

COMUNE DI CALTAVUTURO

PROVINCIA DI PALERMO

PROGETTO PRELIMINARE CONSOLIDAMENTO DEL COSTONE ROCCIOSO ROCCA DI SCIARA II INTERVENTO



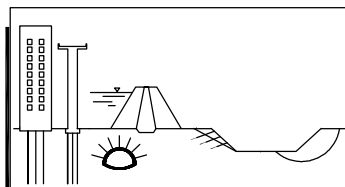
R1

Relazione tecnica

Il Tecnico
(Dott. Ing. Pietro Umiltà)




Approvazioni ed Autorizzazioni



Palermo, febbraio 2019
Lav. n. 19001

PRO - GEO *progettazione geotecnica*

studio di ingegneria in associazione fra gli ingg.: Angelo Bruccheri, Fabio Cafiso, Guido Umiltà, Pietro Umiltà
Via Valdemone n. 57, 90144 Palermo - Tel. 091.519860, Fax 091.524782 - e-mail: pro.geo1995@gmail.com

INDICE

1. PREMESSA ED OGGETTO	2
2. BREVE DESCRIZIONE DEI LUOGHI E CENNO ALLA GEOLOGIA DEL SITO	2
3. POSIZIONE DEL PROBLEMA E CONSIDERAZIONI SULLA STABILITA' DEI FRONTI IN STUDIO	6
4. STUDIO DELLE TRAIETTORIE DEI BLOCCHI LAPIDEI PROVENIENTI DAI COSTONI ROCCIOSI	8
4.1. Generalità	8
4.2. Analisi con il metodo dei coni	8
4.3. Analisi di carattere probabilistico delle traiettorie dei blocchi	9
4.4. Considerazioni sui risultati delle analisi effettuate	12
5. INDICAZIONI SULLA TIPOLOGIA DEGLI INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO E VALUTAZIONE PRELIMARE DEL COSTO DEI LAVORI	12
5.1. Indicazioni sulla tipologia degli interventi di consolidamento	12
5.2. Valutazione preliminare del costo degli interventi di consolidamento	16

1. PREMESSA ED OGGETTO

Il comune di Caltavuturo ha dato incarico allo scrivente di redigere il *“Progetto preliminare del consolidamento del costone roccioso Rocca di Sciara - II intervento”* ad integrazione di un primo intervento denominato *“Consolidamento versante roccioso Rocca di Sciara, a monte del serbatoio idrico sussidiario, facente parte del Bacino del Fiume Imera Settentrionale, a protezione del centro abitato e relative infrastrutture”*.

Al tal fine, è stato esaminato il progetto dei lavori già eseguiti dall'amministrazione comunale ed è stata eseguita un'ispezione di carattere generale dei costoni rocciosi oggetto degli interventi.

Nel seguito, dopo una breve descrizione dei luoghi ed un cenno alla geologia del sito, si affronta il problema di carattere generale connesso con lo studio della stabilità di costoni lapidei e si riferisce sui risultati delle ispezioni. Si riportano, quindi, i risultati di uno studio preliminare delle traiettorie dei blocchi lapidei provenienti dai costoni rocciosi, in osservanza del D.D.G. n. 1067 del 25/11/2014 *“Direttive per la redazione degli studi di valutazione della pericolosità derivante da fenomeni di crollo”*, e si forniscono indicazioni sulla tipologia degli interventi da adottare per mitigare le condizioni di rischio.

In ultimo si riporta una stima di massima del costo degli interventi di consolidamento di tipo “attivo” e “passivo” ritenuti necessari ed il quadro economico di progetto.

Fanno parte integrate del presente progetto preliminare i seguenti elaborati:

- R2 – Relazione prefattibilità ambientale;
- R3 – Prime indicazioni di sicurezza;
- A1 – Documentazione fotografica;
- A2 – Cartografia, Vista aerea, Stralcio del PAI, Studio delle traiettorie dei blocchi;
- A3 – Interventi tipo;
- A4 – Quadro economico di progetto.

2. BREVE DESCRIZIONE DEI LUOGHI E CENNO ALLA GEOLOGIA DEL SITO

L'area in studio si trova a monte di via Terravecchia, a est dell'abitato di Caltavuturo (figg.1 e 2) dove è presente un costone roccioso, a parete sub verticale, della lunghezza di circa 350 m e superficie pari a circa 55.000 m², che si sviluppa tra le quote 750 e 950 m s.l.m. (vedi foto dell'elaborato A1 – Documentazione fotografica).

Tra il fronte e via Terravecchia si sviluppa un pendio, della lunghezza di circa 130 m, avente un'inclinazione media pari 20°.

Il costone è tagliato, a circa un terzo della sua lunghezza, da una gola (figg. 1 e 2). Il tratto a sud, di

lunghezza e altezza prossima a 100 m, risulta fortemente tettonizzato ed interessato da numerose superfici di discontinuità. A valle di esso sono presenti numerose costruzioni realizzate, in alcuni casi, al piede dell'ammasso roccioso (figg. 1 e 2 e foto 8 della documentazione fotografica). Sul terreno si rinvencono numerosi elementi lapidei, di dimensione variabile fino a qualche metro cubo, distaccatisi dal fronte lapideo a monte.



Foto 1 - Vista aerea dell'area in studio con ubicazione della zona di intervento

Il tratto a nord, di altezza fino a 200 m, si presenta meno tettonizzato ed è caratterizzato dalla presenza di superfici di discontinuità verticali e parallele al fronte, con grande persistenza e spaziatura, che delimitano elementi lapidei, di dimensioni molte elevate, in condizioni di equilibrio instabile (foto 5, 6 e 7). Se ne trova riscontro negli enormi massi rinvenuti lungo il bordo del tratto nord di via Terravecchia dove è presente un'area della Forestale (foto 7, 9 e 10 dell'elaborato A1 – Documentazione fotografica e fig. 7 dell'elaborato R2 - Relazione prefattibilità ambientale).

A causa di alcuni crolli avvenuti in passato l'area è stata oggetto di un I intervento denominato «Consolidamento versante roccioso "Rocca di Sciara", a monte del serbatoio idrico sussidiario, facente parte del "Bacino del Fiume Imera Settentrionale", a protezione del centro abitato e relative infrastrutture».



Foto 2 - Vista aerea dell'area in studio con ubicazione della zona di intervento

Dal Piano per l'Assetto Idrogeologico della Regione Sicilia risulta che nell'area in studio sono presenti dissesti e aree a pericolosità e rischio elevato. In particolare, risulta che l'area in dissesto per fenomeni di crollo, identificata con il cod. 030-6CL-179, coincide con l'ammasso roccioso oggetto del presente progetto (fig. 3). Le aree a rischio R4 sono la via Terravecchia, l'abitato di Caltavuturo, a valle della strada, e alcune costruzioni, a monte di essa, nel tratto sud. La zona a pericolosità P4 si estende dal costone alla via Terravecchia. In essa ricadono alcune costruzioni già presenti sulla cartografia di fig.4.

Il rilievo di Rocca di Sciara è caratterizzato da versanti che rappresentano scarpate di faglie, in parte, accentuate dall'erosione selettiva. Si presentano con direzioni NE – SW, E – W e NW – SE e con altezze variabili da pochi metri fino a un centinaio di metri. Il pendio sud-orientale è invece costituito da più superfici strutturali o substrutturali, talvolta degradate, separate da gradini o scarpate di morfoselezione. Nel complesso queste forme danno luogo ad un rilievo monoclinale di tipo “cuesta” (Agnesi et Alii, 1999).

Nella zona sono presenti numerose morfologie influenzate dalla struttura la cui genesi è riconducibile ad eventi tettonici o all'erosione selettiva. La configurazione geomorfologica degli affioramenti argillosi e argillo marnosi è caratterizzata da versanti a debole pendenza con frequenti ondulazioni dovute a movimenti gravitativi ed interessati da processi fluviali e di dilavamento, mentre le scarpate carbonatiche sub-verticali sono soggette a fenomeni di crollo.

Dal punto di vista geologico, si tratta di substrati appartenenti alle Unità imeresi, costituiti da dolomie

studio tecnico in associazione fra gli ingg. Angelo Bruccheri, Fabio Cafiso, Guido Umlità, Pietro Umlità
Via Valdemone 57 - 90144 – Palermo – P.I.: 04275740829 Tel. 091.519860, Fax 091524782 e-mail: progeo2017@outlook.it

cristalline e calcari massicci o stratificati, in parte dolomitici, calcari stromatolitici, loferitici e recifali, biolititi, calcareniti e calcilutiti, calcari con selce associati a radiolariti.

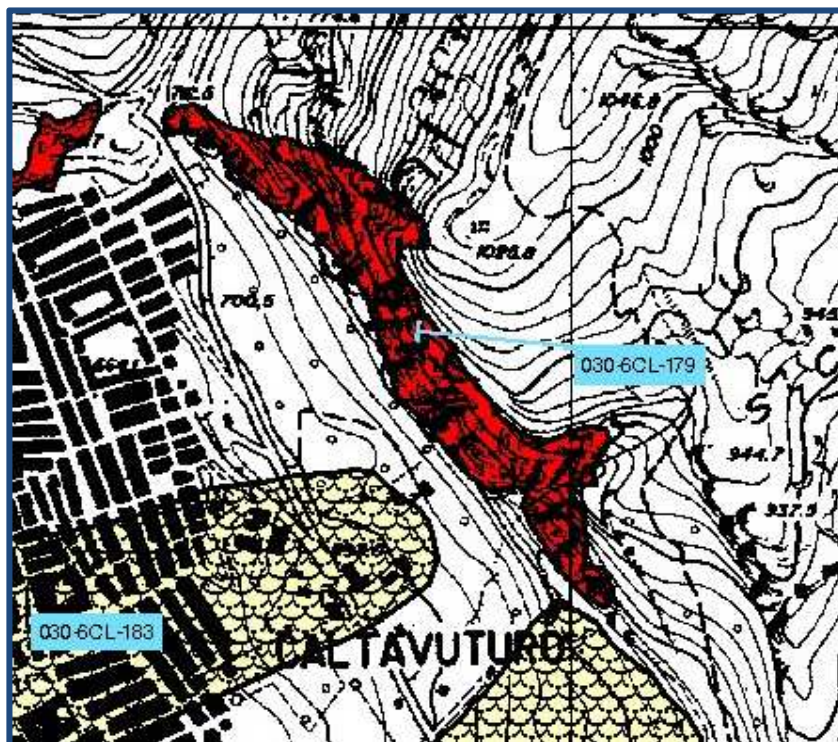


Fig. 3 - Stralcio della carta dei dissesti del P.A.I.

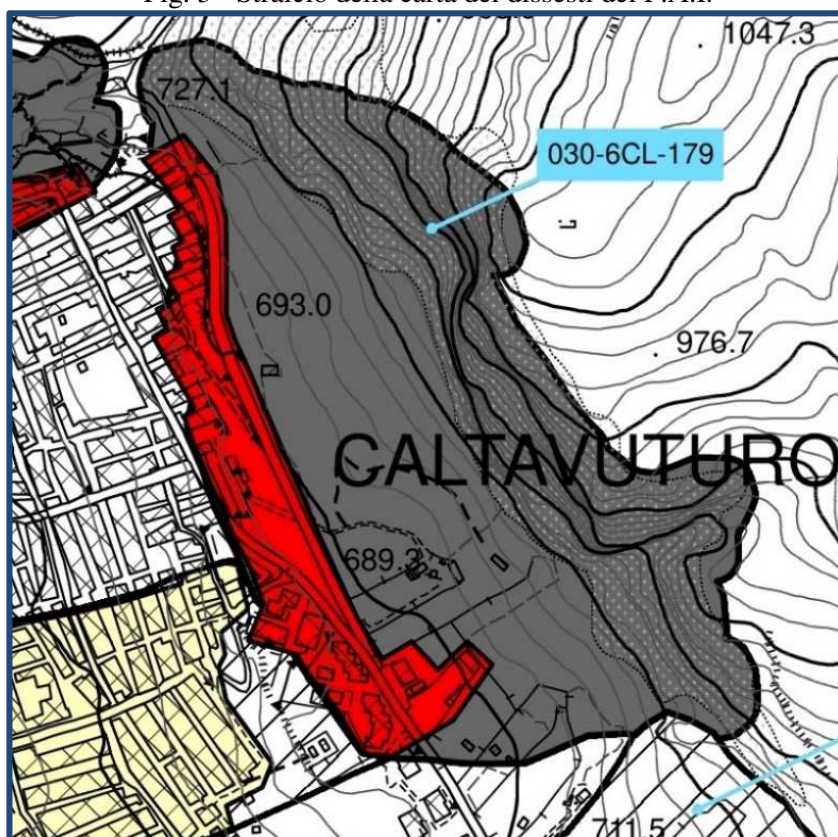


Fig. 4 - Stralcio della carta del rischio e della pericolosità del P.A.I.

3. POSIZIONE DEL PROBLEMA E CONSIDERAZIONI SULLA STABILITA' DEI FRONTI IN STUDIO

Come la quasi totalità degli ammassi rocciosi, anche quello in oggetto è interessato da una fitta rete di discontinuità di natura tettonica (giunti e faglie) e sedimentaria (piani di stratificazione), che ne condizionano le caratteristiche meccaniche e la stabilità. In particolare, il comportamento degli ammassi rocciosi fessurati è ben rappresentato dal cosiddetto "*modello rigido discontinuo*", in base al quale eventuali dissesti possono verificarsi per fenomeni di rottura lungo le discontinuità. I possibili meccanismi dei singoli massi dipendono dall'orientazione delle superfici di discontinuità che li delimitano in relazione a quella del fronte roccioso sul quale sono ubicati e dalla resistenza al taglio della roccia lungo i giunti. Inoltre, la scelta della tipologia di intervento (passivo, attivo, misto) e l'entità delle forze stabilizzanti da trasmettere agli elementi lapidei in equilibrio instabile per assicurarne la stabilità con opportuno coefficiente di sicurezza sono funzioni, oltre che del meccanismo di rottura, anche delle dimensioni dei blocchi rocciosi.

Infine, per valutare il grado di rischio per le costruzioni ed infrastrutture ubicate al piede di costoni rocciosi e la funzionalità di eventuali opere di difesa passiva, nonché per dimensionare queste ultime, è necessaria una previsione "*affidabile*" delle traiettorie dei blocchi in caduta dai fronti rocciosi. Nello studio, di carattere probabilistico, intervengono vari parametri, per lo più di natura aleatoria, ma l'affidabilità della previsione presuppone certamente la ricostruzione della topografia del pendio in cui si esplica il moto dei blocchi lapidei, la natura dei terreni presenti e l'identificazione delle zone di arresto dei massi precedentemente crollati.

In definitiva, lo studio di un affioramento lapideo discontinuo, prodromico alla individuazione delle aree a rischio e alla progettazione degli interventi di mitigazione del rischio medesimo, riguarda l'analisi delle possibilità cinematiche e meccaniche dei blocchi in esso presenti e delle traiettorie da essi assunte in caso di crollo, che dipendono:

- dalle caratteristiche strutturali delle superfici di discontinuità che delimitano i blocchi;
- dalla forma e dalle dimensioni dei singoli blocchi rocciosi;
- dalla topografia del pendio in cui si esplica il moto e dalle caratteristiche dei terreni presenti lungo il percorso.

Sulla base di quanto innanzi, per la finalità del presente progetto preliminare, è stato effettuato un sopralluogo dal quale è emerso che (vedi elaborato A2 _ documentazione fotografica):

- sul costone sono facilmente individuabili elementi lapidei, isolati da discontinuità, anche di grosse dimensioni, che possono dare origine a fenomeni di crollo;
- la possibilità che avvengano dei crolli è confermata dalla presenza, sul pendio compreso tra via Terravecchia ed il fronte roccioso, di massi distaccatisi dall'ammasso;
- le traiettorie dei massi possono senza alcun dubbio intercettare le costruzioni presenti a valle dell'ammasso e la via Terravecchia come sarà dimostrato ai capitoli successivi;
- tra i possibili meccanismi di rottura rilevati in sito rientrano tutti quelli tipici degli ammassi rocciosi

fratturati riportati nella fig. 5. A titolo di esempio, per i massi indicati nella foto 6 della documentazione fotografica è possibile che si verifichi un meccanismo di crollo (fig. 5c) per la presenza di vuoti al di sotto degli elementi lapidei. Nella foto 7 è documentata la zona di distacco di un blocco che ha subito uno scivolamento lungo una discontinuità piana (fig. 5b). Nelle foto 11, 12 e 13 si riporta alcuni esempi di massi non radicati, posti sulla cresta del costone roccioso, che potrebbero crollare (fig. 5d).

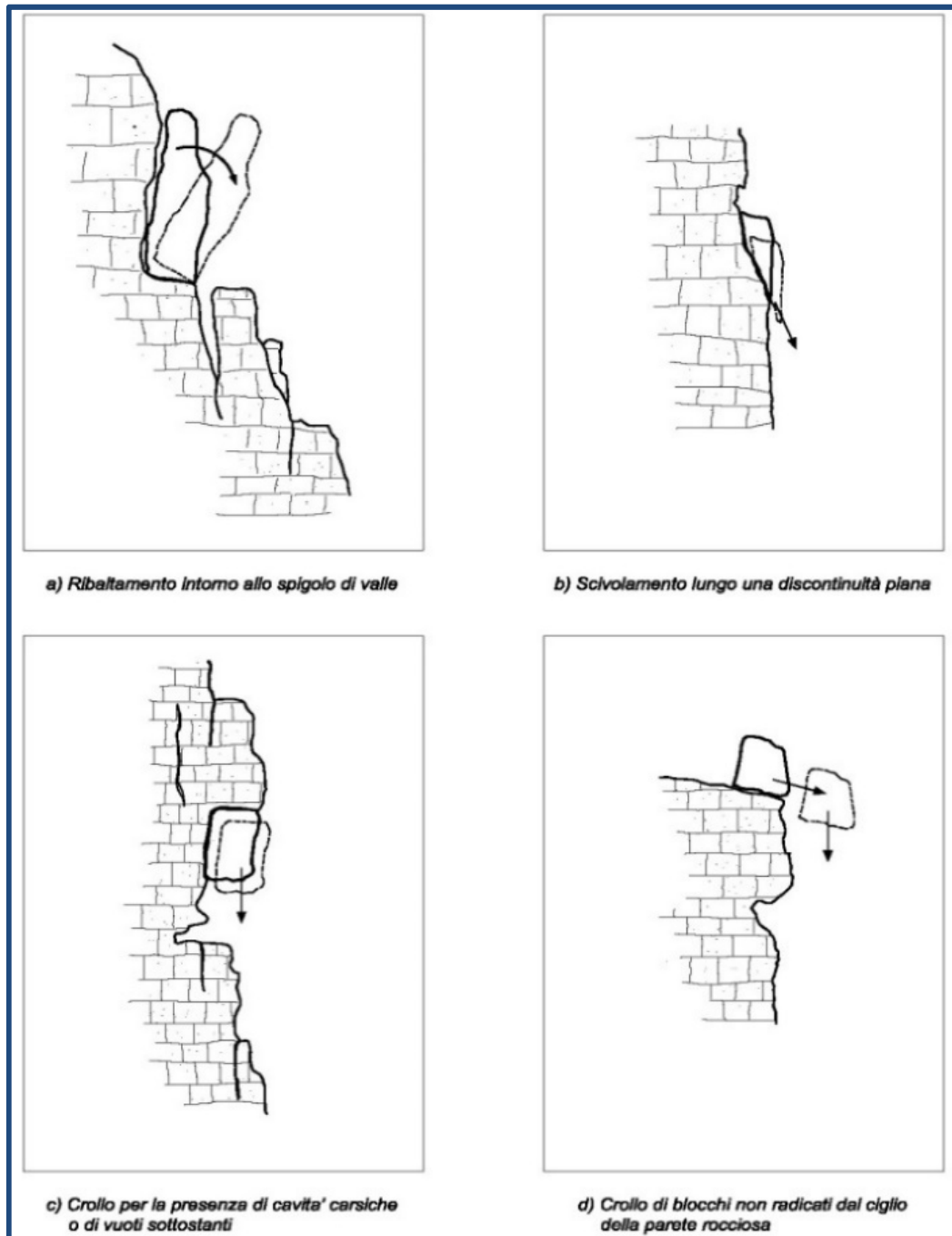


Fig. 5 - Possibili meccanismi di rottura in ammassi rocciosi fratturati

4. STUDIO DELLE TRAIETTORIE DEI BLOCCHI LAPIDEI PROVENIENTI DAI COSTONI ROCCIOSI

4.1. Generalità

Al fine di individuare le aree che possono essere raggiunte da elementi lapidei distaccatisi dai fronti in esame, in osservanza a quanto raccomandato dal D.D.G. n. 1067 del 25/11/2014 “*Direttive per la redazione degli studi di valutazione della pericolosità derivante da fenomeni di crollo*”, è stato eseguito uno studio con il “metodo dei coni” e un’analisi di carattere probabilistico delle traiettorie dei blocchi con il software ROTOMAP.

4.2. Analisi con il metodo dei coni

Nello studio con il “metodo dei coni” si è fatto riferimento:

- alla topografia derivata dal Digital Elevation Model disponibile sul sito del Sistema Informativo Territoriale Regionale;
- al ciglio del costone come punto di partenza (sorgente) del cono;
- ad un angolo di apertura sul piano orizzontale pari a 40° , valore prossimo al massimo previsto nel citato decreto.

I risultati sono riportati nelle figg. 6 e 7.

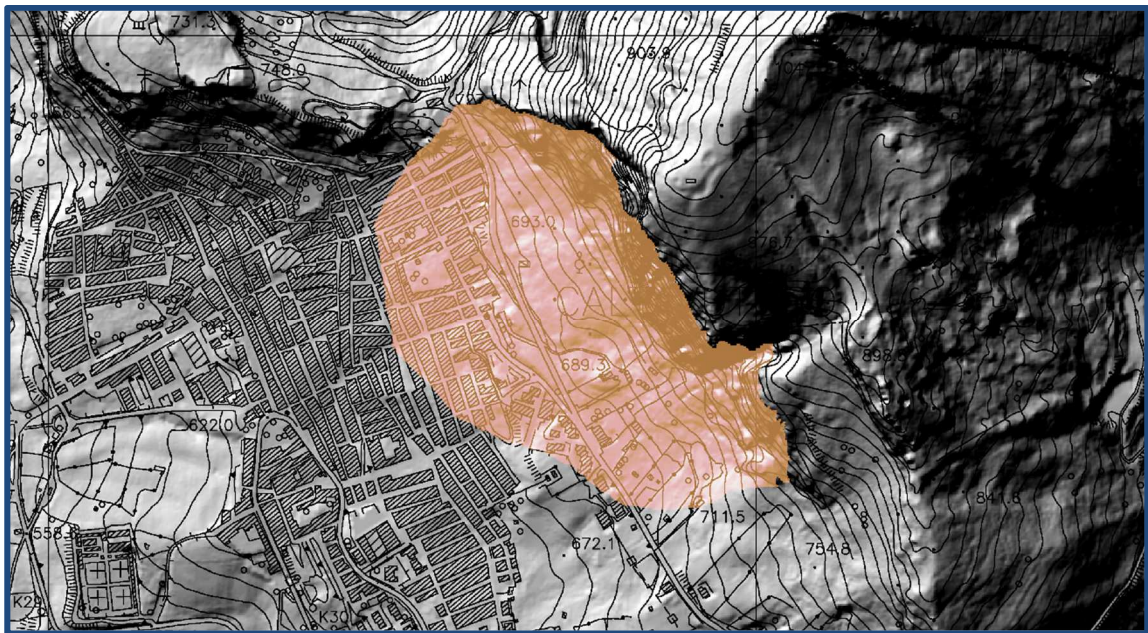


Fig. 6 – “Metodo dei coni” con $\alpha = 40^\circ$ - Planimetria con indicazione, in arancione, dalle aree interessate dalla traiettorie dei blocchi

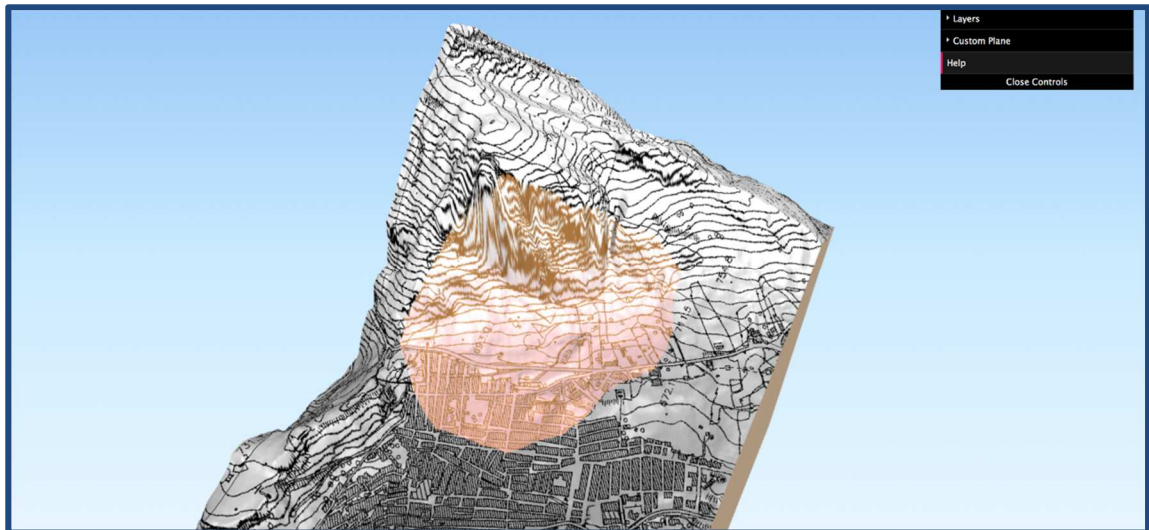


Fig. 7 – “Medoto dei coni” con $\alpha = 40^\circ$ - Viste tridimensionali con indicazione, in arancione, dalle aree interessate dalla traiettorie dei blocchi

4.3. Analisi di carattere probabilistico delle traiettorie dei blocchi

L’analisi delle traiettorie dei blocchi che possono distaccarsi da costoni rocciosi è stata effettuata con il codice di calcolo “ROTOMAP” della “Geo&Soft International” che si basa sul modello messo a punto da Scioldo nel 1991. Esso segue un approccio al problema di tipo “stocastico”, in quanto viene effettuata la simulazione di un grande numero di “scendimenti” (percorsi di caduta con "volo libero" e/o "roto-scivolamento") a partire da un ben preciso punto dell’ammasso roccioso, ciascuno dei quali fornisce l’informazione relativa ad un percorso “medio e più probabile” tra tutti quelli fisicamente ammissibili, rinunciando ad effettuare previsioni di tipo “deterministico”.

La simulazione degli “scendimenti” avviene in campo tridimensionale ed i blocchi sono considerati entità puntiformi di massa concentrata nel punto (“metodi lumped mass”, Piteau e Clayton (1977), Azimi et al. (1982), Spang (1987) e Hungr ed Evans (1988)).

Nel modello previsionale in argomento si fa riferimento a sei parametri, che dipendono dalla morfologia dei luoghi, sia a grande che a piccola scala (asperità), e dalle caratteristiche di deformabilità del materiale in affioramento lungo la superficie topografica su cui si sviluppa il moto degli elementi lapidei. Tali parametri sono:

- i coefficienti di restituzione energetica normale K_n e tangenziale K_t , che esprimono la dissipazione dell’energia del blocco in corrispondenza di ciascun urto con la superficie topografica;
- il coefficiente di attrito di “roto-scivolamento” C_r , che descrive la resistenza dinamicamente offerta alla traslazione dei massi a contatto con il terreno;
- l’angolo limite di volo δ , che individua il passaggio dalle condizioni di "rotolamento" a quelle di "volo libero";
- l’angolo limite di urto χ , che individua il passaggio dalle condizioni di "urto con rimbalzo" a quelle di "proseguimento del rotolamento";

- l'angolo limite di rimbalzo τ , che individua il passaggio dopo un urto al "volo libero".

Nel caso in esame, i punti di partenza dei blocchi instabili, che individuano la posizione delle “*nicchie di distacco*”, sono stati disposti lungo i cigli dei costoni rocciosi. Per la topografia si è utilizzato il DEM disponibile sul sito del Sistema Informativo Territoriale Regionale.

I valori dei tre angoli limite innanzi indicati sono stati assunti pari a $\delta = 25^\circ$; $\chi = 10^\circ$; $\tau = 30^\circ$). I valori dei coefficienti di restituzione energetica e di attrito utilizzati sono quelli indicati nella tabella I che segue.

Tipo di terreno	K_n	K_t	C_r
Costoni rocciosi	0,40	0,80	0,50
Aree detritiche	0,30	0,70	0,80

Tab. I - Parametri del moto

Inoltre, nella tabella II, si riportano per ciascuna analisi:

- il numero n delle “*nicchie di distacco*”;
- i tre valori della velocità iniziale v_i dei massi;
- i tre valori delle deviazioni angolari d_i partenza rispetto alla retta di massima pendenza del pendio passante per la “*nicchia di distacco*”;
- il numero $N = 3 \times 3 \times n$ complessivo di traiettorie analizzate.

Fascia	n	v_1	v_2	v_3	d_1	d_2	d_3	N
Ciglio superiore Zona 1	120	1 m/s	3 m/s	5 m/s	-50°	0°	+50°	1.080
Ciglio superiore Zone 2,3,4 e5	120	1 m/s	3 m/s	5 m/s	-50°	0°	+50°	1.080

Tab. II - Parametri di input dell'analisi delle traiettorie

L'elaborazione è stata effettuata sia per le attuali condizioni sia tenendo conto di una possibile ubicazione di barriere paramassi.

I risultati delle simulazioni sono riportati nell'elaborato A3 e nelle figg. 8 e 9 distinguendo i tratti di moto di "roto-scivolamento", in verde, da quelli di "volo libero", in rosso.

Le barriere considerate nel calcolo hanno un MEL a 2.000 kJ. Tenuto conto di un peso dell'unità di volume della roccia pari a 27 kN/m³, il massimo volume di blocchi in caduta dal coronamento superiore che le barriere sono in grado di arrestare è pari a $V_{\max} \cong 0,75 \text{ m}^3$.

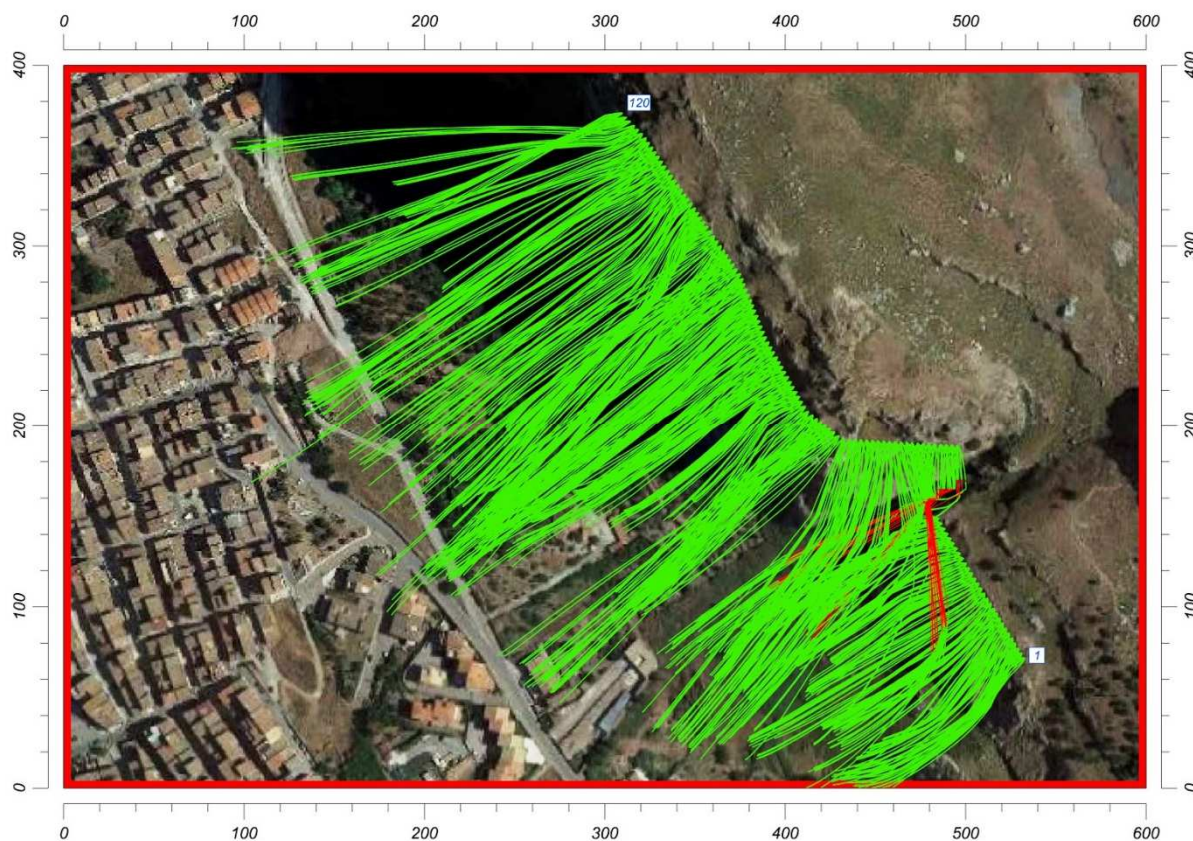


Fig. 8 – Traiettorie dei massi che si distaccano dal ciglio del costone roccioso

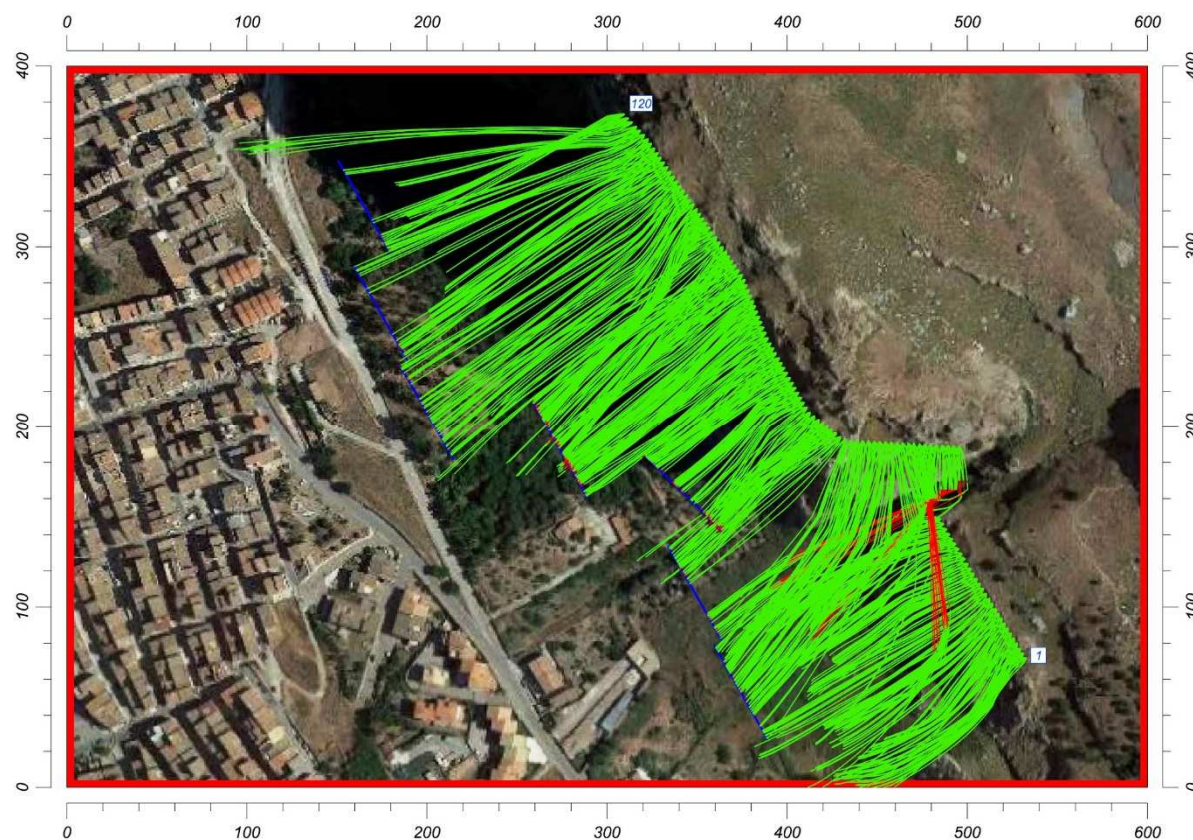


Fig. 9 – Traiettorie dei massi che si distaccano dal ciglio del costone roccioso in presenza di barriere con MEL pari a 2.000 kJ

studio tecnico in associazione fra gli ingg. Angelo Bruccheri, Fabio Cafiso, Guido Umiltà, Pietro Umiltà
Via Valdemone 57 - 90144 - Palermo - P.I.: 04275740829 Tel. 091.519860, Fax 091524782 e-mail: progeo2017@outlook.it

4.4. Considerazioni sui risultati delle analisi effettuate

Dagli studi effettuati risulta che:

- i massi che cadono dai costoni in studio possono raggiungere, con ragionevole certezza, le costruzioni comprese il fronte lapideo e la via Terravecchia e la strada medesima. Anche le costruzioni immediatamente a valle della citata via potrebbero essere interessate da fenomeni di crollo;
- con barriere paramassi aventi MEL pari a 2.000 kJ e altezza pari a 4 m è possibile arrestare blocchi fino a circa 0,75 m³;

Tali risultati non devono essere, tuttavia, ritenuti esaustivi e vanno rivisti dopo una più ampia e dettagliata campagna di indagini che permetta:

- di rappresentare meglio la topografia del sito;
- di definire meglio il passaggio tra la roccia e il detrito e i parametri di restituzione energetica e di attrito da inserire nel calcolo probabilistico delle traiettorie dei blocchi;
- di individuare con maggiore chiarezza i punti di arresto dei massi crollati in passato al fine di tarare i parametri di calcolo attraverso una back analysis ed ottenere una valutazione più affidabile dello studio nel suo complesso;
- ottimizzare la posizione delle barriere paramassi anche in relazione alle costruzioni ed infrastrutture esistenti che si intende proteggere.

5. INDICAZIONI SULLA TIPOLOGIA DEGLI INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO E VALUTAZIONE PRELIMARE DEL COSTO DEI LAVORI

5.1. Indicazioni sulla tipologia degli interventi di consolidamento

I fronti di ammassi rocciosi caratterizzati dalla presenza di discontinuità di origine singenetica (piani di sedimentazione) e di origine tettonica (faglie, giunti, fessure), sono soggetti a distacchi di blocchi o di insiemi di blocchi isolati e separati dall'ammasso roccioso retrostante dalle citate discontinuità.

L'esistenza di condizioni di rischio di danno a cose o persone impone l'adozione di interventi che consentano di ridurre il grado di rischio che, tuttavia, non può essere eliminato del tutto.

È noto che gli interventi possibili sono di due tipi: attivo o passivo (fig. 10). Sono di tipo attivo, quelli mediante i quali si stabilizzano i blocchi impedendone il crollo; sono di tipo passivo quelli mediante i quali si intercettano i massi che rotolano a valle con barriere metalliche ad elevata deformabilità e, quindi, ad elevata energia di smorzamento.

Appare evidente che gli interventi di tipo attivo, se estesi all'intero fronte roccioso permetterebbero di raggiungere, nei limiti delle previsioni ingegneristiche, condizione di sicurezza generalizzata;

*studio tecnico in associazione fra gli ingg. Angelo Bruccheri, Fabio Cafiso, Guido Umiltà, Pietro Umiltà
Via Valdemone 57 - 90144 - Palermo - P.I.: 04275740829 Tel. 091.519860, Fax 091524782 e-mail: progeo2017@outlook.it*

tuttavia, l'entità degli importi raggiungerebbe livelli insostenibili. Essi, pertanto, vengono limitati ai blocchi di maggiori dimensioni.

Con gli interventi di tipo passivo (barriere paramassi) non si interviene sulla stabilità dei blocchi, ma si protegge l'area sottostante dagli effetti del crollo.

Nella maggior parte dei casi, la presenza sui fronti rocciosi di blocchi di dimensioni diverse, comporta la necessità di adottare interventi misti comprendenti, quindi, quelli dei tipi attivo e passivo di cui alla fig. 10.

Quanto agli effetti degli interventi, si ribadisce che, come accennato innanzi, essi sono finalizzati a ridurre le condizioni di rischio che non possono essere eliminate del tutto per vari motivi:

- è possibile che massi instabili possano sfuggire alle ispezioni;
- le condizioni locali possono mutare nel tempo per effetto di eventi sismici o atmosferici gravosi;
- non è possibile simulare nel calcolo condizioni puntuali del terreno su cui si muove un blocco crollato dal fronte roccioso sovrastante. Pertanto, l'impatto casuale del blocco che rotola verso il basso, può alterare la traiettoria teorica provocando un imprevedibile salto e lo scavalco della barriera paramassi;
- l'efficacia della barriera paramassi dipende dalle condizioni morfologiche locali non sempre favorevoli e che non è possibile modificare.
-



Fig. 10 - Intervento di tipo misto: attivo (in parete) e passivo (barriera paramassi)

Nel caso in argomento sono senz'altro necessari sia interventi di tipo attivo che passivo come quelli indicati nell'elaborato A3 – Interventi tipo.

In particolare, sono necessarie le barriere paramassi, gli interventi diffusi con pannelli di fune o rete armata con funi verticali e diagonali (figg. 11 e 12), gli interventi puntuali di imbracatura (fig. 13) e quelli di sottomurazione (fig. 14).

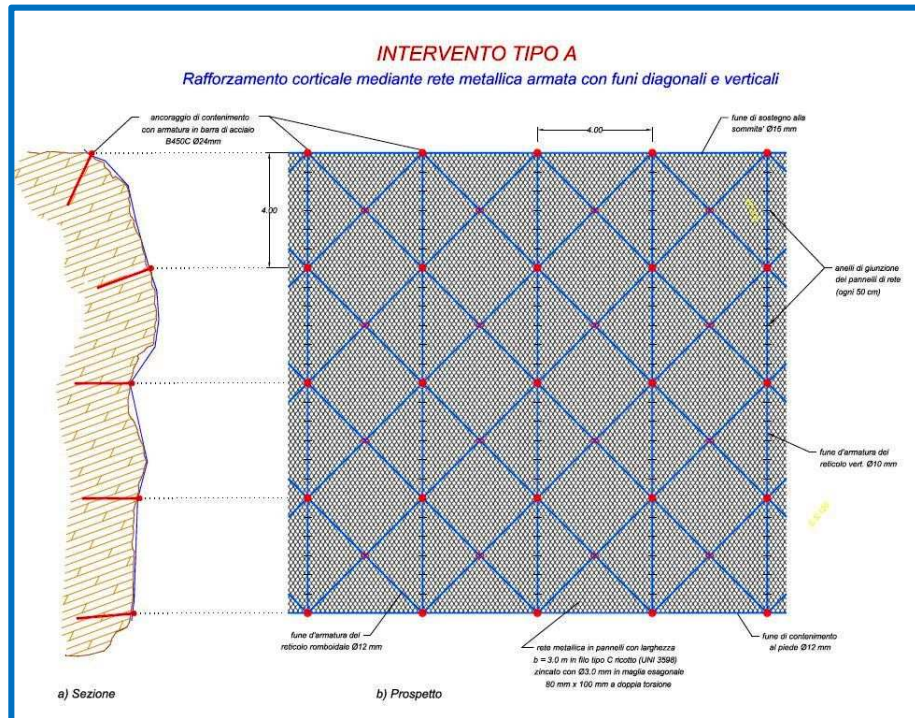


Fig. 11 – Interventi di tipo diffuso mediante rete metallica armata con funi verticali e diagonali

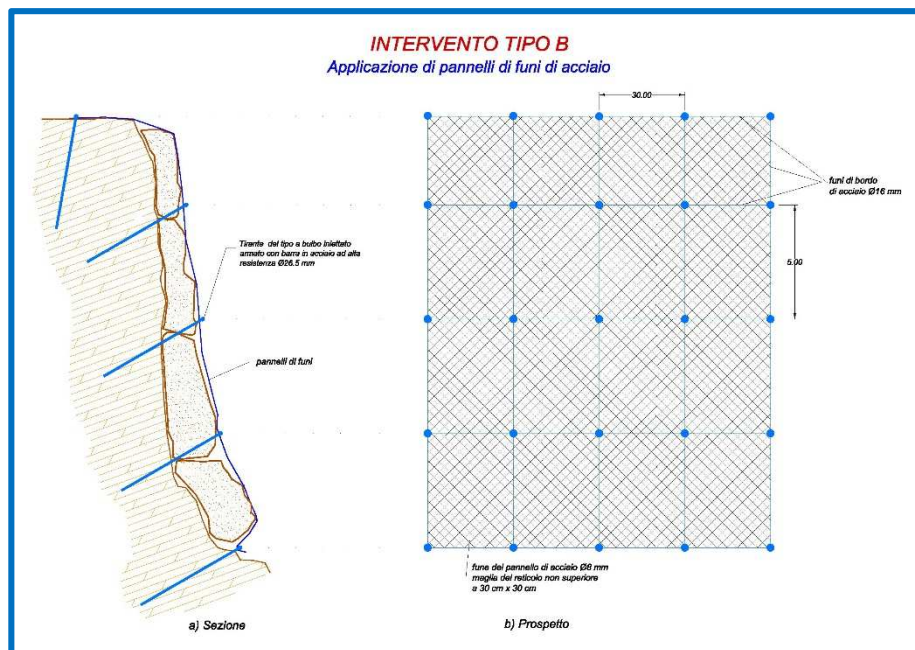


Fig. 12 – Interventi di tipo diffuso con pannelli di funi e tiranti in barre

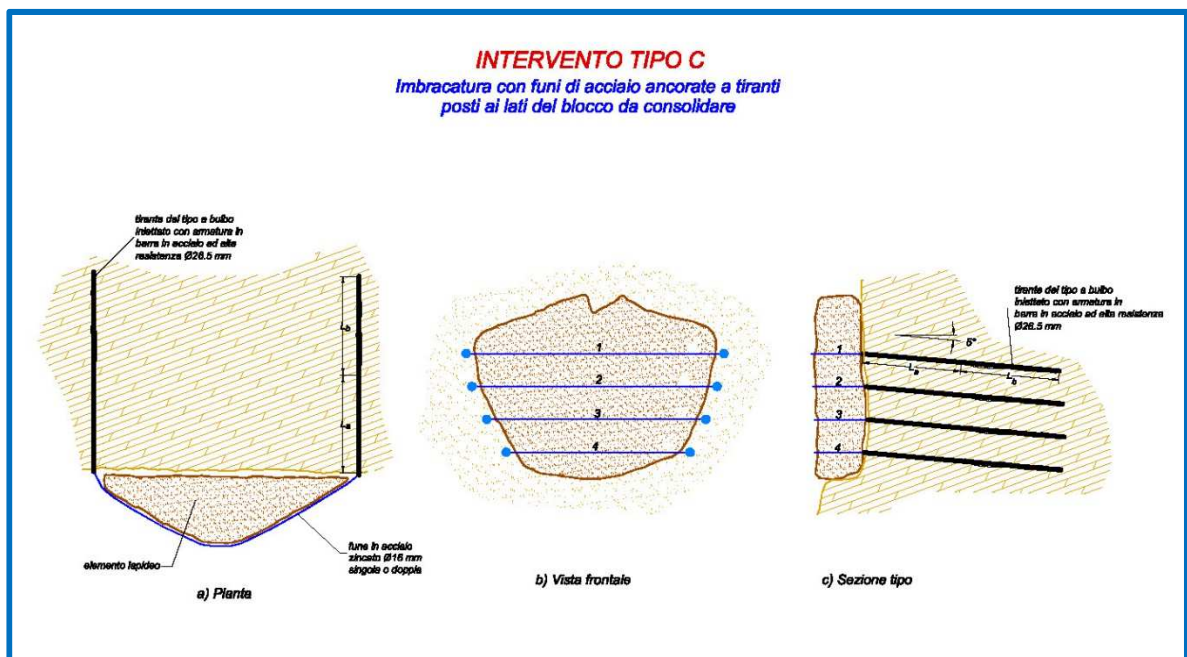


Fig. 13 – Interventi tipo di imbracatura con funi e tiranti

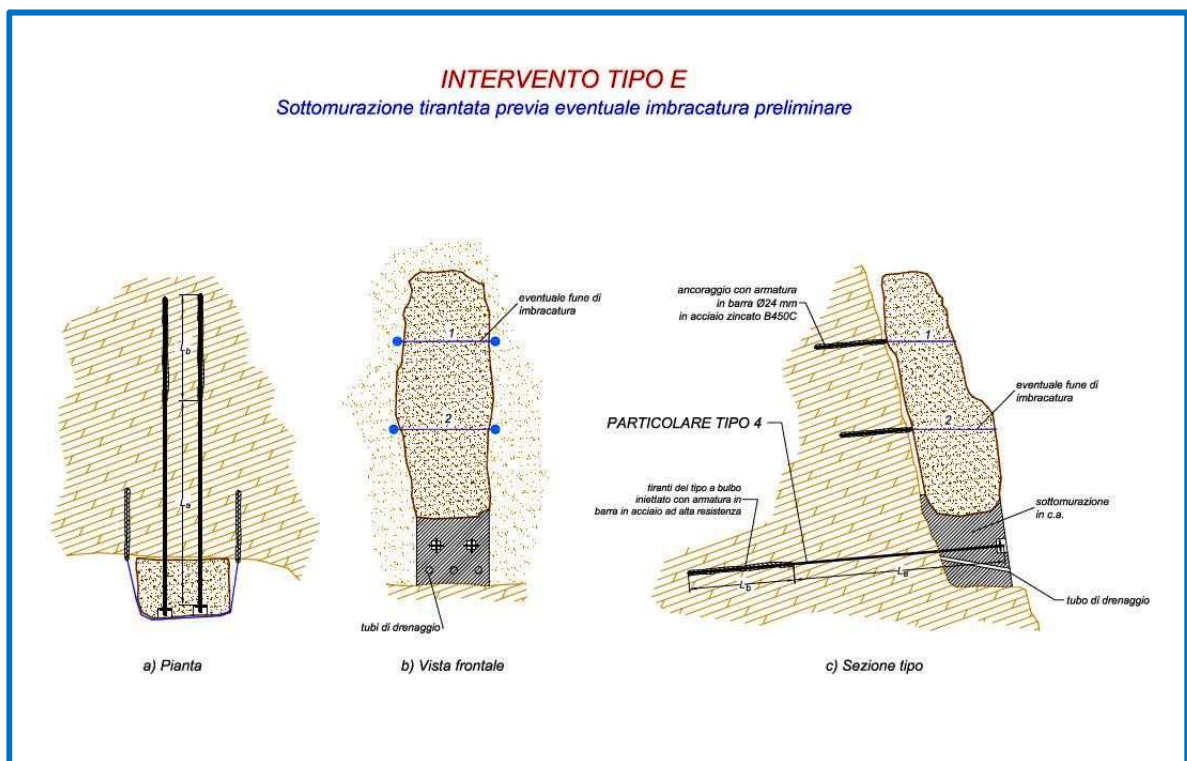


Fig. 14 - Intervento tipo di sottomurazione

5.2. Valutazione preliminare del costo degli interventi di consolidamento

Al fine di effettuare un calcolo sommario del costo degli interventi necessari per mitigare le condizioni di rischio e redigere un quadro economico di progetto, sulla base del vigente prezzario regionale 2019, sono stati previsti:

- interventi di tipo passivo costituiti da barriere paramassi da 2.000 kJ aventi altezza 4 m e sviluppo complessivo pari a 420 m;
- interventi di tipo attivo e diffuso costituiti da rete metallica, armata con funi verticali e diagonali, fissata alla parete con chiodi in barre di acciaio B450C Ø 24 della lunghezza di 3 m, per una estensione complessiva dell'intervento di 4.000 m²;
- interventi di tipo attivo e diffuso costituiti da pannelli di rete, di dimensioni 3 m x 5 m, fissati alla parete con tiranti in barre Ø 26,50 della lunghezza di 6 m, per una estensione complessiva dell'intervento di 6.000 m²;
- interventi di imbracatura o placcaggio da realizzarsi con funi in acciaio Ø 22 mm e tiranti in barre Ø 26,50. La lunghezza complessiva dei tiranti è stata stimata pari a 1.000 m, quella delle funi pari a 1200 m;
- interventi di pulizia del fronte roccioso da arbusti e piante per una superficie complessiva di 10.000 m².

L'importo dei lavori totale è risultato, pertanto, pari € 2.204.598,06. Nel quadro economico di progetto, riportato nel seguito, sono stati inoltre stimati i costi delle indagini propedeutiche alla progettazione costituite da:

- rilievo topografico con drone e stazione totale o GPS di tutti i costoni rocciosi e del pendio a valle;
- ispezioni sul 30% della superficie complessiva del costone roccioso equivalente a circa 16.500 m²;
- sondaggi e realizzazione di ancoraggi in funi ed in barre da sottoporre a prove di sfilamento per il corretto dimensionamento di quelli di progetto.

Tali costi sono riportati nel quadro economico in calce.

QUADRO ECONOMICO DI PROGETTO

A. Importo dei lavori

- Costo di costruzione (computo metrico estimativo)	€ 2.204.598,06	
- Oneri della sicurezza	€ 66.137,94	
Importo complessivo dei lavori (A)	€ 2.270.736,00	€ 2.270.736,00
- A detrarre gli oneri della sicurezza	-€ 66.137,94	
- Resta l'importo dei lavori soggetto a ribasso d'asta	€ 2.204.598,06	

B. Somme a disposizione dell'Amministrazione

- IVA sui lavori 22%		€ 499.561,92	
- Competenze professionali (Tasse e IVA compresa)			
- Progettazione definitiva ed esecutiva	€ 150.237,73		
- Direzione dei lavori	€ 113.872,64		
- Coord. Sicurezza in fase di prog. ed eseg.	€ 68.032,18		
- Studio geologico	€ 23.802,08		
- Collaudo tecnico amministrativo	€ 18.897,83		
- Collaudo statico	€ 41.575,22		
Sommano	€ 416.417,69	€ 416.417,69	
- Inadagini propedeutiche alla progettazione (IVA compresa)			
- Sondaggi e prove tiranti	€ 30.500,00		
- Ispezioni	€ 30.195,00		
- Rilievi	€ 17.763,20		
Sommano	€ 78.458,20	€ 78.458,20	
- Oneri di accesso in discarica		€ 10.000,00	
- Indennità per esproprio		€ 50.000,00	
- Bonifica da ordigni bellici inesplosi		€ 30.000,00	
- Prove accettazione materiali, prove di progetto e collaudo tiranti (IVA compr.)		€ 25.000,00	
- Spese per present. pratiche frazion., vulture, etc.		€ 7.000,00	
- Spese per commissioni giudicatrici e pubblicità gara		€ 20.000,00	
- Incentivi ex art. 113 D.Lgs. 50/16 (2% dell'importo dei lavori)		€ 45.414,72	
- Imprevisti 4,91% di A		€ 111.583,88	
Somme a disposizione dell'Amministrazione (B)		€ 1.293.436,41	€ 1.293.436,41
Importo complessivo dei lavori (A+B)			€ 3.564.172,41

Palermo, febbraio 2019

Ing. Pietro Umiltà