi per la sicurezza stradale; quindi, redatto in pendenza di indagini geognostiche e valutazioni di dettaglio, con la finalità di definire un ragionevole dimensionamento della barriera in blocchi cls da predisporre si definisce uno scenario ipotetico nel quale il fronte del fenomeno di dissesto raggiunge la strada, arrestandosi contro la stessa barriera. L'identificazione di tale scenario permette di dare seguito a valutazioni di natura geotecnica della barriera in blocchi. La condizione posta a base di calcolo è da intendersi come limite, oltre la quale non vi è ragionevole garanzia circa gli effetti di riduzione della pericolosità idrogeologica da parte dell'intervento di messa in sicurezza in somma urgenza.

In figura 11 si illustra il modello schematico, di natura geologica e con prospettiva cinematica, che viene adottato per le successive fasi di calcolo. Nel modello si ipotizza il raggiungimento della sede stradale del fronte del dissesto, con deposito di terreno a tergo della barriera di blocchi, denotando un cuneo di terreno e detrito che agisce in spinta sul paramento della barriera con un angolo di pendio pari a 15° . Il valore di angolo di pendio adottato è da intendersi come angolo limite, oltre il quale non è possibile garantire la tenuta della barriera (scivolamento e/o ribaltamento).



[Figura n. 11– Modello schematico e cinematico ipotetico]

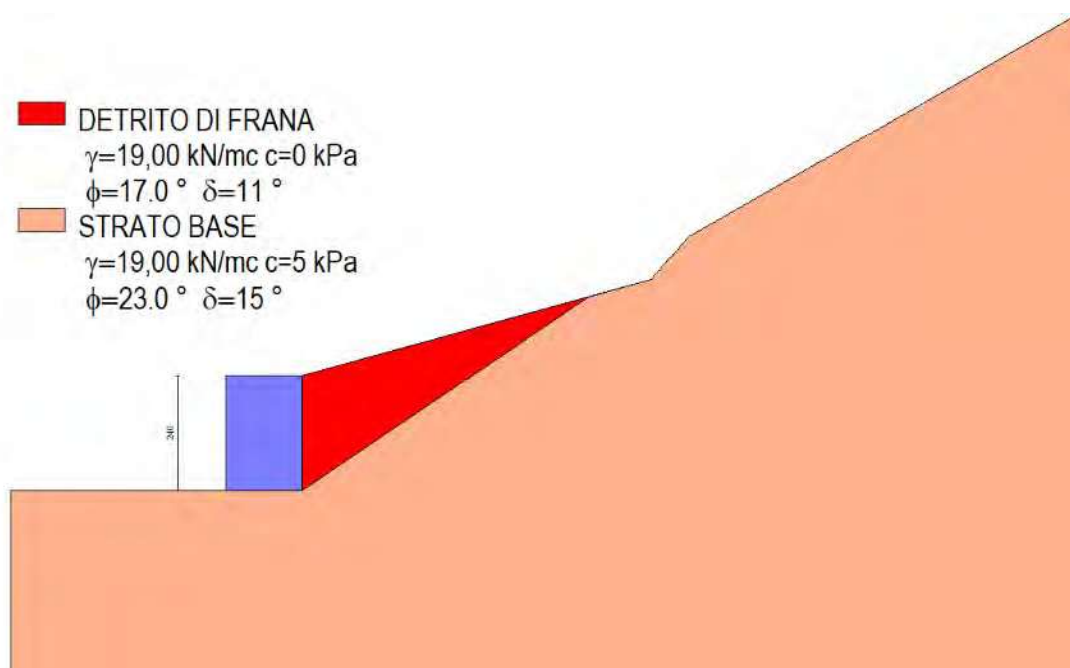
3.2.2 Verifica geotecnica della barriera di blocchi in cls

Si illustra successivamente il modello schematico a base di verifica. In pendenza di determinazioni geotecniche di dettaglio si stimano ragionevolmente i seguenti parametri geotecnici dei terreni coinvolti.

TABELLA n. 3.1 - MODELLO GEOTECNICO						
Unità			Descrizione	γ	c'	ϕ'_p
A			Detrito di frana	19	0	17
B			Strato di base	19	5	23
				(kN/m3)	kPa	°

Il calcolo dei muri di sostegno è stato eseguito secondo le seguenti fasi:

- Calcolo della spinta del terreno
- Verifica a ribaltamento
- Verifica a scorrimento del muro sul piano di posa
- Verifica della stabilità complesso fondazione terreno (carico limite)
- Verifica della stabilità globale



Le verifiche sono state condotte secondo quanto previsto da Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 (D.M. 17.01.2018) + Circolare C.S.LL.PP. 21/01/2019 n.7.

Tutti i dettagli delle verifiche sono riportati in allegato n. 1.

Si riporta di seguito il quadro dei coefficienti di sicurezza calcolati.

Cmb	Sismica	FS _{SCO} (*)	FS _{RIB}	FS _{QLIM}	FS _{STAB}	FS _{HYD}	FS _{UPL}
1 - STR (A1-M1-R3)		0.633		3.079			
2 - STR (A1-M1-R3)		0.791		2.425			
3 - STR (A1-M1-R3)		0.633		3.079			
4 - STR (A1-M1-R3)		0.791		2.425			
5 - GEO (A2-M2-R2)					1.113		
6 - EQU (A1-M1-R3)			2.183				

Verifica a scorrimento

Per la verifica a scorrimento del muro lungo il piano di fondazione deve risultare che la somma di tutte le forze parallele al piano di posa che tendono a fare scorrere il muro deve essere minore di tutte le forze, parallele al piano di scorrimento, che si oppongono allo scivolamento, secondo un certo coefficiente di sicurezza. La verifica a scorrimento risulta soddisfatta se il rapporto fra la risultante delle forze resistenti allo scivolamento F_r e la risultante delle forze che tendono a fare scorrere il muro F_s risulta maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza η_s

$$\frac{F_r}{F_s} \geq \eta_s$$

Le forze che intervengono nella F_s sono: la componente della spinta parallela al piano di fondazione e la componente delle forze d'inerzia parallela al piano di fondazione.

La forza resistente è data dalla resistenza d'attrito e dalla resistenza per adesione lungo la base della fondazione. Detta N la componente normale al piano di fondazione del carico totale gravante in fondazione e indicando con δ_f l'angolo d'attrito terreno-fondazione, con c_a l'adesione terreno-fondazione e con B_f la larghezza della fondazione reagente, la forza resistente può esprimersi come

$$F_r = N \tan \delta_f + c_a B_f$$

Per quanto riguarda l'angolo d'attrito terra-fondazione, δ_f , diversi autori suggeriscono di assumere un valore di δ_f pari all'angolo d'attrito del terreno di fondazione.

La relazione di calcolo riporta anche i fattori di sicurezza a scorrimento (*) ottenuti per il modello geotecnico assunto, in cui il muro risulta appoggiato allo strato di terreno di base.

Il muro di blocchi in cls è in realtà appoggiato alla superficie in asfalto della strada, per cui le verifiche sono state ripetute considerando la risultante delle forze che tendono a fare scorrere il muro T e la resistenza allo scorrimento per attrito dedotta dal campo prove realizzato in cantiere.

Si richiama quanto inserito nella relazione di calcolo:

Verifica a scorrimento fondazione con fondazione su ASFALTO

T_{MAX} = Carico max parallelo al piano di posa, espresso in [kN] = 51.13 KN

R_{sa} = Resistenza allo scorrimento per attrito, espresso in [kN] dedotta da campo prove = 57.61 KN

$FS = R/T = 57.61/51.13 = 1.13 > 1.10$ OK

Verifica al carico limite

Il rapporto fra il carico limite in fondazione e la componente normale della risultante dei carichi trasmessi dal muro sul terreno di fondazione deve essere superiore a η_q . Cioè, detto Q_u , il carico limite ed R la risultante verticale dei carichi in fondazione, deve essere:

$$\frac{Q_u}{R} \geq \eta_q$$

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
N	Carico normale totale al piano di posa, espresso in [kN]
Q_u	carico limite del terreno, espresso in [kN]
Q_d	Portanza di progetto, espresso in [kN]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto tra il carico limite e carico agente al piano di posa)

n°	N	Q_u	Q_d	FS
	[kN]	[kN]	[kN]	
2 - STR (A1-M1-R3)	130,05	315,34	225,24	2.425

Verifica a ribaltamento

La verifica a ribaltamento consiste nel determinare il momento risultante di tutte le forze che tendono a fare ribaltare il muro (momento ribaltante M_r) ed il momento risultante di tutte le forze che tendono a stabilizzare il muro (momento stabilizzante M_s) rispetto allo spigolo a valle della fondazione e verificare che il rapporto M_s/M_r sia maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza η_r .

Deve quindi essere verificata la seguente disequaglianza:

$$\frac{M_s}{M_r} \geq \eta_r$$

Il momento ribaltante M_r è dato dalla componente orizzontale della spinta S , dalle forze di inerzia del muro e del terreno gravante sulla fondazione di monte (caso di presenza di sisma) per i rispettivi bracci. Nel momento stabilizzante interviene il peso del muro (applicato nel baricentro) ed il peso del terreno gravante sulla fondazione di monte. Per quanto riguarda invece la componente verticale della spinta essa sarà stabilizzante se l'angolo d'attrito terra-muro δ è positivo, ribaltante se δ è negativo. δ è positivo quando è il terrapieno che scorre rispetto al muro, negativo quando è il muro che tende a scorrere rispetto al terrapieno (questo può essere il caso di una spalla da ponte gravata da carichi notevoli).

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
M_s	Momento stabilizzante, espresso in [kNm]
M_r	Momento ribaltante, espresso in [kNm]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto tra momento stabilizzante e momento ribaltante)

La verifica viene eseguita rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione

n°	Ms	Mr	FS
	[kNm]	[kNm]	
6 - EQU (A1-M1-R3)	90,12	41,28	2.183

Verifica alla stabilità globale

La verifica alla stabilità globale del complesso muro+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a η_g .

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento viene supposta circolare e determinata in modo tale da non avere intersezione con il profilo del muro. Si adotta per la verifica di stabilità globale il metodo di Bishop.

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di Bishop si esprime secondo la seguente formula:

$$\eta = \frac{\sum_{i=0}^n \left[\frac{c_i b_i + (W_i - u_i b_i) \tan \varphi_i}{m} \right]}{\sum_{i=0}^n W_i \sin \alpha_i}$$

dove il termine m è espresso da

$$m = \left(1 + \frac{\tan \varphi_i \tan \alpha_i}{\eta} \right) \cos \alpha_i$$

In questa espressione n è il numero delle strisce considerate, b_i e a_i sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia i -esima rispetto all'orizzontale, W_i è il peso della striscia i -esima, c_i e f_i sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed u_i è la pressione neutra lungo la base della striscia. L'espressione del coefficiente di sicurezza di Bishop contiene al secondo membro il termine m che è funzione di h . Quindi essa è risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per h da inserire nell'espressione di m ed iterare fin quando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

Simbologia adottata

Ic	Indice/Tipo combinazione
C	Centro superficie di scorrimento, espresso in [m]
R	Raggio, espresso in [m]
FS	Fattore di sicurezza minimo

Ic	C	R	FS
	[m]	[m]	
5 - GEO (A2-M2-R2)	-2,00; 1,00	3,95	1.113

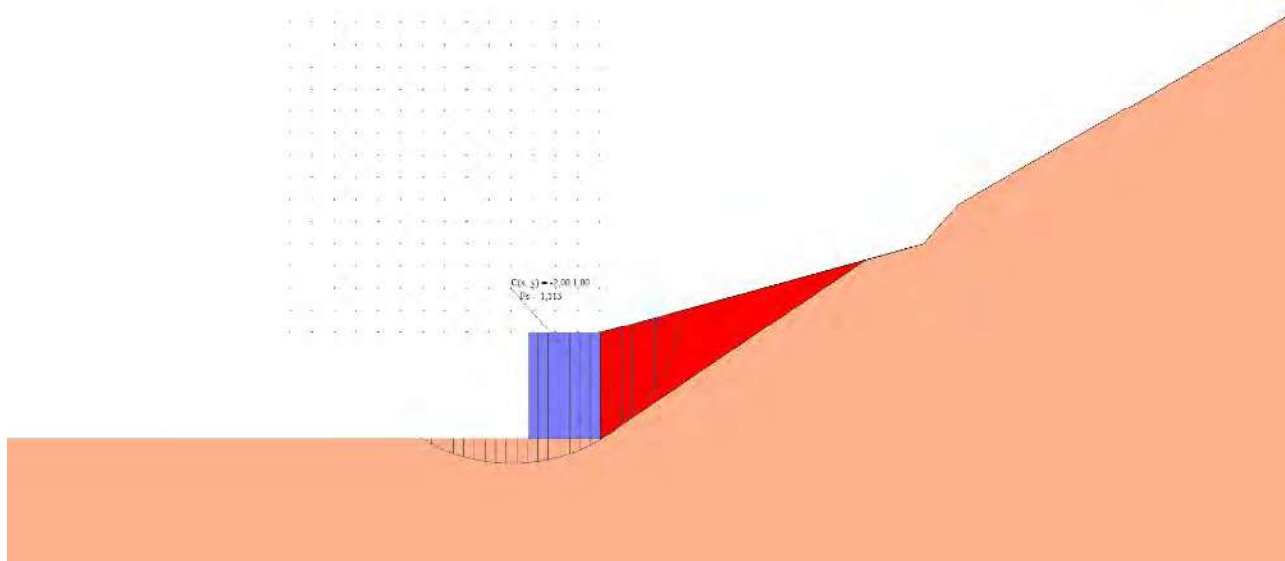


Fig. X - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 5) – FS = 1.113

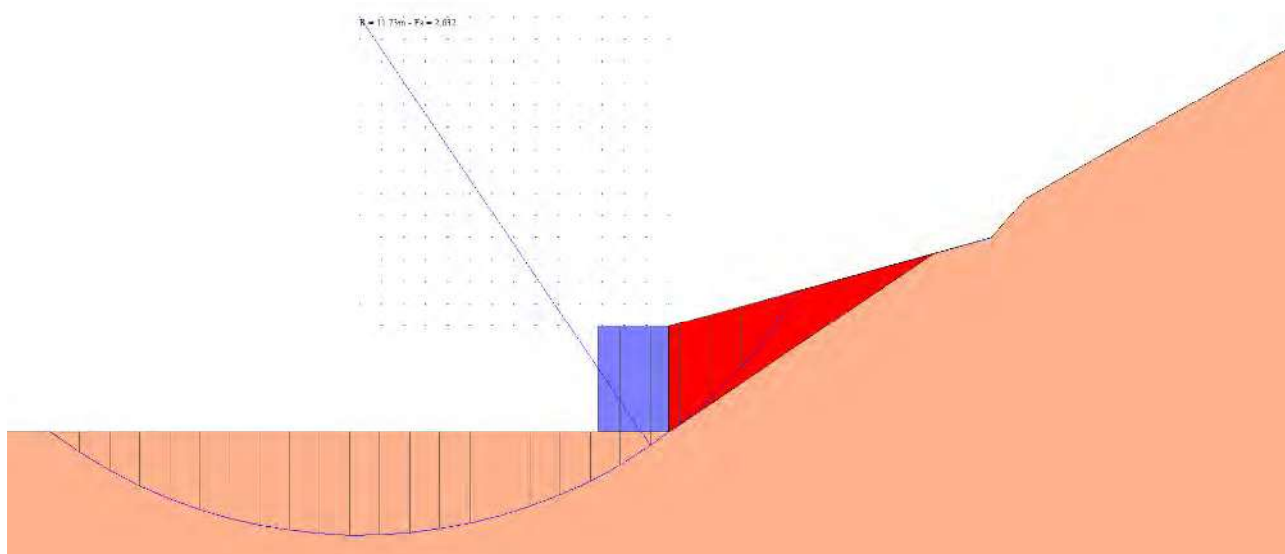


Fig. X - Stabilità fronte di scavo - Cerchio (Combinazione n° 5) – FS = 2.632

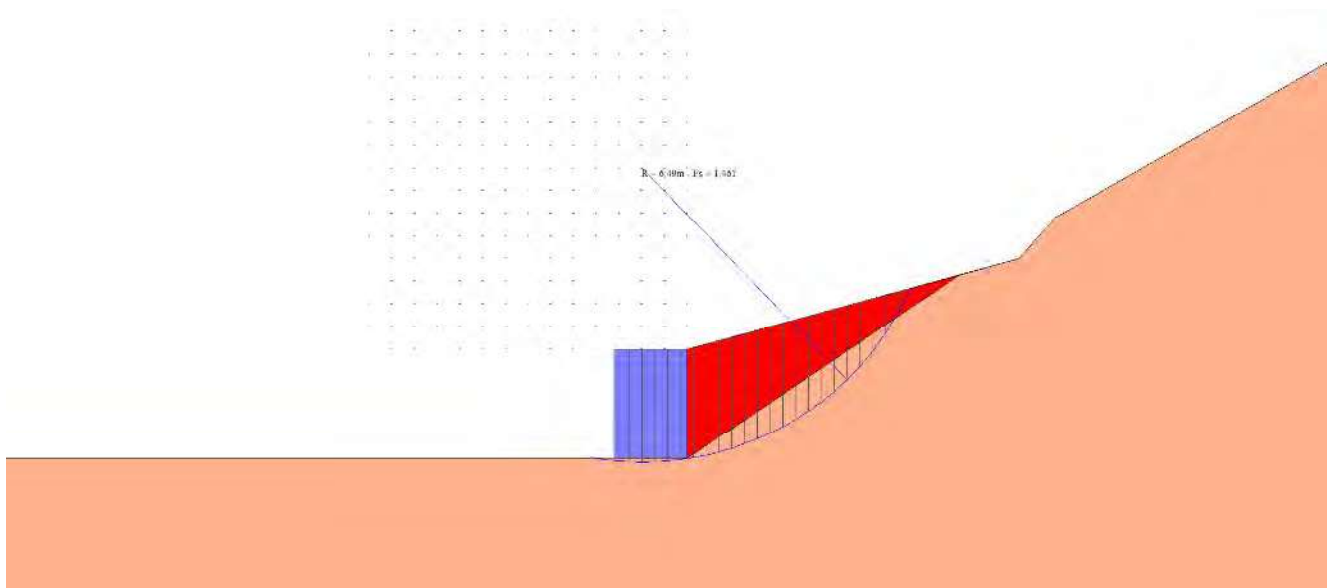


Fig. X - Stabilità fronte di scavo - Cerchio (Combinazione n° 5) – FS = 1.461

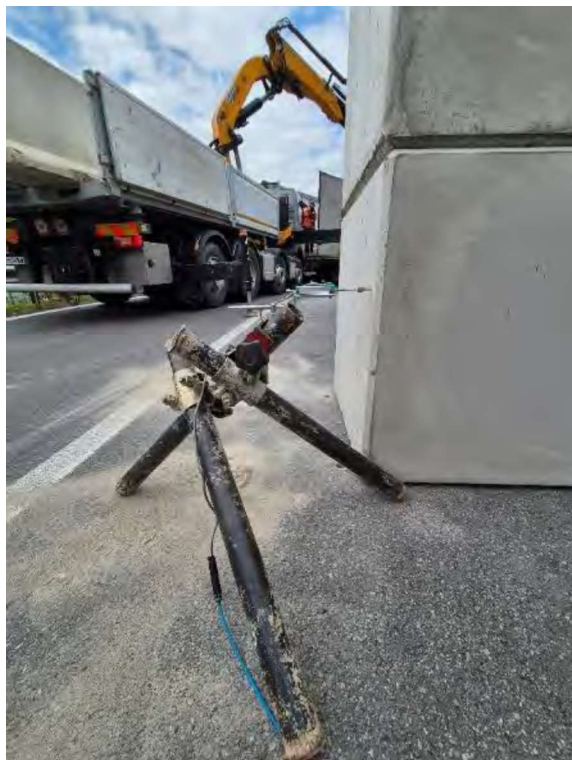
3.3. Prove sperimentali per la validazione del calcolo

Con la finalità di definire il reale comportamento della barriera di blocchi in cls nella prospettiva dello scivolamento sul piano di fondazione, in data 09/04/2025, sono state eseguite prove sperimentali. Le prove sperimentali sono state eseguite in due diverse modalità.

La prima (denominata successivamente PROVA1) ha previsto l'applicazione di un carico orizzontale alla base di tre blocchi (L= 160 cm B= 80 cm S=80 cm) disposti in senso parallelo rispetto all'asse di applicazione del carico, valutando lo spostamento per scivolamento degli stessi in condizioni libere e non vincolate. La seguente prova ha comportato la stima dell'attrito radente in grado di svilupparsi all'interfaccia tra la base del blocco e la superficie dell'asfalto.

La seconda prova (denominata successivamente PROVA2) è stata eseguita in analogia alla prima ma valutando la resistenza allo scivolamento derivante dalla presenza di due staffe metalliche ($\varnothing=24$ mm) di L=50 cm infisse nell'asfalto per circa 40 cm e disposte sul fronte esterno del blocco di base.

Il carico è stato applicato alla base del blocco di base mediante martinetto idraulico (ENERPAC - serie RRH-603 forato, doppio effetto, da 58 tonn) mentre gli spostamenti sono stati derivati mediante n. 1 trasduttore lineare di spostamento con tastatore MAE - corsa 50 mm - posto sul fronte del blocco di base e svincolato dallo stesso.

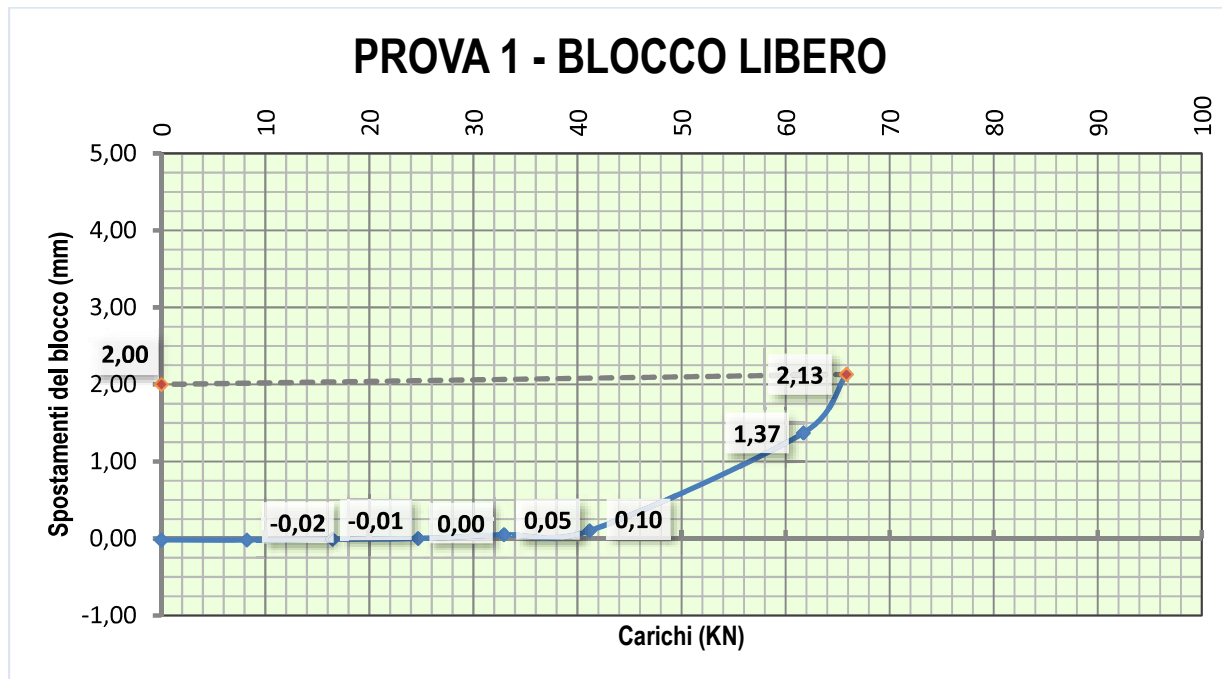


[Figura n. 12– Ripresa fotografica del punto di misura delle deformazioni (sinistra) e del punto di applicazione della forza (destra)]



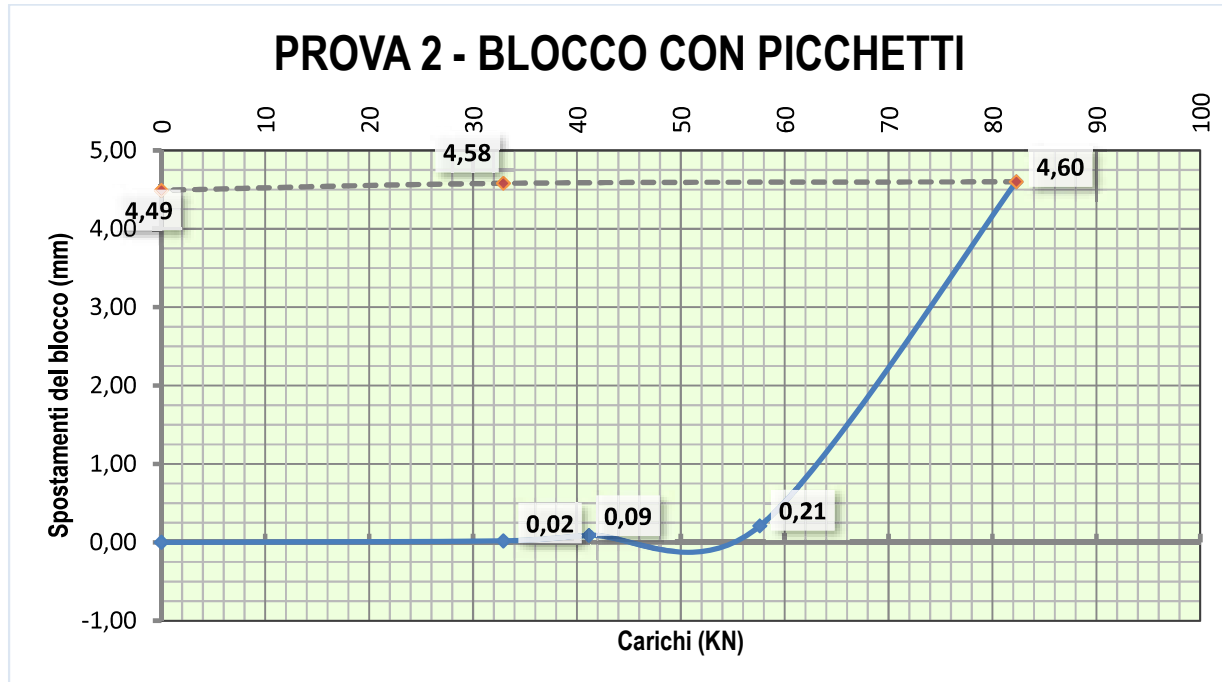
[Figura n. 13– Ripresa fotografica della disposizione di PROVA 1 (sinistra) e PROVA2 (destra)]

La PROVA 1 è stata eseguita applicando la forza per piccoli step incrementali (10 bar – 8,23 KN = 8,4 tonn) raggiungendo il valore limite per il quale sono state osservate le prime letture riconducibili al movimento frontale del blocco (scivolamento).



Ora	Carico			Spostamenti
	Press. (Bar)	KN	TON	
Fase applicazione del carico				
15,36	10,00	8,23	0,84	-0,02
15,37				-0,02
15,38				-0,02
15,38	20,00	16,46	1,68	-0,02
15,39				-0,02
15,40				-0,01
15,40	30,00	24,69	2,52	0,00
15,41				0,00
15,42	40,00	32,92	3,36	0,03
15,43				0,03
15,44				0,04
15,42				0,05
15,46				0,05
15,47	50,00	41,15	4,20	-0,10
15,48				-0,17
15,49	75,00	61,73	6,30	-1,37
15,50	80,00	65,84	6,72	-2,13
15,51	0,00	0,00	0,00	-2,00

La PROVA 2 è stata realizzata in analogia a PROVA1: essendo presente il vincolo alla base dei blocchi (staffe metalliche), la prova ha permesso l'applicazione di forze superiori rispetto a quanto applicato in sede di PROVA 1. Si illustrano successivamente i risultati ottenuti per ciascuna configurazione di prova.



Ora	Carico			Spostamenti
	Press. (Bar)	KN	TON	
Fase applicazione del carico				
15,57	40,00	32,92	3,36	0,02
15,58				0,02
15,59	50,00	41,15	4,20	0,03
16,00				0,07
16,01				0,09
16,02				0,09
16,03	70,00	57,61	5,88	0,15
16,04				0,18
16,05				0,18
16,06				0,20
16,07				0,21
16,08				0,21
16,08	100,00	92,30	8,39	3,05
16,09	90,00	74,07	7,56	-4,49
16,10	85,00	70,00	7,14	-4,51
16,11				-4,53
16,12				-4,54
16,13				-4,55

16,14				-4,57
16,15				-4,58
16,16				-4,59
16,17				-4,59
16,18				-4,60
16,19				-4,60
16,20	40,00	32,92	3,36	-4,58
16,21	0,00	0,00	0,00	-4,46

3.4. Limiti del metodo di calcolo e metodo osservazionale (cap. 6.2.5 NTC 2018)

La barriera è stata dimensionata in pendenza di dati geognostici e determinazioni di dettaglio di natura geotecnica e geologica. Per tale motivo tutte le considerazioni fornite nel presente elaborate fanno appello al metodo osservazionale NTC 2018 (paragrafo 6.2.5) e principalmente ricollegandosi all'osservazione continua della possibile evoluzione del fenomeno, sia mediante il sistema di monitoraggio topografico installato, sia attraverso verifiche visive a cadenza regolare e in concomitanza di fenomeni pluviometrici.

L'iter da seguire per l'applicazione del metodo è il seguente:

1. devono essere stabiliti i limiti di accettabilità dei valori di alcune grandezze rappresentative del comportamento del complesso struttura-terreno;
2. si deve dimostrare che la soluzione prescelta è accettabile in rapporto a tali limiti;
3. devono essere previste soluzioni alternative (qualora si ipotizzi che i limiti indicati siano raggiunti), congruenti con il progetto, e definiti i relativi oneri economici;
4. deve essere istituito un adeguato sistema di monitoraggio in corso d'opera, con i relativi piani di controllo, tale da consentire tempestivamente l'adozione di una delle soluzioni alternative previste, qualora i limiti indicati siano raggiunti.

In merito al punto 1 si sono definiti i seguenti limiti di accettabilità:

Nel modello si ipotizza il raggiungimento della sede stradale del fronte del dissesto, con deposito di terreno a tergo della barriera di blocchi fino alla sommità degli stessi, denotando un cuneo di terreno e detrito che agisce in spinta sul paramento della barriera con un angolo di pendio pari a 15°. Il valore di angolo di pendio adottato è da intendersi come angolo limite, oltre il quale non è possibile garantire la tenuta della barriera (scivolamento e/o ribaltamento).

In merito al punto 2 si sono mostrate, anche attraverso simulazioni di prova, l'accettabilità del sistema prescelto.

Quanto alle soluzioni alternative (punto 3), raggiunto il limite di progetto, si ipotizza la rimozione del materiale accumulato mediante pala meccanica e trasporto in luogo idoneo.

Il sistema di monitoraggio (punto 4) è descritto al capitolo seguente.

A favore della sicurezza, date le numerose incertezze in gioco, si segnala che nella verifica allo scorrimento, il calcolo della spinta è stato eseguito considerando una striscia elementare pari a 1ml, mentre la prova di resistenza (descritta al paragrafo precedente) è stata eseguita su blocco di larghezza 80cm, sottostimando pertanto la resistenza del sistema rapportato al carico di calcolo, quantomeno in relazione alla componente attritiva.

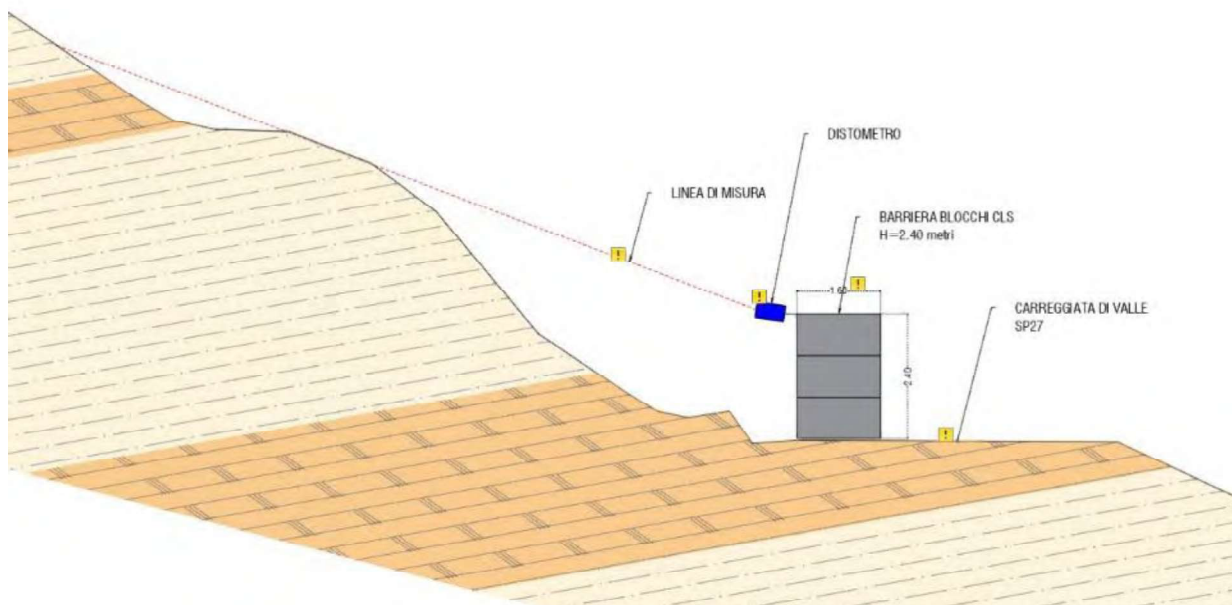
4. PIANO DI MONITORAGGIO E SORVEGLIANZA

Ai fini di mantenere presidiato e controllato il quadro evolutivo del fenomeno di dissesto, occorre predisporre un sistema di monitoraggio degli spostamenti futuri in direzione di valle del volume di terreno coinvolto.

4.1. Monitoraggio topografico in continuo

Il monitoraggio del fenomeno di dissesto si esplicherà nell'installazione di un sensore distanziometrico (Distometro) attraverso il quale sarà possibile misurare in ciclo continuo la distanza relativa tra il punto di installazione e un punto fisso posto sul fronte del dissesto.

Il distometro verrà installato in corrispondenza del lato interno della barriera di blocchi in cls e orientato in direzione di monte. All'atto dell'installazione verrà designato il punto a terra sul fronte del dissesto più consono per l'acquisizione dei dati in continuo. Si consiglia di eseguire sfalci della vegetazione in prossimità del punto prescelto per la misura in continuo della distanza per ovviare a eventuali interferenze sulla linea di vista del sensore.



[Figura n. 14– Schema tipologico relativo al sistema di monitoraggio]

Il sistema di misura verrà collegato in tempo reale a un sistema di acquisizione e trasmissione wireless che permetterà di eseguire letture a campione e in modalità remota. In aggiunta il sistema potrà essere impostato con soglie di allerta: al superamento di queste sarà possibile ricevere segnali di allertamento mediante comunicazione email/sms.

4.2. Piano della sorveglianza

Parallelamente al monitoraggio in continuo, sulla scorta della considerazione che la barriera di blocchi in cls predisposta funge da mero elemento di protezione passiva nei confronti del dissesto e non agisce attivamente a contrastare l'evoluzione dello stesso, occorre necessariamente definire un piano della sorveglianza finalizzato al controllo nel tempo di eventuali aggravamenti della condizione di pericolosità ad oggi contestualizzata e descritta in precedenza.

La sorveglianza circa la potenziale evoluzione del fenomeno dovrà prevedere sopralluoghi qualitativi e visivi a scadenza settimanale. In sede di sopralluogo dovrà essere posta particolare attenzione al settore areale interposto

tra la barriera di blocchi in cls e il tratto finale di pendio. Dovranno essere attenzionati in particolare eventuali volumi di terreno che, a seguito di confronto speditivo con l'ausilio di fotografie precedenti, identifichino spostamenti relativi in direzione di valle. Dovranno essere segnalate eventuali emergenze di acqua dal terreno e ogni qualsiasi indizio che sia imputabile a riattivazione del dissesto.

La sorveglianza dovrà essere intensificata a seguito di sostanziali apporti pluviometrici (almeno superiori alle 4 h o superiori a 30/40 mm di pioggia locale) o in occasione di eventi particolari (es: sisma). Essendo presente un sistema di allertamento collegato al sistema di monitoraggio topografico, in concomitanza del superamento della soglia prefissata, dovrà seguire una tempestiva verifica in sito delle condizioni e delle evidenze descritte in precedenza.

A valle dell'identificazione di elementi che comportino un pregiudizio/aggravamento della condizione di stabilità del volume di terreno coinvolto nel dissesto, dovranno seguire azioni volte a decrementare la vulnerabilità dei luoghi (es: interdizione completa del traffico veicolare).

4.3. Piano della manutenzione dell'opera

L'opera, così come progettata, non prevede attività di manutenzione ordinaria e straordinaria.

Trattandosi di intervento eseguito in somma urgenza, il funzionamento della barriera di blocchi in cls è vincolato alla spinta limite del terreno che può accumularsi dietro in seguito a movimenti in direzione di valle del dissesto. Il valore limite della spinta che il sistema di contenimento (barriera) è ben esplicito ai capitoli precedenti (verifiche geotecniche). La spinta del terreno è funzione principalmente dei parametri geotecnici adottati e dell'angolo di riposo del terreno di frana che potrebbe derivare a seguito della deposizione a tergo della barriera. L'angolo limite definito in sede di verifica è pari al valore di 15°.

In sede delle varie verifiche visibile così come descritto al paragrafo 4.2, se si rilevassero valori di angolo di pendio pari o prossimi al valore dell'angolo limite, si dovrà operare tempestivamente mediante asportazione per escavazione del terreno depositato, con la finalità di decrementare l'azione di spinta del terreno sul paramento della barriera.

5. COMPUTO METRICO ESTIMATIVO INTERVENTO

Vedi allegato in calce

6. QUADRO INCIDENZA MANODOPERA

Vedi allegato in calce

7. QUADRO ECONOMICO

Opere civili								85,940.40 €
Sicurezza								2,741.05 €
	totale lavori							88,681.45 €
Iva sui lavori (22%)								19,509.92 €
Incentivi sui lavori (2%)								1,773.63 €
Quota ANAC								35.00 €
	TOTALE GENERALE							110,000.00 €

8. CRONOPROGRAMMA

Per la posa degli elementi, data l'incidenza della manodopera, considerando una media di n.6 operatori coinvolti contemporaneamente per 9 ore giornaliere, si considera un tempo pari a 8 giorni lavorativi continuativi.

9. CONCLUSIONI

Il presente elaborato rappresenta la perizia giustificativa ai sensi dell'Art. 140, capo 4 del Decreto Legislativo 31 marzo 2023 n. 36 Codice dei Contratti Pubblici e s.m.i., relativa a procedura di somma urgenza e protezione civile. L'intervento viene predisposto per la salvaguardia della pubblica incolumità e per garantire la transitabilità del tratto di SP27 in località Vaina (Comune di Montese), a seguito del distacco di un fronte di dissesto dal pendio posto a monte rispetto all'asse viario. Il fenomeno di frana si è originato nel periodo primaverile (16/03/2025) e interessa terreni privati situati a monte rispetto all'asse viario provinciale.

L'intervento di messa in sicurezza per conseguire interventi di riduzione della pericolosità idrogeologica per somma urgenza consta nell'installazione di una barriera di blocchi in cls che verrà disposta in ombra all'intero fronte di dissesto, in corrispondenza della corsia di monte. La barriera funge da opera di arginatura preventiva per il contenimento di futuri ed eventuali crolli/scivolamenti di terreno che potrebbero raggiungere l'asse stradale a seguito dell'evoluzione del quadro del dissesto rilevato.

La barriera è stata dimensionata in pendenza di dati geognostici e determinazioni di dettaglio di natura geotecnica e geologica. Per tale motivo tutte le considerazioni fornite nel presente elaborato fanno appello al metodo osservazionale NTC 2018 (paragrafo 6.2.5) e principalmente ricollegandosi all'osservazione continua della possibile evoluzione del fenomeno, sia mediante il sistema di monitoraggio topografico installato, sia attraverso verifiche visive a cadenza regolare e in concomitanza di fenomeni pluviometrici.

Le assunzioni fatte in sede di dimensionamento dell'azione di contenimento della barriera, quali i parametri geotecnici del terreno e dell'angolo di pendio limite, rappresentano condizioni limite oltre le quali si dovrà operare tempestivamente operando per escavazione e asportazione del volume di terreno depositatosi a tergo della barriera.

Le tempistiche per l'installazione della barriera di blocchi ammontano a 8 giorni solari consecutivi. Al termine dell'installazione la strada potrà essere riaperta al traffico in modalità di senso unico alternato sulla corsia di valle. Durante le ore di lavoro la strada dovrà essere chiusa al traffico, ma potrà essere riaperta, sempre a senso unico alternato regolato da semaforo, dalla chiusura serale del cantiere alla riapertura dello stesso il mattino successivo.

In conclusione, l'intervento di somma urgenza riduce temporaneamente la pericolosità del tratto stradale sotteso al fenomeno di dissesto. Si precisa che l'installazione della barriera non annulla completamente la pericolosità derivante dalla presenza del dissesto, comportando la necessità di avviare valutazioni progettuali per il consolidamento dell'intero corpo di frana per garantirne la stabilità nel lungo termine. Le valutazioni progettuali, così come l'intervento di stabilizzazione definitiva, dovranno essere attuati nel più breve tempo possibile e non comunque in tempi superiori a due anni.

MODENA 06/05/2025

I progettisti

Ing. Fabio Lugli

Dott. Geol. Pier Luigi Dallari

Collaboratori alla progettazione

Dott. Geol. Gabriele Ghirardini

Ing. Silvia Sernesi

ELABORATI ALLEGATI

GEO GROUP SRL

p. Iva e C.F.02981500362

E-MAIL: info@geogroumodena.it PEC: geo.group@winpec.it

SEDE LEGALE: via Padova, 160 - 41125 Modena (MO)

UFFICI: via Per Modena, 12 - 41051 Castelnovo R. (MO)

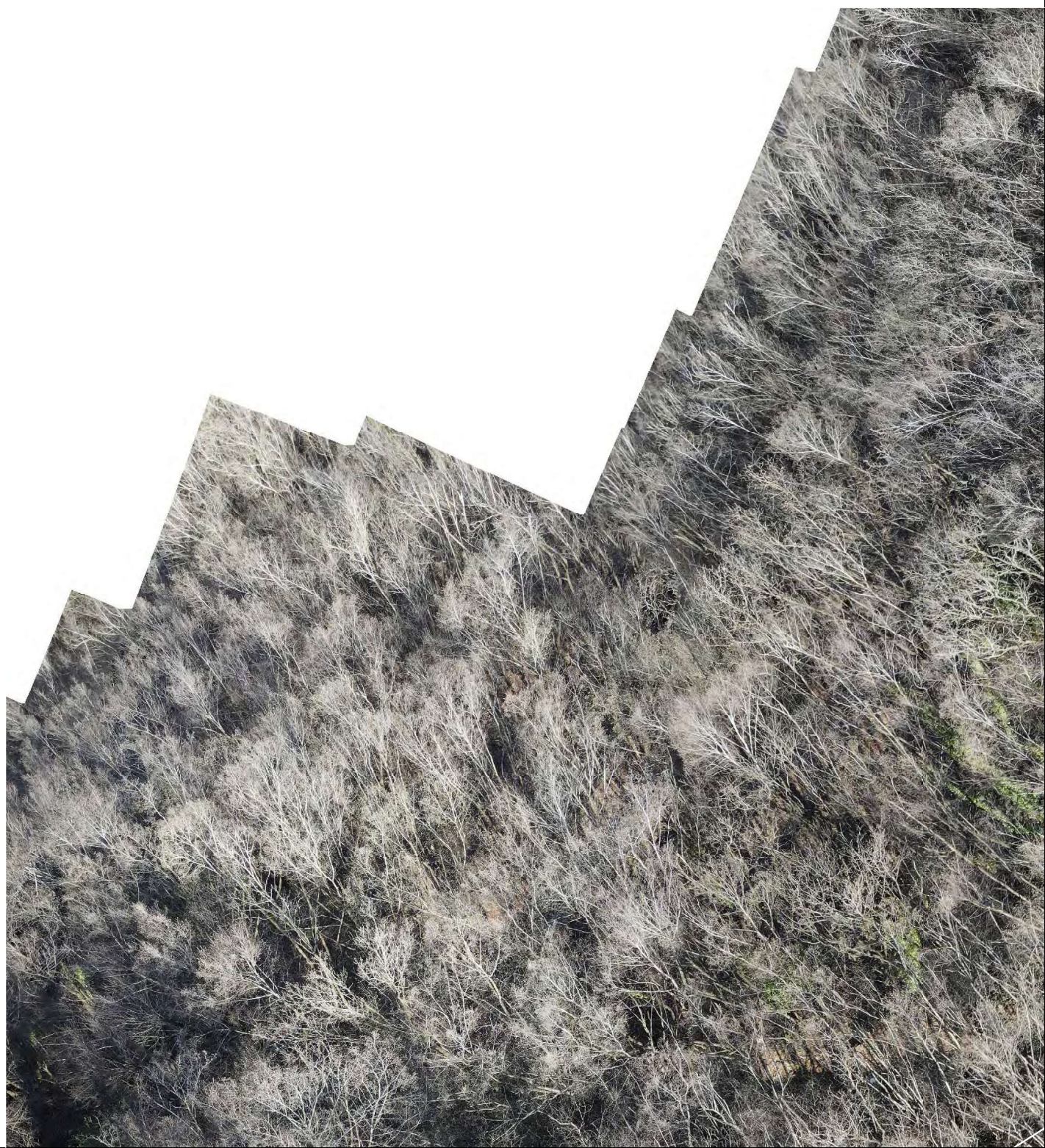
tel. 059/3967169

www.geogroumodena.it

Rilievo fotogrammetrico drone 19/03/2025

PLANIMETRIA SCALA 1:200

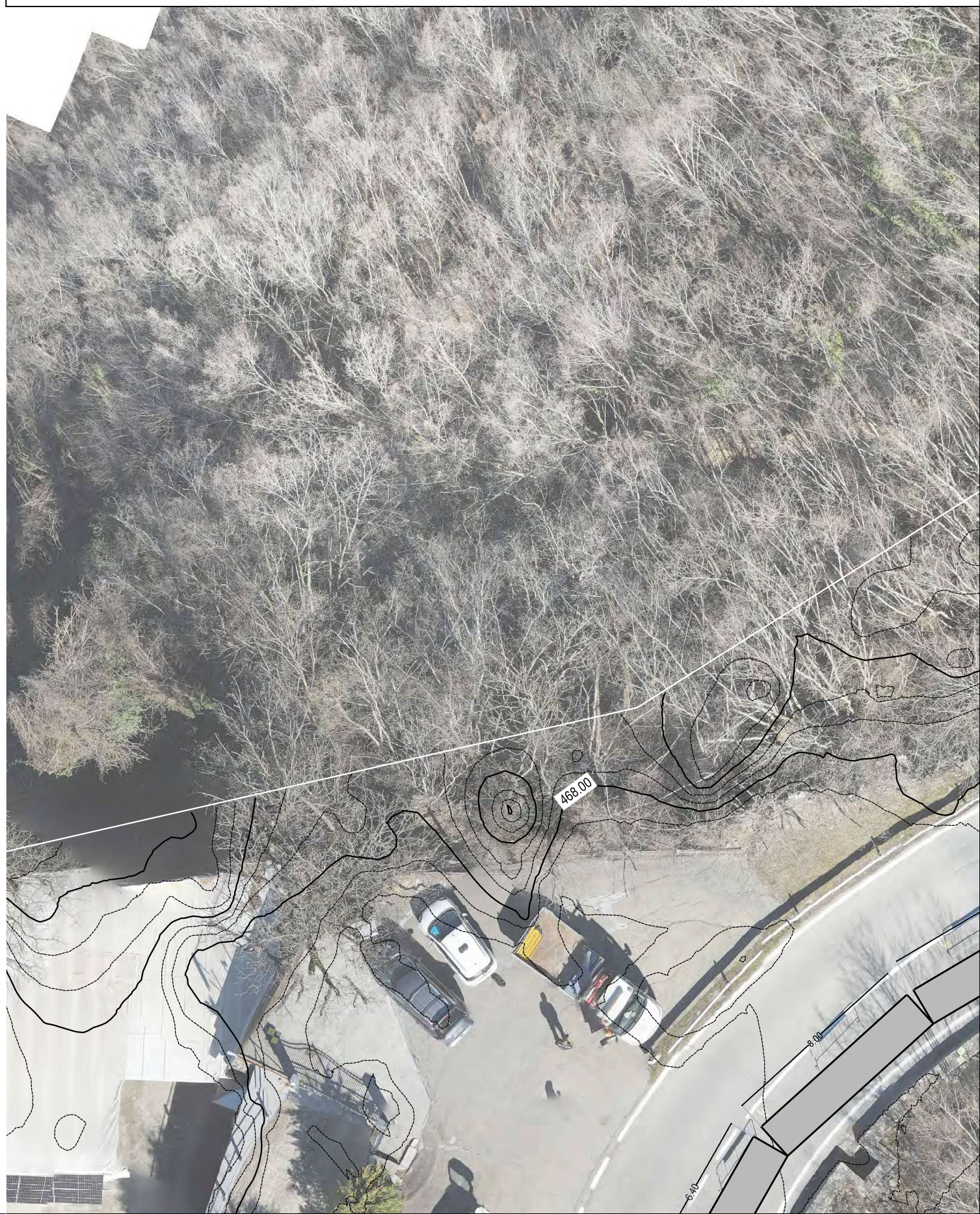
Isoipse modello elevazione eq. 2 metri



Rilievo fotogrammetrico drone 19/03/2025

PLANIMETRIA SCALA 1:200

Isoipse modello elevazione eq. 2 metri





FABIO LUGLI Ingegnere
41124 Modena (MO), via de' Fogliani 19
sede operativa: Via Saliceto Panaro 5, Modena Tel. 059375996
codice fiscale LGL FBA 71E19 F257W P.IVA 02558750366

E03

RELAZIONE DI CALCOLO

GEO GROUP SRL

p. Iva e C.F.02981500362

E-MAIL: info@geogroumodena.it PEC: geo.group@winpec.it

SEDE LEGALE: via Padova, 160 - 41125 Modena (MO)

UFFICI: via Per Modena, 12 - 41051 Castelnovo R. (MO)

tel. 059/3967169

www.geogroumodena.it

Normative di riferimento

- Legge nr. 1086 del 05/11/1971.

Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.

- Legge nr. 64 del 02/02/1974.

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

- D.M. LL.PP. del 14/02/1992.

Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

- D.M. 9 Gennaio 1996

Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi'

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche

- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996

- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996

- Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (D.M. 17 Gennaio 2018)

- Circolare C.S.LL.PP. 21/01/2019 n.7 - Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018

Richiami teorici

Il calcolo dei muri di sostegno viene eseguito secondo le seguenti fasi:

- Calcolo della spinta del terreno
- Verifica a ribaltamento
- Verifica a scorrimento del muro sul piano di posa
- Verifica della stabilità complesso fondazione terreno (carico limite)
- Verifica della stabilità globale

Se il muro è in calcestruzzo armato: Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione, progetto delle armature e relative verifiche dei materiali.

Se il muro è a gravità: Calcolo delle sollecitazioni sia del muro che della fondazione e verifica in diverse sezioni al ribaltamento, allo scorrimento ed allo schiacciamento.

Calcolo della spinta sul muro

Valori caratteristici e valori di calcolo

Effettuando il calcolo tramite gli Eurocodici è necessario fare la distinzione fra i parametri caratteristici ed i valori di calcolo (o di progetto) sia delle azioni che delle resistenze.

I valori di calcolo si ottengono dai valori caratteristici mediante l'applicazione di opportuni coefficienti di sicurezza parziali γ . In particolare si distinguono combinazioni di carico di tipo **A1-M1** nelle quali vengono incrementati i carichi e lasciati inalterati i parametri di resistenza del terreno e combinazioni di carico di tipo **A2-M2** nelle quali vengono ridotti i parametri di resistenza del terreno e incrementati i soli carichi variabili.

Metodo di Culmann

Il metodo di Culmann adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb. La differenza sostanziale è che mentre Coulomb considera un terrapieno con superficie a pendenza costante e carico uniformemente distribuito (il che permette di ottenere una espressione in forma chiusa per il coefficiente di spinta) il metodo di Culmann consente di analizzare situazioni con profilo di forma generica e carichi sia concentrati che distribuiti comunque disposti. Inoltre, rispetto al metodo di Coulomb, risulta più immediato e lineare tener conto della coesione del masso spingente. Il metodo di Culmann, nato come metodo essenzialmente grafico, si è evoluto per essere trattato mediante analisi numerica (noto in questa forma come metodo del cuneo di tentativo). Come il metodo di Coulomb anche questo metodo considera una superficie di rottura rettilinea.

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione ρ rispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;
- si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio (W), carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione lungo la superficie di rottura (R e C) e resistenza per coesione lungo la parete (A);
- dalle equazioni di equilibrio si ricava il valore della spinta S sulla parete.

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima.

La convergenza non si raggiunge se il terrapieno risulta inclinato di un angolo maggiore dell'angolo d'attrito del terreno.

Nei casi in cui è applicabile il metodo di Coulomb (profilo a monte rettilineo e carico uniformemente distribuito) i risultati ottenuti col metodo di Culmann coincidono con quelli del metodo di Coulomb.

Le pressioni sulla parete di spinta si ricavano derivando l'espressione della spinta S rispetto all'ordinata z . Noto il diagramma delle pressioni è possibile ricavare il punto di applicazione della spinta.

Spinta in presenza di falda

Nel caso in cui a monte della parete sia presente la falda il diagramma delle pressioni risulta modificato a causa della sottospinta che l'acqua esercita sul terreno. Il peso di volume del terreno al di sopra della linea di falda non subisce variazioni. Viceversa, al di sotto del livello di falda va considerato il peso di volume efficace

$$\gamma' = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w$$

dove γ_{sat} è il peso di volume saturo del terreno (dipendente dall'indice dei pori) e γ_w è il peso specifico dell'acqua. Quindi il diagramma delle pressioni al di sotto della linea di falda ha una pendenza minore. Al diagramma così ottenuto va sommato il diagramma triangolare legato alla pressione esercitata dall'acqua.

Verifica a ribaltamento

La verifica a ribaltamento consiste nel determinare il momento risultante di tutte le forze che tendono a fare ribaltare il muro (momento ribaltante M_r) ed il momento risultante di tutte le forze che tendono a stabilizzare il muro (momento stabilizzante M_s) rispetto allo spigolo a valle della fondazione e verificare che il rapporto M_s/M_r sia maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza η_r .

Deve quindi essere verificata la seguente disuguaglianza:

$$\frac{M_s}{M_r} \geq \eta_r$$

Il momento ribaltante M_r è dato dalla componente orizzontale della spinta S , dalle forze di inerzia del muro e del terreno gravante sulla fondazione di monte (caso di presenza di sisma) per i rispettivi bracci. Nel momento stabilizzante interviene il peso del muro (applicato nel baricentro) ed il peso del terreno gravante sulla fondazione di monte. Per quanto riguarda invece la componente verticale della spinta essa sarà stabilizzante se l'angolo d'attrito terra-muro δ è positivo, ribaltante se δ è negativo. δ è positivo quando è il terrapieno che scorre rispetto al muro, negativo quando è il muro che tende a scorrere rispetto al terrapieno (questo può essere il caso di una spalla da ponte gravata da carichi notevoli). Se sono presenti dei tiranti essi contribuiscono al momento stabilizzante.

Questa verifica ha significato solo per fondazione superficiale e non per fondazione su pali.

Verifica a scorrimento

Per la verifica a scorrimento del muro lungo il piano di fondazione deve risultare che la somma di tutte le forze parallele al piano di posa che tendono a fare scorrere il muro deve essere minore di tutte le forze, parallele al piano di scorrimento, che si oppongono allo scivolamento, secondo un certo coefficiente di sicurezza. La verifica a scorrimento risulta soddisfatta se il rapporto fra la risultante delle forze resistenti allo scivolamento F_r e la risultante delle forze che tendono a fare scorrere il muro F_s risulta maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza η_s

$$\frac{F_r}{F_s} \geq \eta_s$$

Le forze che intervengono nella F_s sono: la componente della spinta parallela al piano di fondazione e la componente delle forze d'inerzia parallela al piano di fondazione.

La forza resistente è data dalla resistenza d'attrito e dalla resistenza per adesione lungo la base della fondazione. Detta N la componente normale al piano di fondazione del carico totale gravante in fondazione e indicando con δ_f l'angolo d'attrito terreno-fondazione, con c_a l'adesione terreno-fondazione e con B_r la larghezza della fondazione reagente, la forza resistente può esprimersi come

$$F_r = N \tan \delta_f + c_a B_r$$

La Normativa consente di computare, nelle forze resistenti, una aliquota dell'eventuale spinta dovuta al terreno posto a valle del muro. In tal caso, però, il coefficiente di sicurezza deve essere aumentato

opportunamente. L'aliquota di spinta passiva che si può considerare ai fini della verifica a scorrimento non può comunque superare il 50 per cento.

Per quanto riguarda l'angolo d'attrito terra-fondazione, δ_f , diversi autori suggeriscono di assumere un valore di δ_f pari all'angolo d'attrito del terreno di fondazione.

Verifica al carico limite

Il rapporto fra il carico limite in fondazione e la componente normale della risultante dei carichi trasmessi dal muro sul terreno di fondazione deve essere superiore a η_q . Cioè, detto Q_u , il carico limite ed R la risultante verticale dei carichi in fondazione, deve essere:

$$\frac{Q_u}{R} \geq \eta_q$$

Terzaghi ha proposto la seguente espressione per il calcolo della capacità portante di una fondazione superficiale.

$$q_u = cN_c s_c + qN_q + 0.5B\gamma N_\gamma s_\gamma$$

La simbologia adottata è la seguente:

- c coesione del terreno in fondazione;
- ϕ angolo di attrito del terreno in fondazione;
- γ peso di volume del terreno in fondazione;
- B larghezza della fondazione;
- D profondità del piano di posa;
- q pressione geostatica alla quota del piano di posa.

I fattori di capacità portante sono espressi dalle seguenti relazioni:

Fattori di capacità portante	$N_c = (N_q - 1) \cotg \varphi$	$N_q = \frac{a^2}{2 \cos^2 \left(45 + \frac{\varphi}{2} \right)}$ dove $e^{(0.75\pi - \frac{\varphi}{2}) \tan \varphi}$	$N_\gamma = \frac{\tan \varphi}{2} \left(\frac{K_{p\gamma}}{\cos^2 \varphi} - 1 \right)$	
Fattori di forma	$s_c = 1$ $s_c = 1.3$		$s_\gamma = 1$ $s_\gamma = 0.8$	per fondazioni nastri per fondazioni quadrate

Il termine $K_{p\gamma}$ che compare nell'espressione di N_γ non ha un'espressione analitica. Pertanto si assume per N_γ l'espressione proposta da Meyerhof

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan(1.4\varphi)$$

Riduzione per effetto piastra

Per valori elevati di B (dimensione minore della fondazione), Bowles propone di utilizzare un fattore correttivo r_γ del solo termine sul peso di volume ($0.5 B \gamma N_\gamma$) quando B supera i 2 m.

$$r_\gamma = 1.0 - 0.25 \log \frac{B}{2.0}$$

Il termine sul peso di volume diventa:

$$0.5B\gamma N_\gamma r_\gamma$$

Verifica alla stabilità globale

La verifica alla stabilità globale del complesso muro+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a η_g .

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento viene supposta circolare e determinata in modo tale da non avere intersezione con il profilo del muro.

Si adotta per la verifica di stabilità globale il metodo di Bishop.

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di Bishop si esprime secondo la seguente formula:

$$\eta = \frac{\sum_{i=0}^n \left[\frac{c_i b_i + (W_i - u_i b_i) \tan \phi_i}{m} \right]}{\sum_{i=0}^n W_i \sin \alpha_i}$$

dove il termine m è espresso da

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

In questa espressione n è il numero delle strisce considerate, b_i e α_i sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia i -esima rispetto all'orizzontale, W_i è il peso della striscia i -esima, c e ϕ_i sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed u_i è la pressione neutra lungo la base della striscia.

L'espressione del coefficiente di sicurezza di Bishop contiene al secondo membro il termine m che è funzione di η . Quindi essa è risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per η da inserire nell'espressione di m ed iterare fin quando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

DatiMateriali

Simbologia adottata

n° Indice materiale

Descr Descrizione del materiale

Calcestruzzo armato

C Classe di resistenza del cls

N / E Calcestruzzo Nuovo o Esistente

A Classe di resistenza dell'acciaio

 γ Peso specifico, espresso in [kN/mc] R_{ck} Resistenza caratteristica a compressione, espressa in [kPa] f_{cm} Resistenza caratteristica media a compressione, espressa in [kPa]

E Modulo elastico, espresso in [kPa]

 ν Coeff. di Poisson

n Coeff. di omogenizzazione acciaio/cls

ntc Coeff. di omogenizzazione cls teso/compresso

Calcestruzzo armato

n°	Descr	N / E	C	A	γ [kN/mc]	R_{ck} / f_{cm} [kPa]	E [kPa]	ν	n	ntc
1	C25/30	N E	C25/30	B450C	24,000 0	30000 0	31447 048 0	0.30	15.00	0.50

Acciai

Descr	f_{yk} [kPa]	f_{uk} [kPa]	f_{ym} [kPa]
B450C	450000	540000	0

Geometria profilo terreno a monte del muro

Simbologia adottata

(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

n° numero ordine del punto

X ascissa del punto espressa in [m]

Y ordinata del punto espressa in [m]

A inclinazione del tratto espressa in [°]

n°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	0,00	0,00	0.000
2	7,30	2,00	15.322
3	8,10	2,90	48.366
4	24,90	12,50	29.745
5	33,40	17,50	30.466
6	33,80	17,50	0.000

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale 0.000 [°]

Geometria muro

Geometria paramento e fondazione

Lunghezza muro 10,00 [m]

Paramento

Materiale C25/30
 Altezza paramento 2,40 [m]
 Altezza paramento libero 2,40 [m]

Geometria gradoni

Simbologia adottata

n° indice gradone (a partire dall'alto)
 Bs, Bi Base superiore ed inferiore del gradone, espressa in [m]
 H altezza del gradone, espressa in [m]
 Ae, Ai inclinazione esterna ed interna del gradone espressa in [°]

n°	X	Bs	Bi	H	Ae	Ai
	[m]	[m]	[m]	[m]	[°]	[°]
1	0,00	1,60	1,60	0,80	0,00	0,00
2	0,00	1,60	1,60	0,80	0,00	0,00
3	0,00	1,60	1,60	0,80	0,00	0,00

Fondazione

Materiale C25/30
 Lunghezza mensola di valle 0,00 [m]
 Lunghezza mensola di monte 0,00 [m]
 Lunghezza totale 1,60 [m]
 Inclinazione piano di posa 0,00 [°]
 Spessore 0,00 [m]
 Spessore magrone 0,00 [m]

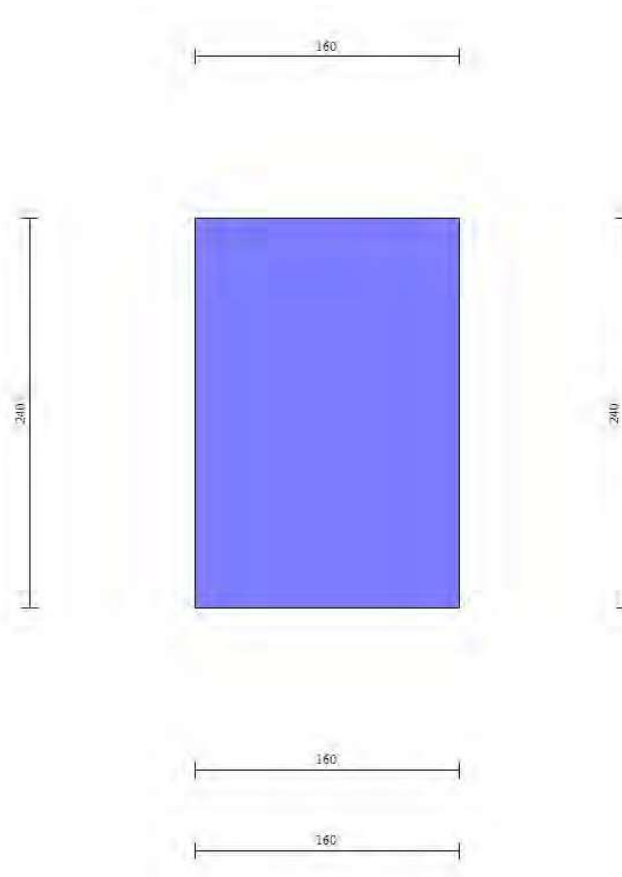


Fig. 1 - Sezione quotata del muro

Descrizione terreniParametri di resistenza

Simbologia adottata

n°	Indice del terreno
Descr	Descrizione terreno
γ	Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
γ_s	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
ϕ	Angolo d'attrito interno espresso in [°]
δ	Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
c	Coesione espressa in [kPa]
c_a	Adesione terra-muro espressa in [kPa]

Per calcolo portanza con il metodo di Bustamante-Doix

Cesp	Coeff. di espansione laterale (solo per il metodo di Bustamante-Doix)
τ_l	Tensione tangenziale limite, espressa in [kPa]

n°	Descr	γ [kN/mc]	γ_{sat} [kN/mc]	ϕ [°]	δ [°]	c [kPa]	c_a [kPa]	Cesp	τ_l [kPa]	
1	DETRITO DI FRANA	19,0000	21,0000	17.000	11.330	0	0	---	---	
2	STRATO BASE	19,0000	21,0000	23.000	15.333	5	3	---	---	

Stratigrafia

Simbologia adottata

n° Indice dello strato

H Spessore dello strato espresso in [m]

 α Inclinazione espressa in [°]

Terreno Terreno dello strato

Per calcolo pali (solo se presenti)Kw Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm²/cm

Ks Coefficiente di spinta

Cesp Coefficiente di espansione laterale (per tutti i metodi tranne il metodo di Bustamante-Doix)

Per calcolo della spinta con coeff. di spinta definiti (usati solo se attiva l'opzione 'Usa coeff. di spinta da strato')Kst_{sta}, Kst_{sis} Coeff. di spinta statico e sismico

n°	H [m]	α [°]	Terreno	Kw [Kg/cm ² /cm]	Ks	Cesp	Kst _{sta}	Kst _{sis}
1	2,40	34.000	DETRITO DI FRANA	---	---	---	---	---
2	8,00	10.000	STRATO BASE	---	---	---	---	---

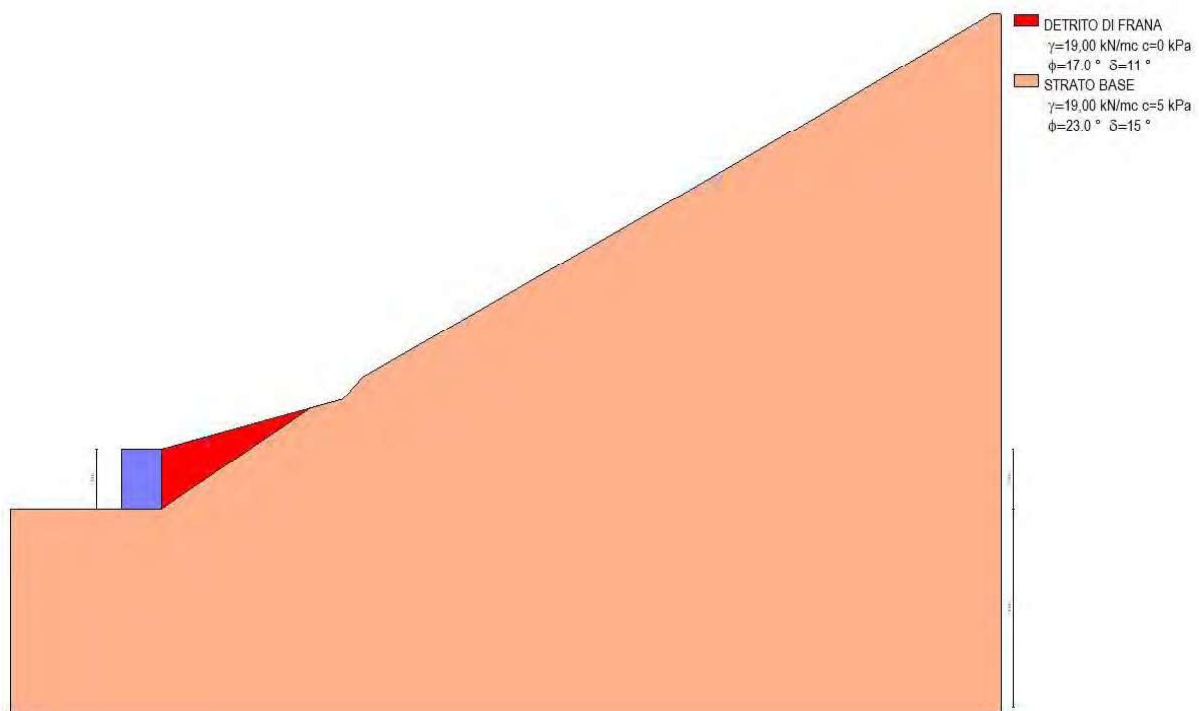


Fig. 2 - Stratigrafia

Normativa usata: **Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 (D.M. 17.01.2018) + Circolare C.S.LL.PP. 21/01/2019 n.7**

Coeff. parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

Carichi	Effetto		Combinazioni statiche					Combinazioni sismiche	
			UPL	EQU	A1	A2	EQU	A1	A2
Permanenti strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G1,fav}$	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G1,sfav}$	1.10	1.30	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti non strutturali	Favorevoli	$\gamma_{G2,fav}$	0.80	0.80	0.80	0.80	0.00	0.00	0.00
Permanenti non strutturali	Sfavorevoli	$\gamma_{G2,sfav}$	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili	Favorevoli	$\gamma_{Q,fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevoli	$\gamma_{Q,sfav}$	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevoli	$\gamma_{QT,fav}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevoli	$\gamma_{QT,sfav}$	1.50	1.35	1.35	1.15	1.00	1.00	1.00

Coeff. parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro		Combinazioni statiche		Combinazioni sismiche	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan(\phi')}$	1.00	1.25	1.00	1.00
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1.00	1.25	1.00	1.00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.00	1.40	1.00	1.00
Peso nell'unità di volume	γ_{γ}	1.00	1.00	1.00	1.00

Coeff. parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO

Verifica	Combinazioni statiche			Combinazioni sismiche		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Capacità portante	--	--	1.40	--	--	1.20
Scorrimento	--	--	1.10	--	--	1.00
Resistenza terreno a valle	--	--	1.40	--	--	1.20
Ribaltamento	--	--	1.15	--	--	1.00
Stabilità fronte di scavo	--	1.10	--	--	1.20	--

Descrizione combinazioni di carico

Con riferimento alle azioni elementari prima determinate, si sono considerate le seguenti combinazioni di carico:

- Combinazione fondamentale, impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \gamma_{Q2} \Psi_{0,2} Q_{k2} + \gamma_{Q3} \Psi_{0,3} Q_{k3} + \dots$$

I valori dei coeff. $\Psi_{0,j}$, $\Psi_{1,j}$, $\Psi_{2,j}$ sono definiti nelle singole condizioni variabili.

I valori dei coeff. γ_G e γ_Q , sono definiti nella tabella normativa.

In particolare si sono considerate le seguenti combinazioni:

Simbologia adottata

γ Coefficiente di partecipazione della condizione

Ψ Coefficiente di combinazione della condizione

Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole

Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.30	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.30	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole

Combinazione n° 3 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.30	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole

Combinazione n° 4 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.30	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole

Combinazione n° 5 - GEO (A2-M2-R2)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

Combinazione n° 6 - EQU (A1-M1-R3)

Condizione	γ	Ψ	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole

Opzioni di calcoloSpinta

Metodo di calcolo della spinta	Culmann
Tipo di spinta	Spinta attiva
Correzione Incremento Sismico per presenza di falda	NO
Superficie di spinta limitata	NO

Capacità portante

Metodo di calcolo della portanza	Terzaghi
Criterio di media calcolo del terreno equivalente (terreni stratificati)	Ponderata
Criterio di riduzione per eccentricità della portanza	Nessuna
Criterio di riduzione per rottura locale (punzonamento)	Nessuna
Larghezza fondazione nel terzo termine della formula del carico limite ($0.5B\gamma N_\gamma$)	Larghezza effettiva (B)
Fattori di forma e inclinazione del carico	Solo i fattori di inclinazione
Se la fondazione ha larghezza superiore a 2.0 m viene applicato il fattore di riduzione per comportamento a piastra	

Stabilità globale

Metodo di calcolo della stabilità globale	Bishop
---	--------

Altro

Partecipazione spinta passiva terreno antistante	0.00
Partecipazione resistenza passiva dente di fondazione	50.00
Componente verticale della spinta nel calcolo delle sollecitazioni SI	
Considera terreno sulla fondazione di valle	NO
Considera spinta e peso acqua fondazione di valle	NO

Spostamenti

Non è stato richiesto il calcolo degli spostamenti

Cedimenti

Non è stato richiesto il calcolo dei cedimenti

Risultati per inviluppo

Spinta e forze

Simbologia adottata

Ic Indice della combinazione

A Tipo azione

I Inclinazione della spinta, espressa in $^{\circ}$

V Valore dell'azione, espressa in [kN]

C_x, C_y Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]

P_x, P_y Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [kN]	I [$^{\circ}$]	C _x [kN]	C _y [kN]	P _x [m]	P _y [m]
1	Spinta statica	52,15	11,33	51,13	10,24	0,00	-1,59
	Peso/Inerzia muro			0,00	92,16/0,00	-0,80	-1,20

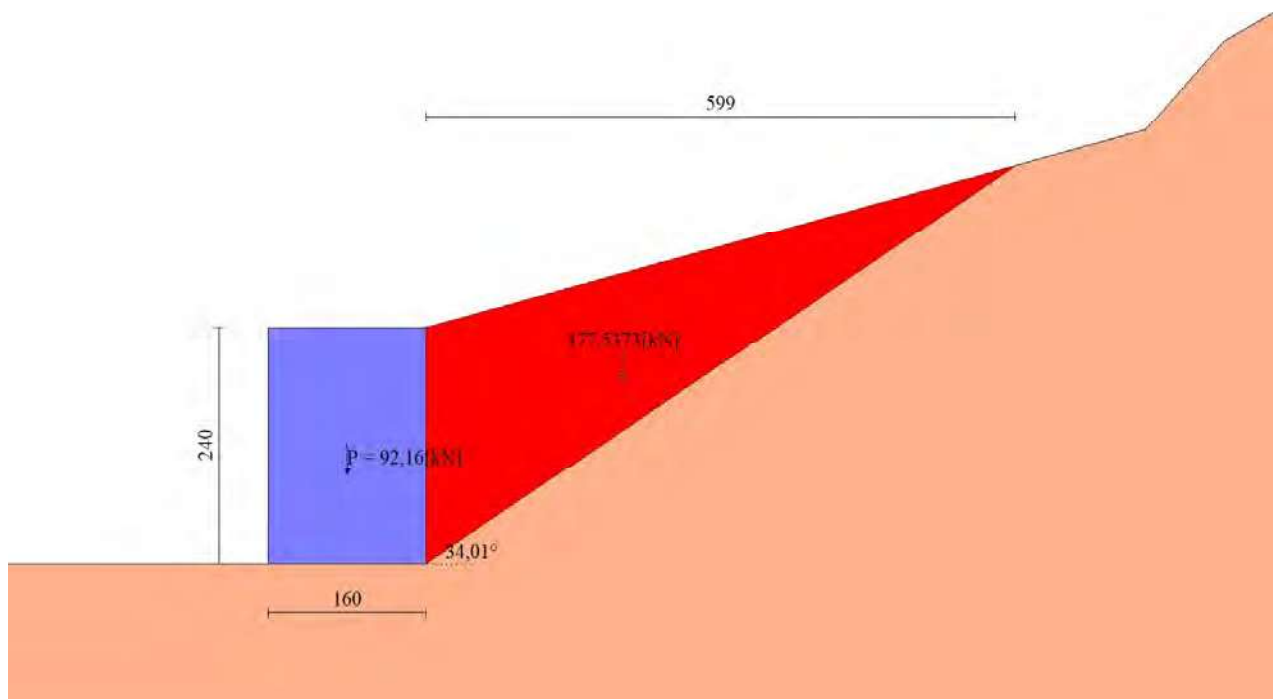


Fig. 3 - Cuneo di spinta (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

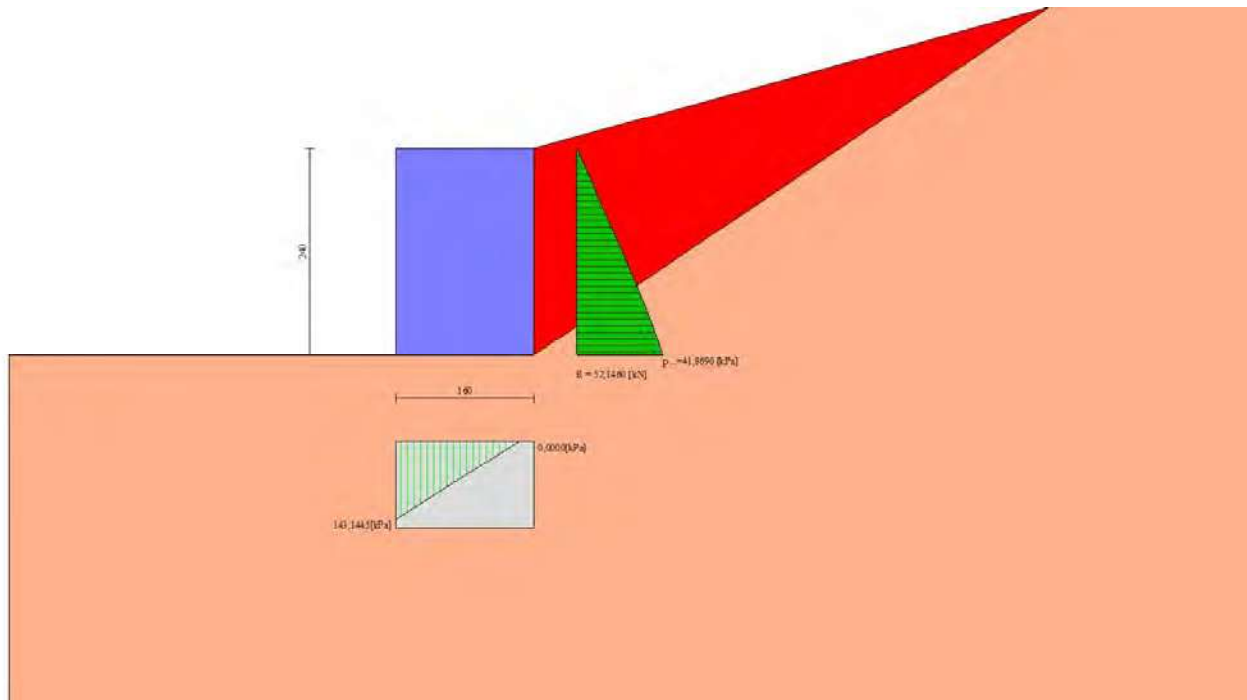


Fig. 4 - Diagramma delle pressioni (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

Verifiche geotecniche*Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati*

Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
S	Sisma (H: componente orizzontale, V: componente verticale)
FS _{SCO}	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
FS _{RIB}	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
FS _{QLIM}	Coeff. di sicurezza a carico limite
FS _{STAB}	Coeff. di sicurezza a stabilità globale
FS _{HYD}	Coeff. di sicurezza a sifonamento
FS _{UPL}	Coeff. di sicurezza a sollevamento

Cmb	Sismic a	FS _{SCO} (*)	FS _{RIB}	FS _{QLIM}	FS _{STAB}	FS _{HYD}	FS _{UPL}
1 - STR (A1-M1-R3)		0.633		3.079			
2 - STR (A1-M1-R3)		0.791		2.425			
3 - STR (A1-M1-R3)		0.633		3.079			
4 - STR (A1-M1-R3)		0.791		2.425			
5 - GEO (A2-M2-R2)					1.113		
6 - EQU (A1-M1-R3)			2.183				

Verifica a scorrimento fondazione () con fondazione su STRATO DI TERRENO DI BASE*

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Rsa	Resistenza allo scorrimento per attrito, espresso in [kN]
Rpt	Resistenza passiva terreno antistante, espresso in [kN]
Rps	Resistenza passiva sperone, espresso in [kN]
Rp	Resistenza a carichi orizzontali pali (solo per fondazione mista), espresso in [kN]
Rt	Resistenza a carichi orizzontali tiranti (solo se presenti), espresso in [kN]
R	Resistenza allo scorrimento (somma di Rsa+Rpt+Rps+Rp), espresso in [kN]
T	Carico parallelo al piano di posa, espresso in [kN]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto R/T)

n°	Rsa	Rpt	Rps	Rp	Rt	R	T	FS
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
1 - STR (A1-M1-R3)	32,37	0,00	0,00	--	--	32,37	51,13	0.633

Verifica a scorrimento fondazione con fondazione su ASFALTO

T_{MAX} = Carico max parallelo al piano di posa, espresso in [kN] = 51.13 KN

Rsa = Resistenza allo scorrimento per attrito, espresso in [kN] dedotta da campo prove = 57.61 KN

$FS = R/T = 57.61/51.13 = 1.13 > 1.10$ OK

Verifica a carico limite

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
N	Carico normale totale al piano di posa, espresso in [kN]
Qu	carico limite del terreno, espresso in [kN]
Qd	Portanza di progetto, espresso in [kN]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto tra il carico limite e carico agente al piano di posa)

n°	N	Qu	Qd	FS
	[kN]	[kN]	[kN]	
2 - STR (A1-M1-R3)	130,05	315,34	225,24	2.425

Dettagli calcolo portanza

Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Nc, Nq, N _γ	Fattori di capacità portante
ic, iq, i _γ	Fattori di inclinazione del carico
dc, dq, d _γ	Fattori di profondità del piano di posa
gc, gq, g _γ	Fattori di inclinazione del profilo topografico
bc, bq, b _γ	Fattori di inclinazione del piano di posa
sc, sq, s _γ	Fattori di forma della fondazione
pc, pq, p _γ	Fattori di riduzione per punzonamento secondo Vesic
Re	Fattore di riduzione capacità portante per eccentricità secondo Meyerhof
Ir, Irc	Indici di rigidità per punzonamento secondo Vesic
r _γ	Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia $0.5B\gamma N_{\gamma}$ viene moltiplicato per questo fattore
D	Affondamento del piano di posa, espresso in [m]

B' Larghezza fondazione ridotta, espresso in [m]
 H Altezza del cuneo di rottura, espresso in [m]
 γ Peso di volume del terreno medio, espresso in [kN/mc]
 ϕ Angolo di attrito del terreno medio, espresso in [°]
 c Coesione del terreno medio, espresso in [kPa]
 σ_v Pressione terreno valle, espressa in [kPa]
 σ_m Pressione terreno monte, espressa in [kPa]
 Per i coeff. che in tabella sono indicati con il simbolo '--' sono coeff. non presenti nel metodo scelto (Terzaghi).

n°	Nc Nq Ny	ic iq iy	dc dq dy	gc gq gy	bc bq by	sc sq sy	pc pq py	Ir	Irc	Re	ry
2	21.74	--	--	--	--	1.000	--	--	--	--	1.000
	6	--	--	--	--	1.000	--				
	10.23	--	--	--	--	1.000	--				
	1										
	5.813										

n°	D [m]	B' [m]	H [m]	γ [kN/m c]	ϕ [°]	c [kPa]
2	0,00	1,60	0,34	19,00	23,00	5

n°	σ_v [kPa]	σ_m [kPa]
2	159	4

Verifica a ribaltamento

Simbologia adottata

n° Indice combinazione
 Ms Momento stabilizzante, espresso in [kNm]
 Mr Momento ribaltante, espresso in [kNm]
 FS Fattore di sicurezza (rapporto tra momento stabilizzante e momento ribaltante)
 La verifica viene eseguita rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione

n°	Ms [kNm]	Mr [kNm]	FS
6 - EQU (A1-M1-R3)	90,12	41,28	2.183

Verifica stabilità globale muro + terreno

Simbologia adottata

Ic Indice/Tipo combinazione
 C Centro superficie di scorrimento, espresso in [m]
 R Raggio, espresso in [m]
 FS Fattore di sicurezza

Ic	C [m]	R [m]	FS
5 - GEO (A2-M2-R2)	-2,00; 1,00	3,95	1.113

Dettagli strisce verifiche stabilità

Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W peso della striscia espresso in [kN]

Qy carico sulla striscia espresso in [kN]

Qf carico acqua sulla striscia espresso in [kN]

α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)

ϕ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia

c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]

b larghezza della striscia espressa in [m]

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]

Tx; Ty Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [kPa]

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	ϕ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	1,97	0,00	0,00	1,94 - 0,24	75.630	13.744	0	0,0	
2	4,95	0,00	0,00	0,24	65.124	13.744	0	0,0	
3	6,69	0,00	0,00	0,24	57.762	13.744	0	0,0	
4	7,93	0,00	0,00	0,24	51.722	13.744	0	0,0	
5	8,89	0,00	0,00	0,24	46.417	13.744	0	0,0	
6	9,65	0,00	0,00	0,24	41.592	13.744	0	0,0	
7	10,24	0,00	0,00	0,24	37.108	18.756	4	0,0	
8	10,71	0,00	0,00	0,24	32.877	18.756	4	0,0	
9	14,12	0,00	0,00	0,24	28.841	18.756	4	0,0	
10	14,59	0,00	0,00	0,24	24.956	18.756	4	0,0	
11	15,05	0,00	0,00	0,24	21.191	18.756	4	0,0	
12	15,43	0,00	0,00	0,24	17.520	18.756	4	0,0	
13	15,74	0,00	0,00	0,24	13.923	18.756	4	0,0	
14	15,97	0,00	0,00	0,24	10.380	18.756	4	0,0	
15	13,48	0,00	0,00	0,24	6.878	18.756	4	0,0	
16	2,48	0,00	0,00	0,24	3.401	18.756	4	0,0	
17	2,51	0,00	0,00	0,24	-0.063	18.756	4	0,0	
18	2,47	0,00	0,00	0,24	-3.528	18.756	4	0,0	
19	2,37	0,00	0,00	0,24	-7.005	18.756	4	0,0	
20	2,21	0,00	0,00	0,24	-10.509	18.756	4	0,0	
21	1,97	0,00	0,00	0,24	-14.053	18.756	4	0,0	
22	1,66	0,00	0,00	0,24	-17.653	18.756	4	0,0	
23	1,28	0,00	0,00	0,24	-21.327	18.756	4	0,0	
24	0,81	0,00	0,00	0,24	-25.096	18.756	4	0,0	
25	0,26	0,00	0,00	-4,03 - 0,24	-27.319	18.756	4	0,0	

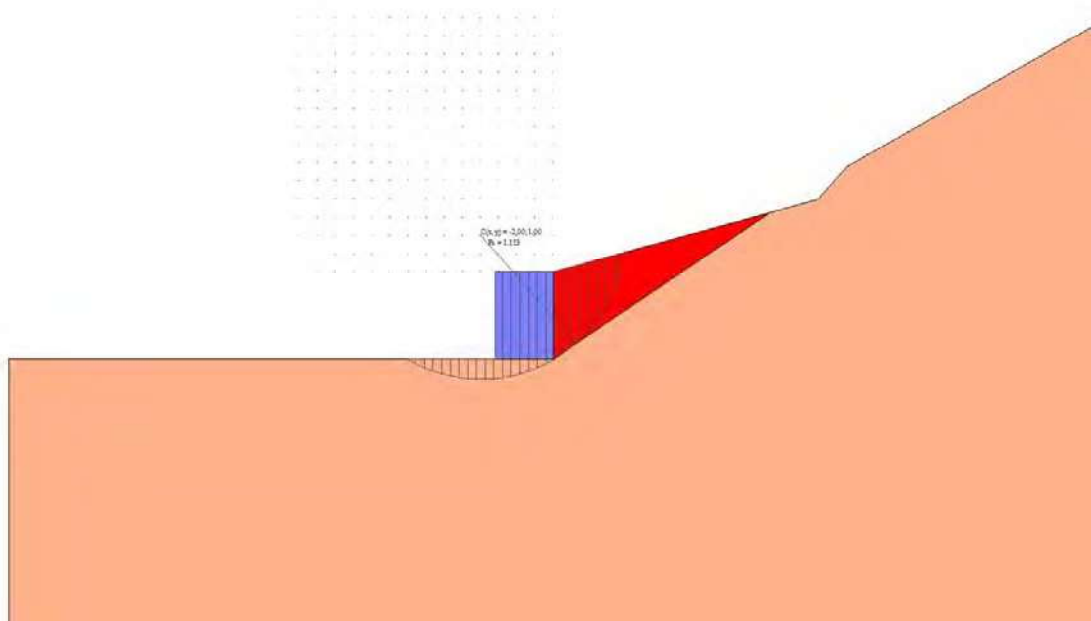


Fig. 5 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 5)

SollecitazioniElementi calcolati a trave

Simbologia adottata

n° Indice della sezione

X Posizione della sezione, espresso in [m]

N Sforzo normale, espresso in [kN]. Positivo se di compressione.

T Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle

M Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

La posizione delle sezioni di verifica fanno riferimento al sistema di riferimento globale la cui origine è nello spigolo in alto a destra del paramento.

Paramento

n°	X [m]	N _{min} [kN]	N _{max} [kN]	T _{min} [kN]	T _{max} [kN]	M _{min} [kNm]	M _{max} [kNm]
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	-0,10	3,70	4,81	0,08	0,08	-0,01	-0,01
3	-0,19	7,44	9,65	0,34	0,34	-0,03	-0,03
4	-0,29	11,21	14,53	0,75	0,75	-0,05	-0,05
5	-0,38	15,01	19,44	1,33	1,33	-0,04	-0,04
6	-0,48	18,85	24,38	2,08	2,08	0,00	0,00
7	-0,58	22,72	29,35	2,99	2,99	0,10	0,10
8	-0,67	26,62	34,36	4,07	4,07	0,26	0,26
9	-0,77	30,55	39,40	5,31	5,31	0,51	0,51
10	-0,86	34,52	44,48	6,72	6,72	0,86	0,86
11	-0,96	38,52	49,58	8,29	8,29	1,33	1,33
12	-1,06	42,56	54,72	10,03	10,03	1,93	1,93
13	-1,15	46,63	59,90	11,93	11,93	2,67	2,67
14	-1,25	50,73	65,11	14,00	14,00	3,59	3,59
15	-1,34	54,86	70,35	16,24	16,24	4,68	4,68
16	-1,44	59,03	75,62	18,64	18,64	5,97	5,97
17	-1,54	63,23	80,93	21,20	21,20	7,47	7,47

n°	X	N _{min}	N _{max}	T _{min}	T _{max}	M _{min}	M _{max}
	[m]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
18	-1,63	67,46	86,27	23,94	23,94	9,19	9,19
19	-1,73	71,73	91,64	26,83	26,83	11,16	11,16
20	-1,82	76,03	97,04	29,87	29,87	13,40	13,40
21	-1,92	80,35	102,47	33,07	33,07	15,90	15,90
22	-2,02	84,71	107,93	36,41	36,41	18,70	18,70
23	-2,11	89,09	113,42	39,89	39,89	21,81	21,81
24	-2,21	93,50	118,94	43,51	43,51	25,23	25,23
25	-2,30	97,94	124,48	47,25	47,25	28,98	28,98
26	-2,40	102,40	130,05	51,13	51,13	33,08	33,08

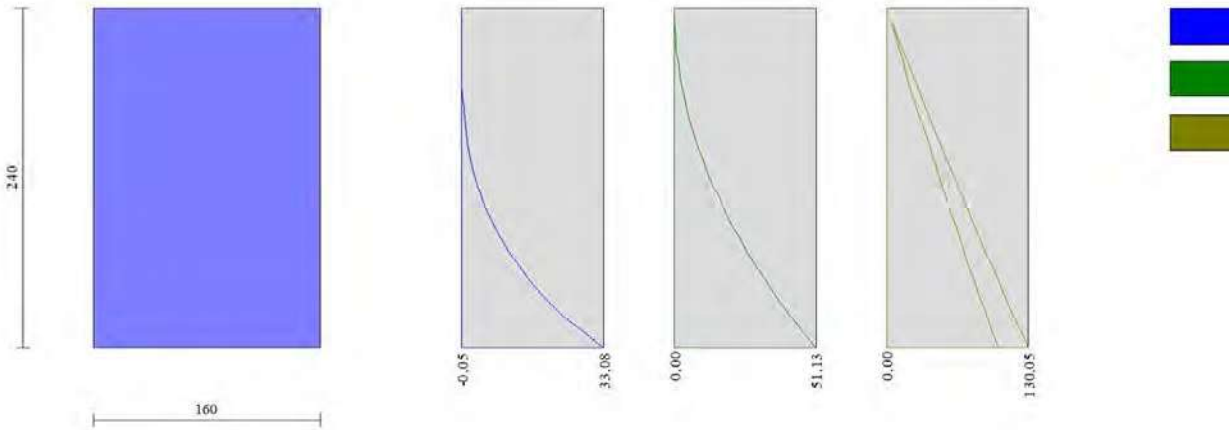


Fig. 6 - Paramento

Indice

Normative di riferimento	1
Richiami teorici	2
Calcolo della spinta sul muro	2
Valori caratteristici e valori di calcolo	2
Metodo di Culmann	2
Spinta in presenza di falda	3
Verifica a ribaltamento	3
Verifica a scorrimento	3
Verifica al carico limite	4
Verifica alla stabilità globale	5
Dati	6
Materiali	6
Calcestruzzo armato	6
Acciai	6
Geometria profilo terreno a monte del muro	6
Geometria muro	7
Geometria paramento e fondazione	7
Geometria gradoni	7
Descrizione terreni	8
Stratigrafia	8
Normativa	9
Descrizione combinazioni di carico	10
Opzioni di calcolo	12
Risultati per involucro	13
Spinta e forze	13
Verifiche geotecniche	14
Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati	14
Verifica a scorrimento fondazione (*) con fondazione su STRATO DI TERRENO DI BASE	15
Verifica a carico limite	15
Dettagli calcolo portanza	15
Verifica a ribaltamento	16
Verifica stabilità globale muro + terreno	16
Dettagli strisce verifiche stabilità	17
Sollecitazioni	18
Paramento	18



FABIO LUGLI Ingegnere
41124 Modena (MO), via de' Fogliani 19
sede operativa: Via Saliceto Panaro 5, Modena Tel. 059375996
codice fiscale LGL FBA 71E19 F257W P.IVA 02558750366

E04 COMPUTO METRICO ESTIMATIVO

GEO GROUP SRL

p. Iva e C.F.02981500362

E-MAIL: info@geogroumodena.it PEC: geo.group@winpec.it

SEDE LEGALE: via Padova,160 - 41125 Modena (MO)

UFFICI: via Per Modena, 12 - 41051 Castelnuevo R. (MO)

tel. 059/3967169

www.geogroumodena.it

COMPUTO METRICO

OGGETTO: Lavori di messa in sicurezza per somma urgenza della SP 27

COMMITTENTE: Provincia di Modena

Data, 14/04/2025

IL TECNICO
Ing. Fabio Lugli

Num.Ord. TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	DIMENSIONI				Quantità	IMPORTI	
		par.ug.	lung.	larg.	H/peso		unitario	TOTALE
	R I P O R T O							
	<u>LAVORI A MISURA</u>							
1 NP01	Fornitura in opera compreso trasporto, di blocchi di calcestruzzo tipo Cement-block o equivalente, delle dimensioni di cm80x80x160 finitura cemento					235,00		
	SOMMANO cadauno					235,00	255,20	59'972,00
2 NP02	Fornitura in opera compreso trasporto, di blocchi di calcestruzzo tipo Cement-block o equivalente, delle dimensioni di cm 80x40x160 finitura cemento					8,00		
	SOMMANO cadauno					8,00	153,12	1'224,96
3 NP03	Fornitura e posa in opera di una rete di sensori per il monitoraggio topografico dei movimenti del dissesto					1,00		
	SOMMANO cadauno					1,00	3'550,49	3'550,49
4 N04.001.010	Autocarro con gru munita di cestello girevole, compresi operatore, carburante e lubrificante, per ogni ora di effettivo esercizio: con braccio fino a 20 m Movimentazione e posa in opera blocchi secondo disposizioni di progetto					45,00		
	SOMMANO ora					45,00	99,00	4'455,00
5 N04.004.015. g	Escavatore, pala o ruspa, compresi operatore, carburante e lubrificante, per ogni ora di effettivo esercizio: potenza da 149 a 222 kW Posa in opera blocchi secondo disposizioni di progetto					47,90		
	SOMMANO ora					47,90	112,72	5'399,29
6 B01.007.045. b	Perforazione a sezione circolare, in strutture murarie di qualsiasi tipo e spessore, eseguite con impiego di martello perforatore compresa la pulizia dei fori con aria compressa, Ø del foro 11 ÷ 35 mm: su muratura in mattoni pieni	162,00	0,40			64,80		
	SOMMANO m					64,80	62,97	4'080,46
7 A03.013.005	Acciaio in barre per armature di conglomerato cementizio prelavorato e pretagliato a misura, sagomato e posto in opera a regola d'arte, compreso ogni sfrido, legature ecc.; nonché tutti gli oneri relativi ai controlli di legge; del tipo B450C prodotto da azienda in possesso di attestato di qualificazione rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale della Presidenza del Consiglio Superiore dei LL.PP.	162,00	0,50	3,551		287,63		
	SOMMANO kg					287,63	2,27	652,92
8 M01.001.010	Specializzato edile Posa in opera secondo disposizioni di progetto					216,00		
	SOMMANO ora					216,00	30,58	6'605,28
9 F01.031.185. b	Delimitazione provvisoria per la protezione di zone di lavoro in cantieri stradali realizzata mediante barriere prefabbricate tipo New Jersey, base pari a 62 cm ed altezza pari a 100 cm, realizzate con calcestruzzo di classe Rck ≥ 45 N/mm ² ed idoneamente armate con barre ad aderenza migliorata B450C controllato in stabilimento: allestimento in opera e successiva rimozione con l'ausilio di mezzi meccanici					60,00		
	A R I P O R T A R E					60,00		85'940,40



FABIO LUGLI Ingegnere
41124 Modena (MO), via de' Fogliani 19
sede operativa: Via Saliceto Panaro 5, Modena Tel. 059375996
codice fiscale LGL FBA 71E19 F257W P.IVA 02558750366

E05 QUADRO INCIDENZA MANODOPERA

GEO GROUP SRL

p. Iva e C.F.02981500362

E-MAIL: info@geogroumodena.it PEC: geo.group@winpec.it

SEDE LEGALE: via Padova,160 - 41125 Modena (MO)

UFFICI: via Per Modena, 12 - 41051 Castelnuevo R. (MO)

tel. 059/3967169

www.geogroupmodena.it

STIMA INCIDENZA MANODOPERA

OGGETTO: Lavori di messa in sicurezza per somma urgenza della SP 27

COMMITTENTE: Provincia di Modena

Data, 14/04/2025

IL TECNICO
Ing. Fabio Lugli

Num.Ord. TARIFFA	INDICAZIONE DEI LAVORI E DELLE SOMMINISTRAZIONI	Quantità	I M P O R T I		COSTO Manodopera	incid. %
			unitario	TOTALE		
	R I P O R T O					
	<u>LAVORI A MISURA</u>					
1 A03.013.005	Acciaio in barre per armature di conglomerato cementizio prelavorato e pretagliato a misura, sagomato e posto in opera a regola d'arte, compreso ogni sfrido, legature ecc.; nonché ... attestato di qualificazione rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale della Presidenza del Consiglio Superiore dei LL.PP.	SOMMANO kg	287,63	2,27	652,92	280,76 43,000
2 B01.007.045. b	Perforazione a sezione circolare, in strutture murarie di qualsiasi tipo e spessore, eseguite con impiego di martello perforatore compresa la pulizia dei fori con aria compressa, Ø del foro 11 ÷ 35 mm: su muratura in mattoni pieni	SOMMANO m	64,80	62,97	4'080,46	3'182,76 78,000
3 F01.031.020. d	Segnalamento di cantieri temporanei costituito da cartelli conformi alle norme stabilite dal Codice della Strada e dal Regolamento di attuazione, con scatolatura perimetrale di rin ...), in lamiera di acciaio spessore 10/10 mm; costo di utilizzo del segnale per un mese: lato 60 cm, rifrangenza classe II	SOMMANO cad	10,00	2,11	21,10	0,00
4 F01.031.150. a	Segnalazione luminosa mobile costituita da una coppia di semafori, dotati di carrelli per lo spostamento, completi di lanterne (3 luci 1 via) di Ø 200 ÷ 300 mm e relative centrali ... a valutazione); valutazione riferita al sistema completo (coppia di semafori): costo di utilizzo del sistema per un mese	SOMMANO cad	1,00	57,92	57,92	0,00
5 F01.031.150. b	Segnalazione luminosa mobile costituita da una coppia di semafori, dotati di carrelli per lo spostamento, completi di lanterne (3 luci 1 via) di Ø 200 ÷ 300 mm e relative centrali ... utazione); valutazione riferita al sistema completo (coppia di semafori): posizionamento in opera e successiva rimozione	SOMMANO cad	1,00	59,49	59,49	46,40 78,000
6 F01.031.185. b	Delimitazione provvisoria per la protezione di zone di lavoro in cantieri stradali realizzata mediante barriere prefabbricate tipo New Jersey, base pari a 62 cm ed altezza pari a 1 ... liorata B450C controllato in stabilimento: allestimento in opera e successiva rimozione con l'ausilio di mezzi meccanici	SOMMANO m	60,00	34,87	2'092,20	1'192,55 57,000
7 M01.001.010	Specializzato edile	SOMMANO ora	216,00	30,58	6'605,28	6'605,28 100,000
8 M01.001.020	Comune edile	SOMMANO corpo	1,00	510,34	510,34	0,00
9 N04.001.010	Autocarro con gru munita di cestello girevole, compresi operatore, carburante e lubrificante, per ogni ora di effettivo esercizio: con braccio fino a 20 m	SOMMANO ora	45,00	99,00	4'455,00	1'514,70 34,000
10 N04.004.015. g	Escavatore, pala o ruspa, compresi operatore, carburante e lubrificante, per ogni ora di effettivo esercizio: potenza da 149 a 222 kW	SOMMANO ora	47,90	112,72	5'399,29	1'835,76 34,000
11 NP01	Fornitura in opera compreso trasporto, di blocchi di calcestruzzo tipo Cement-block o equivalente, delle dimensioni di cm80x80x160 finitura cemento	SOMMANO cadauno	235,00	255,20	59'972,00	5'997,20 10,000
12 NP02	Fornitura in opera compreso trasporto, di blocchi di calcestruzzo tipo Cement-block o equivalente, delle dimensioni di cm 80x40x160 finitura cemento	SOMMANO cadauno	8,00	153,12	1'224,96	0,00
13 NP03	Fornitura e posa in opera di una rete di sensori per il monitoraggio topografico dei movimenti del dissesto	SOMMANO cadauno	1,00	3'550,49	3'550,49	829,69 23,368
	Parziale LAVORI A MISURA euro			88'681,45	21'485,10	24,227
	T O T A L E euro			88'681,45	21'485,10	24,227
	----- ----- ----- -----					
	A R I P O R T A R E					

[illegible]