

Rockfall protective measures - Part 3: Preliminary design

La norma descrive le analisi da effettuare e i criteri da adottare per la definizione del progetto preliminare per le opere di difesa dalla caduta massi.

TESTO ITALIANO

La presente norma sostituisce la UNI 11211-3:2010.

ICS 93.010

PREMESSA

La presente norma è stata elaborata sotto la competenza della Commissione Tecnica UNI

Costruzioni stradali ed opere civili delle infrastrutture

La Commissione Centrale Tecnica dell'UNI ha dato la sua approvazione il 6 giugno 2018.

La presente norma è stata ratificata dal Presidente dell'UNI ed è entrata a far parte del corpo normativo nazionale il 28 giugno 2018.

Le norme UNI sono elaborate cercando di tenere conto dei punti di vista di tutte le parti interessate e di conciliare ogni aspetto conflittuale, per rappresentare il reale stato dell'arte della materia ed il necessario grado di consenso.

Chiunque ritenesse, a seguito dell'applicazione di questa norma, di poter fornire suggerimenti per un suo miglioramento o per un suo adeguamento ad uno stato dell'arte in evoluzione è pregato di inviare i propri contributi all'UNI, Ente Nazionale Italiano di Unificazione, che li terrà in considerazione per l'eventuale revisione della norma stessa.

Le norme UNI sono revisionate, quando necessario, con la pubblicazione di nuove edizioni o di aggiornamenti.

È importante pertanto che gli utilizzatori delle stesse si accertino di essere in possesso dell'ultima edizione e degli eventuali aggiornamenti.

Si invitano inoltre gli utilizzatori a verificare l'esistenza di norme UNI corrispondenti alle norme EN o ISO ove citate nei riferimenti normativi.

INDICE

	INTRODUZIONE	1
1	SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE	1
2	RIFERIMENTI NORMATIVI	1
3	TERMINI E DEFINIZIONI	1
4	GENERALITÀ	2
4.1	Introduzione	2
4.2	Metodi di studio.....	3
4.3	Elaborati del progetto preliminare.....	3
5	STUDI GEOLOGICI E GEOTECNICI	4
5.1	Generalità.....	4
5.2	Studi pregressi	5
5.3	Franosità pregressa.....	5
5.4	Meteorologia.....	5
5.5	Topografia.....	6
5.6	Sismicità.....	6
5.7	Inquadramento geologico	6
5.8	Geomorfologia	6
5.9	Rilievo geomeccanico della parete rocciosa di distacco	7
5.10	Definizione delle forme di instabilità	7
5.11	Caratterizzazione del versante di caduta.....	8
5.12	Idrogeologia	8
5.13	Definizione dei volumi unitari.....	8
5.14	Interventi e opere preesistenti.....	9
5.15	Integrazioni.....	9
6	STUDIO SULLA DINAMICA DI CADUTA	9
6.1	Generalità.....	9
6.2	Crollo di progetto.....	9
6.3	Blocco di progetto.....	9
6.4	Analisi delle traiettorie di caduta.....	10
7	SCelte PROGETTUALI DELL'INTERVENTO	11
7.1	Generalità.....	11
7.2	Descrizione delle opere e degli interventi.....	11
8	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	12
8.1	Generalità.....	12
8.2	Fattibilità tecnica.....	13
8.3	Fattibilità amministrativa.....	13
8.4	Studio di fattibilità ambientale	13
8.5	Valutazione preliminare dei costi.....	14
APPENDICE A (informativa)	ELEMENTI DELLA RELAZIONE GEOLOGICA INERENTI L'INSTABILITÀ	15
prospetto A.1	Elementi da definire nella relazione geologica in funzione della forma di instabilità	15
APPENDICE B (informativa)	CARATTERIZZAZIONE DEL VERSANTE DI CADUTA: COPERTURA VEGETAZIONALE	16
	BIBLIOGRAFIA	17

CONSULTAZIONE

INTRODUZIONE

La presente norma costituisce la terza parte di una serie di norme aventi come oggetto le opere di difesa dalla caduta massi.

La serie UNI 11211 definisce un quadro generale ed elementi di riferimento che permettono di stabilire caratteristiche tipo alle quali devono corrispondere le attrezzature di protezione contro la caduta massi. Tali opere sono mirate a migliorare la sicurezza delle zone abitate, delle vie di comunicazione o di altri siti esposti.

La complessità dei problemi posti dalla protezione contro la caduta massi e il numero di parametri che intervengono rendono indispensabile uno studio specifico di ciascun caso, prima di effettuare una scelta sulla protezione.

1

SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente norma descrive le analisi da effettuare e i criteri da adottare per la definizione del progetto preliminare per opere di difesa dalla caduta massi.

La norma si applica ai fenomeni di caduta massi che coinvolgono blocchi isolati oppure crolli di piccole masse (con un volume complessivo delle porzioni in frana comunque minore di 10^3 m^3), in cui si possa ritenere che non vi sia nessuna interazione tra i blocchi in caduta oppure che tale interazione sia trascurabile.

I problemi di instabilità del versante esulano dal campo di applicazione della presente norma, per i quali si applica l'Eurocodice 7 (UNI EN 1997-1 e UNI EN 1997-2).

La modellazione cinematica e i criteri di intervento definiti nella presente norma non si applicano a crolli con volumetria maggiore di 10^3 m^3 .

2

RIFERIMENTI NORMATIVI

La presente norma rimanda, mediante riferimenti datati e non, a disposizioni contenute in altre pubblicazioni. Tali riferimenti normativi sono citati nei punti appropriati del testo e sono di seguito elencati. Per quanto riguarda i riferimenti datati, successive modifiche o revisioni apportate a dette pubblicazioni valgono unicamente se introdotte nella presente norma come aggiornamento o revisione. Per i riferimenti non datati vale l'ultima edizione della pubblicazione alla quale si fa riferimento (compresi gli aggiornamenti).

UNI 11211-1	Opere di difesa dalla caduta massi - Parte 1: Termini e definizioni
UNI 11211-2	Opere di difesa dalla caduta massi - Parte 2: Programma preliminare di intervento
UNI EN 1997-1	Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 1: Regole generali
UNI EN 1997-2	Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo

3

TERMINI E DEFINIZIONI

Ai fini della presente norma, si applicano i termini e le definizioni della UNI 11211-1.

Introduzione

Lo studio della caduta massi a seguito di un evento o meno, risulta in molti casi un'attività complessa in quanto il fenomeno è generalmente difficile da prevedere nello spazio e nel tempo; inoltre alcuni dei fattori che sono impiegati per descrivere il fenomeno possiedono ampi margini di indeterminazione oppure sono di difficile quantificazione diretta, oppure ancora possono essere soggetti a variazioni nel tempo. Quando si interviene a seguito di un evento o di una serie di eventi, questi sono comunemente presi come riferimento per impostare lo studio.

Le indagini svolte nella fase preliminare devono consentire di definire in maniera accurata sia le strutture ed i beni da proteggere, sia il tipo delle opere di protezione proposte. Esse, inoltre, devono consentire di giungere ad una quantificazione tecnica ed economica quanto più possibile accurata.

Quanto sopra richiede che gli studi geologici di supporto al progetto siano sufficientemente sviluppati sin dal livello di progettazione preliminare.

La metodologia da seguire al fine di giungere in modo quanto più possibile oggettivo alla redazione del progetto preliminare si sviluppa secondo le seguenti fasi e criteri:

- Esame di tutte le motivazioni (tecniche, sociali, urbanistiche, ambientali, ecc.) che hanno portato ad ipotizzare l'intervento di protezione dalla caduta massi; raccolta ed esame degli elementi tecnici acquisiti (crolli già verificatisi e di cui esiste memoria, dimensioni degli elementi precipitati, danni registrati, ecc.); valutazione del grado di completezza del progetto considerando e motivando la scelta progettuale di protezione adottata.
- Inquadramento generale dell'opera da realizzare: definizione dei rapporti tra l'intervento di protezione dalla caduta massi e le opere antropiche ed i beni minacciati che si intendono proteggere. Devono essere definiti i requisiti funzionali (per esempio localizzazione, tracciato, interferenze) ed i vincoli progettuali derivanti sia da una valutazione tecnico-legislativa, sia ambientale in senso lato. Tanto per opere nuove quanto per completamenti, occorre adottare delle scelte progettuali volte a minimizzare eventuali interferenze tra il cantiere ed il normale esercizio delle infrastrutture esistenti da proteggere. L'individuazione della tipologia funzionale dell'opera di difesa consiste nella definizione degli elementi geometrici principali quali, per esempio, sezione tipo della struttura di protezione, altezza e lunghezza dell'opera, opere di raccolta e deflusso delle acque, procedure di minimizzazione e mitigazione degli impatti sull'ambiente, che devono necessariamente conformarsi ai vincoli territoriali. Lo studio della struttura di protezione deve essere condotto su base cartografica adeguata al livello dell'opera; in particolare, è necessario disporre di un rilievo planoaltimetrico sufficientemente dettagliato ed aggiornato.
- Acquisizione della normativa e della legislazione di riferimento (di tipo tecnico, urbanistico e ambientale) sui lavori pubblici, che deve essere espressamente richiamata.
- Predisposizione dell'elaborato contenente informazioni ed indicazioni sulle ulteriori indagini e studi specialistici, oltre che sugli ulteriori affinamenti progettuali da sviluppare, valutazione tecnica ed economica per eventuali varianti e miglioramenti del livello di protezione (se imposto dalla realizzazione di altre e diverse infrastrutture), individuazione ed analisi di eventuali particolari condizioni preliminari alla esecuzione dei lavori. È necessario mettere in evidenza gli aspetti critici da approfondire, gli argomenti da affinare in futuri studi.
- Conoscenza delle ditte catastali su cui insisteranno le opere.
- Prime indicazioni per la stesura del piano di sicurezza e gestione del periodo transitorio fino alla realizzazione delle opere proposte dal progetto.

Nel caso, non infrequente, in cui un lavoro possa (o debba) essere eseguito per lotti, la progettazione preliminare deve contemplare l'intervento nel suo insieme definendo le priorità, e deve essere chiaramente esplicitato che i singoli lotti devono costituire da subito una parte funzionale dell'opera, tanto da potere essere fruibili quali opere di difesa dalla caduta massi.

Metodi di studio

Lo studio del fenomeno di caduta massi in vista della progettazione di un'opera di difesa può avvenire con approcci in parte differenti a seconda che si stia operando in una zona soggetta periodicamente a distacchi o, comunque, in seguito ad un crollo, oppure in un'area dove i distacchi sono solo temuti.

In termini generali, lo studio del fenomeno di caduta massi comporta:

- rilievi geologici dell'ammasso roccioso nella zona di distacco e delle aree di transito e di arresto (vedere punto 5);
- analisi a ritroso di eventi pregressi, quando possibile;
- impiego di modelli di propagazione.

I rilievi in sito nella zona di distacco o di possibile distacco e quelli lungo il pendio sottostante sono in ogni caso indispensabili.

Quando disponibili, le analisi a ritroso di eventi già accaduti nel sito in esame sono di grande utilità per permettere di individuare le massime propagazioni e per consentire di ottenere diversi parametri utili per successive simulazioni e previsioni.

I modelli di propagazione permettono di simulare il fenomeno consentendo di prevedere le possibili traiettorie, l'altezza di queste sul pendio, il limite della propagazione, la velocità e l'energia cinetica dei corpi in caduta. Il loro impiego è raccomandabile come supporto alla valutazione dei limiti di massima propagazione, di velocità, di altezza e di energia dei blocchi. In ogni caso le risultanze devono sempre essere criticamente integrate con le risultanze delle osservazioni di terreno ed esplicitando i limiti dello studio ed eventuali criticità.

Elaborati del progetto preliminare

Qualunque sia il tipo di protezione dalla caduta massi adottata, il progetto preliminare deve dare esauriente definizione:

- della sua fattibilità tecnica, accertata attraverso le necessarie indagini preliminari;
- delle caratteristiche qualitative e funzionali dei lavori;
- del quadro delle esigenze da soddisfare e delle specifiche prestazioni da fornire, che devono essere riportate in una relazione illustrativa delle motivazioni a supporto della soluzione prospettata, anche a seguito della valutazione comparativa delle eventuali soluzioni possibili e con riferimento ai profili ambientali;
- dei costi;
- dei necessari schemi grafici per l'individuazione delle caratteristiche tipologiche, funzionali e tecnologiche dei lavori da realizzare;
- del tipo, della quantità e delle dimensioni relative all'espletamento delle indagini e delle ricerche necessarie agli approfondimenti connessi alle successive fasi della attività di progettazione, secondo successive definizioni ed affinamenti progressivi tali da consentire una certa flessibilità;
- della sicurezza dei lavori, tenendo conto del contesto in cui si inseriscono, con particolare attenzione, nel caso di interventi in aree antropizzate, ai problemi della accessibilità e della manutenzione degli impianti e dei servizi diffusi oltre che del periodo transitorio.

Il progetto preliminare deve quindi comprendere i seguenti studi, in forma di opportune relazioni ed elaborati:

- relazione illustrativa;
- relazione geologica;
- relazione sulla dinamica di caduta;
- relazione geotecnica;
- eventuale relazione strutturale;
- studio di fattibilità ambientale.

5.1

Generalità

Gli studi geologici rappresentano una parte fondamentale del progetto preliminare in quanto sulla base di essi è essenzialmente descritto il fenomeno e verificato il tipo di intervento individuato nel programma preliminare di intervento. Da ciò deriva che questi studi devono essere sostanzialmente completi già a livello di progettazione preliminare; gli approfondimenti demandati alle successive fasi progettuali devono essere tali da minimizzare eventuali variazioni delle scelte della progettazione definitiva ed esecutiva.

Gli elementi geologici necessari alla stesura del progetto preliminare possono prendere in considerazione, anche solo in parte, eventuali elementi ricavati da studi già realizzati. In questo caso deve essere chiaramente esposto quali derivano da studi preesistenti e quali sono stati rilevati espressamente per il progetto, sempre indicando il grado di affidabilità dei dati forniti.

Gli studi geologici devono:

- descrivere le caratteristiche fisiche del sito, con particolare riguardo agli aspetti geologici, geomorfologici, geomeccanici ed idrogeologici;
- identificare e descrivere gli elementi instabili;
- fornire elementi riguardanti le caratteristiche dei fenomeni di crollo attesi.

Gli studi geologici comportano il rilevamento diretto delle caratteristiche dell'ammasso roccioso da cui può verificarsi il distacco e del pendio ad esso sottostante ed a monte dei beni da difendere. Nei casi in cui la parete di distacco sia oggettivamente inaccessibile, si devono adottare tecniche e metodologie alternative per l'acquisizione dei parametri geomeccanici dell'ammasso. Tale scelta deve essere motivata nell'ambito della relazione geologica.

In linea di massima si prende per ipotesi che i distacchi avvengano da pareti rocciose; in caso di crolli secondari sono omesse le parti relative all'assetto strutturale delle pareti, ma è necessario un uguale dettaglio relativamente alle caratteristiche geologiche, geomorfologiche e idrologiche del pendio.

Il livello di approfondimento degli studi e delle indagini deve essere proporzionato all'importanza del progetto ed alle finalità dello stesso. Il progettista deve esporre le motivazioni che giustificano il livello di approfondimento scelto.

Qualora l'area oggetto degli studi non sia espressamente definita dal capitolato progettuale, essa deve essere definita sulla base delle condizioni geologiche, morfologiche e strutturali locali, motivando le scelte.

Gli studi geologici devono prevedere lo sviluppo di una serie di argomenti, di seguito elencati:

- 1) studi pregressi;
- 2) franosità pregressa;
- 3) meteorologia;
- 4) topografia;
- 5) sismicità;
- 6) inquadramento geologico;
- 7) geomorfologia;
- 8) rilievo geomeccanico della parete rocciosa di distacco;
- 9) definizione delle forme di instabilità;
- 10) caratterizzazione del versante di caduta;
- 11) idrogeologia;
- 12) definizione dei volumi rocciosi unitari (VRU);
- 13) eventuali interventi ed opere preesistenti;
- 14) eventuali integrazioni.

L'eventuale omissione di uno o più degli argomenti sopra elencati deve essere motivata.

I risultati degli studi geologici devono essere presentati su cartografia redatta a scala adeguata e in una relazione in cui deve anche essere indicato il grado di affidabilità dei dati forniti.

Il numero di elaborati cartografici è proporzionale all'importanza e alle caratteristiche del tipo dell'intervento ritenuto necessario.

5.2

Studi pregressi

Devono essere elencati, brevemente riassunti e commentati eventuali studi pregressi sull'areale in studio, così come devono essere elencate e commentate eventuali cartografie tematiche di dettaglio relative all'area in esame.

5.3

Franosità pregressa

Devono essere descritti ed opportunamente documentati tutti gli episodi di dissesto che risultano già avvenuti sul versante sulla base della documentazione storica e tecnica esistente e delle eventuali testimonianze acquisite in sito. Ove disponibili, devono essere opportunamente raccolti tutti i principali elementi degli eventi di frana identificati, quali:

- date dei crolli;
- tipo di crolli (primari e secondari);
- punti di distacco;
- traiettorie di caduta;
- punti di impatto e altre tracce dei percorsi di caduta;
- altezze di volo (stimata ad esempio dalle tracce sulla vegetazione arborea);
- punti di arrivo;
- volume e forma dei blocchi;
- eventuali danni prodotti.

Se i dati di crolli passati sono disponibili in numero sufficiente per permettere il trattamento statistico, occorre riportare la frequenza dei crolli, la relazione magnitudo - frequenza, e valutare l'eventuale correlazione tra crolli e fattori predisponenti o scatenanti esterni (precipitazioni, variazioni termiche, sismicità, fattori antropici, vegetazione in parete).

Sulla parete di distacco, in fase di rilievo geomeccanico (vedere punto 5.9) devono essere caratterizzate, se identificabili, tutte le tracce relative a passati distacchi:

- descrivendo da un punto di vista quantitativo le discontinuità, (tale informazione potrebbe permettere di verificare i possibili cinatismi di distacco);
- definendo i volumi (stimati) dei distacchi.

5.4

Meteorologia

Devono essere acquisiti i parametri fondamentali necessari per la caratterizzazione climatica dell'area. Possibilmente, si deve fare riferimento all'analisi di una serie temporale significativa (indicativamente non minore di 30 anni) registrata da una o più stazioni meteorologiche ritenute utili per l'area considerata.

I dati climatici da considerare sono:

- piovosità media annua;
- distribuzione stagionale delle precipitazioni;
- principali eventi piovosi intensi o prolungati;
- innevamento annuo;
- temperature medie stagionali;
- regime di escursione termica;
- numero di cicli gelo-disgelo e periodo dell'anno in cui occorrono.

I dati devono essere commentati ed integrati con considerazioni riguardanti l'influenza del regime climatico sulle forme di instabilità osservate.

Topografia

Devono essere specificate le caratteristiche delle basi topografiche utilizzate per la redazione della cartografia tecnica, degli stralci plano-altimetrici e dei profili; in particolare, di ogni elaborato topografico deve essere specificata la scala, l'anno di realizzazione, l'ente proprietario.

In ogni caso l'accuratezza del rilievo e la scala di rappresentazione devono essere adeguate alle dimensioni dell'area di studio e all'importanza del progetto.

Sismicità

In funzione della sismicità dell'area, oltre a richiamare l'accelerazione sismica prevista dalla legislazione vigente, deve essere evidenziata l'eventuale presenza di condizioni predisponenti all'amplificazione del segnale sismico.

Inquadramento geologico

Lo studio geologico di inquadramento deve stabilire le conoscenze riguardanti la natura litologica e l'assetto tettonico-strutturale dei materiali che costituiscono l'ammasso roccioso e le caratteristiche genetiche e granulometriche dei terreni sede dei fenomeni di instabilità in esame, al fine di definire il modello geologico del sito. Tale analisi deve permettere la comprensione dei meccanismi geologici che hanno condotto alla formazione dell'ammasso roccioso attuale e quindi alle recenti evoluzioni che possono aver contribuito all'instabilità del versante.

Ad una scala compatibile con le dimensioni del versante interessato, devono essere definiti i litotipi affioranti, i lineamenti tettonici presenti e l'assetto strutturale degli ammassi rocciosi. Tali elementi vanno resi anche con cartografia apposita nella quale deve essere indicata la reale distribuzione in superficie degli affioramenti rocciosi.

Per tutti i tipi litologici presenti sul versante devono essere descritte le caratteristiche litologiche e petrografiche nonché le caratteristiche che possono influenzare il comportamento meccanico dell'ammasso (*facies*, grado di alterazione, ecc.).

Deve inoltre essere indicata e commentata l'influenza degli elementi geologici sulle instabilità osservate.

Geomorfologia

L'analisi geomorfologica generale deve includere un'analisi delle forme e delle loro evoluzioni spazio-temporali, al fine di formulare ipotesi sulla natura, la geometria ed i meccanismi di evoluzione delle zone instabili. Deve inoltre valutare l'influenza dell'orientazione del versante sulle dinamiche di instabilità.

L'analisi geomorfologica dei versanti deve evidenziare, quando presenti, i seguenti elementi principali:

- origine di crolli di roccia e/o punti di distacco di blocchi;
- percorsi di rotolamento e rimbalzo;
- punti di impatto dei blocchi;
- blocchi isolati di frana, accumuli di frana;
- punti da cui emerge acqua;
- zone sature del versante;
- impluvi e deflussi superficiali;
- pareti rocciose soggette a forti infiltrazioni;
- fessure di trazione;
- elementi carsici;
- deformazioni del versante;
- rotture di manufatti;
- scarpate principali;
- contropendenze del versante.

Nel caso di analisi geomorfologica condotta su base fotografica o altra tecnica di rilievo (anche attraverso l'utilizzo di APR o altro) deve essere definito il tipo di documentazione di rilievo impiegato e il grado di precisione della strumentazione utilizzata. Nel caso di analisi da foto aerea, devono essere specificati i dati caratteristici del volo (anno, altezza di presa) e le modalità di analisi delle immagini.

L'analisi geomorfologica, in associazione a quella geologica, deve inoltre indicare se i fenomeni di caduta massi eventualmente rilevati siano fenomeni localizzati o se, viceversa, costituiscano l'espressione di più estese forme di instabilità (grandi frane, deformazioni di versante, ecc.) che devono essere descritte e valutate, quantomeno nelle loro linee generali.

5.9

Rilievo geomeccanico della parete rocciosa di distacco

Il rilievo geomeccanico consiste nella descrizione delle caratteristiche fisiche dell'ammasso roccioso che costituisce la parete da cui si originano i distacchi, con particolare riguardo alle discontinuità presenti, con lo scopo di definire le fondamentali caratteristiche meccaniche dell'ammasso e di indicare i principali meccanismi che portano alla formazione di elementi instabili dell'ambito dell'ammasso ed al loro successivo distacco.

Per una corretta descrizione, può essere necessario suddividere preliminarmente la parete in esame in aree aventi caratteristiche litologiche, strutturali, geometriche, geomorfologiche e tettoniche sostanzialmente uniformi. Per tale suddivisione si può far uso di osservazioni a piccola scala (foto aeree), a media scala (quali osservazioni a distanza, carte topografiche di dettaglio, fotogrammetria terrestre, ecc.) e di misure a scala dell'affioramento.

Per ciascuna area, che deve essere rappresentata in cartografia, devono essere definiti i seguenti punti:

- assetto strutturale;
- caratteristiche quantitative delle discontinuità¹⁾;
- ruolo di ogni famiglia di discontinuità nelle dinamiche di instabilità;
- associazioni di famiglie di discontinuità che concorrono nelle dinamiche di instabilità;
- considerazioni circa le relazioni tra la topografia e l'insieme delle discontinuità;
- indicazioni sulle forme e sulle dimensioni dei volumi rocciosi così come definiti dalle famiglie di discontinuità osservate;
- riconoscimento dei settori con assetto geomeccanico più sfavorevole;
- analisi dei cinematismi di distacco;
- acquisizione delle caratteristiche di resistenza al taglio delle discontinuità.

Deve infine essere valutata l'opportunità di ricorrere a prelievi di campioni di materiale roccioso da sottoporre a prove di laboratorio per la misurazione di alcune caratteristiche di base (per esempio massa volumica, resistenza a compressione monoassiale, resistenza al taglio lungo le discontinuità).

5.10

Definizione delle forme di instabilità

Per tutto il settore di versante interessato, il rilievo geomeccanico deve anche descrivere le forme di instabilità rilevate distinguendo:

- instabilità puntuale semplice: singolo elemento roccioso, identificabile e passibile di distacco in un unico episodio;
- instabilità puntuale complessa: singolo elemento roccioso, identificabile e passibile di distacco in un unico episodio oppure per smantellamento progressivo dei comparti rocciosi che lo compongono;
- instabilità diffusa: settore di versante contenente porzioni rocciose instabili in numero elevato tale da non essere trattabili singolarmente.

1) Esistono come riferimento le indicazioni dell'International Society for Rock Mechanics (www.isrm.net).

Nell'appendice A sono indicati gli elementi che possono essere definiti per le diverse forme di instabilità riconosciute.

In tutti i casi, se ritenuto necessario, l'analisi può essere integrata da verifiche di stabilità, relative a singole porzioni o a tratti di parete rocciosa.

Per quanto possibile, è opportuno che gli elementi instabili siano identificati in sito mediante sigle di vernice.

5.11

Caratterizzazione del versante di caduta

Il rilievo del pendio lungo il quale avviene la discesa del materiale roccioso deve definire l'eventuale presenza di rocce in affioramento, la natura e la distribuzione dei terreni con indicazioni sullo spessore degli stessi, la presenza di suolo vegetale e di vegetazione, la morfologia in dettaglio del pendio, eventuali fenomeni attivi di dinamica geomorfologica, manifestazioni legate alla circolazione delle acque superficiali e sottosuperficiali, la presenza di opere antropiche.

Per quanto riguarda la natura e la distribuzione dei terreni presenti lungo il versante, essa deve comprendere:

- pendenza del versante;
- distinzione tra coperture differenti per genesi o aspetto;
- indicazioni sullo spessore dei terreni di copertura;
- forme dei blocchi;
- dimensioni e volumi dei blocchi (lati minimi, medi, massimi);
- distribuzione delle varie pezzature lungo il versante, eventualmente anche con sezioni associate a diagrammi di frequenza;
- eventuale valutazione sull'eterogeneità del deposito, al fine di definire se lo stesso si è prodotto in seguito ad una costante e regolare produzione di blocchi dalle pareti rocciose, oppure se è il prodotto di episodi franosi che producono il distacco di volumi maggiori;
- descrizione e caratterizzazione di eventuali forme di instabilità all'interno dei depositi detritici.

Per quanto riguarda il rilievo dell'uso del suolo, esso deve mettere in evidenza la presenza e la distribuzione della vegetazione e di qualunque elemento sul versante che possa influire sul moto dei blocchi. Ulteriori indicazioni sono riportate nell'appendice B.

I risultati delle varie indagini devono contribuire alla definizione dei parametri relativi alle interazioni blocco-pendio (coefficienti di restituzione e angolo di attrito dinamico) e devono consentire una stima delle traiettorie e del tipo di movimento più probabile per i blocchi in transito lungo i diversi tratti del versante.

5.12

Idrogeologia

Deve essere indicato il ruolo dell'acqua superficiale, sottosuperficiale e profonda nello sviluppo delle forme di instabilità osservate, così come deve essere valutata l'influenza del processo crioclastico.

5.13

Definizione dei volumi unitari

La definizione del volume e della forma dei blocchi sulla base dei quali impostare la progettazione delle opere di difesa deve essere effettuata anche sulla base dell'analisi e del confronto tra le porzioni rocciose instabili rilevate sulle pareti (o, comunque, le porzioni rocciose individuate dalle discontinuità presenti sulla parete) e i blocchi eventualmente presenti lungo il pendio di caduta. I criteri di scelta dei volumi di progetto devono essere chiaramente esposti e commentati.

5.14**Interventi e opere preesistenti**

Devono essere identificate tutte le opere di difesa attive e passive eventualmente realizzate in precedenza, riportando:

- tipo ed ubicazione dell'intervento;
- data di realizzazione;
- parametri dimensionali e geometrici;
- disponibilità degli elaborati di progetto originali;
- considerazioni circa la capacità dissipativa, il livello di efficienza e sullo stato di conservazione e manutenzione delle opere;
- descrizione del comportamento in caso di eventuali eventi occorsi dopo la loro realizzazione;
- presenza e caratteristiche di eventuali sistemi di controllo o di allerta.

5.15**Integrazioni**

Devono essere specificati gli eventuali approfondimenti di indagine ritenuti necessari per la redazione delle successive fasi progettuali.

6**STUDIO SULLA DINAMICA DI CADUTA****6.1****Generalità**

Lo studio sulla dinamica di caduta è finalizzato a definire la soluzione ritenuta più adatta al caso in esame, tenendo conto dei risultati delle indagini specialistiche svolte, i quali devono essere riportati in appositi capitoli della relazione stessa²⁾.

6.2**Crollo di progetto**

Il crollo di progetto è costituito dal dissesto di riferimento considerato ai fini della progettazione degli interventi per la mitigazione del rischio di caduta massi. A seconda della complessità dell'area e dell'entità del rischio stimato potranno essere considerati anche diversi crolli di progetto, ritenuti rappresentativi di diverse possibili situazioni di distacco. Il crollo o i crolli di progetto ipotizzati devono essere supportati da specifici elementi acquisiti in sito desunti da rilievi geotecnici, geologico-tecnici, geomeccanici e geomorfologici, oppure da misure dirette di spostamenti di porzioni del versante o da analisi di stabilità di porzioni del versante.

Indipendentemente dal numero, ogni crollo di progetto deve essere definito nei seguenti aspetti fondamentali: ubicazione sul versante, litologia, cinematicismo iniziale, volume totale del dissesto di progetto, volumetrie massime e più probabili dei blocchi, caratteristiche del blocco (o blocchi) di progetto. La distribuzione volumetrica dei blocchi del crollo di progetto è definita dall'intervallo compreso tra il volume minimo e quello massimo ipotizzabili.

Particolare attenzione deve essere data alla stima del volume totale del dissesto di progetto poiché questo parametro controlla l'evoluzione cinematica del fenomeno. Al di sopra di un valore limite (vedere UNI 11211-2) il processo di crollo assume caratteristiche di movimento franoso di massa, che non è trattato nella presente norma in quanto la modellazione cinematica ed i criteri di intervento qui descritti non sono applicabili.

6.3**Blocco di progetto**

Per ogni crollo di progetto deve essere stabilito almeno un blocco di progetto inteso come il volume roccioso di riferimento da considerare sia nella simulazione delle traiettorie di caduta sia nelle verifiche progettuali delle opere di difesa.

Un blocco di progetto è definito da litologia, massa volumica (N/m^3), volume (m^3), forma; altri elementi utili sono la velocità di traslazione (m/s), la velocità di rotazione ($giri/s$), l'energia cinetica traslazionale e rotazionale (kJ).

²⁾ Le indagini specialistiche possono essere eseguite dal progettista stesso qualora questi risulti abilitato alla trattazione dei singoli argomenti; viceversa è necessario allegare le relazioni e gli elaborati grafici redatti da specialisti abilitati.

Nel caso di un'ampia distribuzione volumetrica del blocco di progetto, a causa del differente comportamento delle masse rocciose durante la discesa sul versante, devono essere valutati, a livello di ipotesi progettuale, almeno due casi limite di volumi di progetto che considerino i coefficienti di restituzione in relazione a massa, velocità e forma.

6.4

Analisi delle traiettorie di caduta

Lo studio delle possibili propagazioni dei massi sul versante ha lo scopo di fornire una valutazione delle possibili altezze di volo e delle energie possedute dai blocchi e, quindi, di indirizzare la scelta relativa all'ubicazione delle opere di difesa.

La modellazione delle traiettorie di caduta dei blocchi deve essere eseguita secondo criteri fondamentalmente probabilistici a causa della grande aleatorietà del fenomeno e della estrema variabilità dei parametri che condizionano le traiettorie. Possono essere utilizzati sia modelli bidimensionali che tridimensionali. Di ogni modellazione devono essere definiti: i presupposti teorici del calcolo, i parametri del modello, il criterio di simulazione degli impatti, il tipo di analisi (deterministica o probabilistica), i criteri di assegnazione dei parametri (bibliografici, prove in sito, analisi a posteriori, ecc.), i dati di uscita.

Nel caso di modelli bidimensionali, deve essere definito chiaramente il profilo di calcolo la cui traccia deve essere riportata in un apposito allegato piano-altimetrico. Indicativamente, deve essere previsto almeno un profilo di calcolo ad ogni variazione significativa delle condizioni morfologiche, geologiche, di copertura vegetale, di volume roccioso unitario e quanto riportato al punto 5.

Il punto di distacco assunto nelle simulazioni sul profilo del versante può essere attribuito alle zone di parete che manifestano chiari indizi di instabilità. A fini cautelativi devono essere comunque valutati anche gli effetti delle ipotesi più conservative corrispondenti a potenziali distacchi dal coronamento della scarpata rocciosa.

Lo scenario delle simulazioni ottenute con modelli tridimensionali deve costituire una rappresentazione realistica delle possibili traiettorie di propagazione dei massi sul versante oggetto del progetto preliminare. Per questo motivo, per ogni singolo profilo devono essere considerati i risultati di almeno 1 000 traiettorie di caduta. I risultati delle modellazioni devono prevedere l'analisi dei seguenti parametri: le distanze di arresto dei massi, l'inviluppo delle traiettorie di caduta, le altezze di volo, le velocità di transito e le energie possedute dai blocchi.

Su ogni profilo di calcolo devono essere opportunamente ubicati almeno tre punti di analisi di dettaglio, in corrispondenza dei quali sono calcolati il numero di blocchi transitati, le altezze di volo, le velocità e le energie dei massi. Dalla distribuzione di frequenza del campione simulato deve essere possibile determinare i percentili caratteristici corrispondenti alle varie situazioni più o meno probabili, quali per esempio: P50, P75, P90 e P95. Sono quindi calcolati i valori di altezza di volo, di velocità e di energia cinetica corrispondenti ai vari livelli di probabilità.

I parametri cinematici ed energetici utilizzati nella fase di dimensionamento delle opere di intercettazione dei massi sono assunti in funzione del livello di riduzione del rischio posto quale obiettivo dell'ipotesi progettuale, delle difficoltà di manutenzione, dei limiti tecnologici delle strutture impiegabili.

La numerosità e le incertezze relative ai parametri che caratterizzano le traiettorie e, in generale, le modalità di propagazione del fenomeno di caduta massi, spesso non consentono di definire valori certi, ma piuttosto suggeriscono di considerare intervalli di valori.

Il percentile di riferimento è assunto pari al 95%; l'eventuale assunzione di un valore minore deve essere motivato e comunicato al committente.

Il livello di sicurezza che si intende raggiungere deve essere stabilito in funzione del livello di rischio considerato accettabile (vedere appendice E della UNI 11211-2:2007) e definito nella fase iniziale di allestimento del progetto, tenendo conto degli obiettivi di riduzione del rischio perseguiti dal committente nell'area oggetto degli interventi di difesa.

7.1

Generalità

Gli aspetti prioritari che devono essere considerati nelle scelte progettuali sono:

- contenuti salienti delle relazioni geologica e geotecnica, con definizione dei fenomeni di instabilità;
- individuazione in carta dell'intervento, con indicazioni sulle caratteristiche geometriche principali dell'opera proposta;
- descrizione dell'ambiente naturale ed antropico ospitante l'opera in progetto;
- descrizione della viabilità locale e di eventuali vincoli di massa e di sagoma;
- esame delle possibili alternative di accesso all'area di cantiere, eventualmente anche per via aerea;
- individuazione della disponibilità in sito di materie prime per la realizzazione dell'opera;
- definizione della funzione a regime dell'opera di protezione;
- individuazione delle persone, delle infrastrutture o dei beni da proteggere;
- indicazione della durabilità minima richiesta come garanzia di funzionalità dell'opera;
- definizione di eventuali controlli periodici della struttura;
- definizione di eventuali controlli periodici delle condizioni della parete di distacco o del pendio di caduta;
- possibilità di accesso, per interventi di ripristino e manutenzione.

7.2

Descrizione delle opere e degli interventi

La descrizione delle opere e gli interventi è effettuata tramite schemi grafici.

Gli schemi grafici, redatti in scala opportuna e debitamente quotati, con le necessarie differenziazioni in relazione alla dimensione, alla categoria e al tipo dell'intervento, e tenendo conto della necessità di includere le misure e gli interventi di cui alla legislazione vigente³⁾, sono costituiti dai seguenti documenti:

- a) per opere e lavori puntuali:
 - stralcio dello strumento di pianificazione paesaggistico territoriale e del piano urbanistico generale o attuativo, sul quale sono indicate la localizzazione dell'intervento da realizzare e le eventuali altre localizzazioni esaminate;
 - planimetrie e/o prospetti, sui quali sono riportati separatamente le opere ed i lavori da realizzare e le altre eventuali ipotesi progettuali esaminate;
 - schemi grafici e sezioni schematiche nel numero, nell'articolazione e nelle scale necessarie a permettere l'individuazione di massima di tutte le caratteristiche spaziali, tipologiche, funzionali e tecnologiche delle opere e dei lavori da realizzare, integrati da tabelle relative ai parametri da rispettare;
- b) per opere e lavori diffusi:
 - corografia generale contenente l'indicazione dell'andamento planimetrico delle opere e dei lavori da realizzare e gli eventuali altri andamenti esaminati con riferimento all'orografia dell'area, al sistema di trasporti e degli altri servizi esistenti, al reticolo idrografico, all'ubicazione dei servizi esistenti in scala non inferiore a 1:25 000. Se sono necessarie più corografie, deve essere redatto anche un quadro d'insieme in scala adeguata;
 - stralcio dello strumento di pianificazione paesaggistico territoriale e del piano urbanistico generale o attuativo sul quale è indicato il tracciato delle opere e dei lavori da realizzare e gli eventuali altri tracciati esaminati. Se sono necessari più stralci, deve essere redatto anche un quadro d'insieme in scala adeguata;

3) Alla data di pubblicazione della presente norma è in vigore il Decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163 Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle Direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE, e successive modifiche e integrazioni.

- planimetrie e/o prospetti, sui quali sono riportati separatamente il tracciato delle opere e dei lavori da realizzare e gli eventuali altri tracciati esaminati. Se sono necessarie più planimetrie, deve essere redatto un quadro d'insieme in scala adeguata;
- profili longitudinali e trasversali altimetrici delle opere e dei lavori da realizzare in scala indicativamente pari a 1:5 000/1:500;
- indicazioni di massima, in scala adeguata, di tutti i manufatti speciali che l'intervento richiede;
- tabelle contenenti tutte le quantità caratteristiche delle opere e dei lavori da realizzare.

Sia per le opere ed i lavori puntuali, sia per le opere ed i lavori diffusi, il progetto preliminare specifica gli elaborati e le relative scale da adottare in sede di progetto definitivo ed esecutivo, ferme restando le scale minime previste nei successivi articoli. Le planimetrie e gli schemi grafici riportano le indicazioni preliminari relative al soddisfacimento delle esigenze di cui alla legislazione vigente⁴.

La relazione deve contenere indicazioni dettagliate riguardo:

- i requisiti e le prestazioni delle opere;
- le caratteristiche tipologiche, funzionali e tecnologiche;
- l'ubicazione plano-altimetrica;
- gli schemi grafici, oltre a qualsiasi allegato utile relativo all'intervento.

8

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

8.1

Generalità

La relazione illustrativa, secondo il tipo, la categoria e l'entità dell'intervento, deve contenere:

- la descrizione dell'intervento da realizzare;
- l'illustrazione delle ragioni della soluzione prescelta sotto il profilo localizzativo e funzionale, nonché delle problematiche connesse alla fattibilità ambientale, alle preesistenze archeologiche ed alla situazione complessiva della zona, in relazione alle caratteristiche e alle finalità dell'intervento, anche con riferimento ad altre possibili soluzioni;
- l'esposizione della fattibilità dell'intervento, documentata attraverso lo studio di fattibilità ambientale, dell'esito delle indagini geologiche, geotecniche, idrologiche, idrauliche e sismiche delle aree interessate e dell'esito degli accertamenti in ordine agli eventuali vincoli di natura storica, artistica, archeologica, paesaggistica o di qualsiasi altra natura interferenti sulle aree o sugli immobili interessati;
- l'accertamento in ordine alla disponibilità delle aree o degli immobili da utilizzare, alle relative modalità di acquisizione, ai prevedibili oneri e alla situazione dei pubblici servizi;
- gli indirizzi per la redazione del progetto definitivo, anche in relazione alle esigenze di gestione e manutenzione;
- il cronoprogramma delle fasi attuative con l'indicazione dei tempi massimi di svolgimento delle varie attività di progettazione, approvazione, affidamento, esecuzione e collaudo;
- le indicazioni necessarie per garantire l'accessibilità, l'utilizzo e la manutenzione delle opere, degli impianti e dei servizi esistenti;
- le indicazioni necessarie per la gestione del periodo transitorio sino alla realizzazione delle opere.

La relazione deve dare chiara e precisa nozione di quelle circostanze che non possono risultare dai disegni e che hanno influenza sulla scelta e sulla riuscita del progetto.

4) Vedere nota 3.

La relazione deve riferire in merito agli aspetti funzionali e interrelazionali dei diversi elementi del progetto e ai calcoli sommari giustificativi della spesa.

La relazione deve riportare una sintesi riguardante forme e fonti di finanziamento per la copertura della spesa, l'eventuale articolazione dell'intervento in lotti funzionali e fruibili, nonché i risultati del piano economico finanziario.

8.2

Fattibilità tecnica

In questa parte della relazione è documentato, a seguito di studi e indagini, che gli obiettivi indicati dalla committenza tramite il "Documento preliminare" sono tecnicamente perseguibili.

Di tale documento devono essere ripresi ed approfonditi i contenuti della documentazione finale (vedere UNI 11211-2).

8.3

Fattibilità amministrativa

In questa parte della relazione è documentato, attraverso la stima dei costi inerenti le soluzioni progettuali, che i limiti finanziari indicati dalla committenza nel "Documento preliminare" possano essere rispettati.

8.4

Studio di fattibilità ambientale

Lo studio di fattibilità ambientale, in relazione al tipo, categoria ed entità dell'intervento e con lo scopo di ricercare le condizioni che consentano un miglioramento della qualità ambientale e paesaggistica del contesto territoriale, deve comprendere:

- a) la verifica, anche in relazione all'acquisizione dei necessari pareri amministrativi, di compatibilità dell'intervento con le prescrizioni di eventuali piani paesaggistici, territoriali ed urbanistici sia a carattere generale sia settoriale;
- b) lo studio sui prevedibili effetti della realizzazione dell'intervento e del suo esercizio sulle componenti ambientali e sulla salute dei cittadini;
- c) l'illustrazione, in funzione della minimizzazione dell'impatto ambientale, delle ragioni della scelta del sito e della soluzione progettuale prescelta nonché delle possibili alternative localizzative e tipologiche;
- d) la determinazione delle misure di compensazione ambientale e degli eventuali interventi di ripristino, riqualificazione e miglioramento ambientale e paesaggistico, con la stima dei relativi costi da inserire nei piani finanziari dei lavori;
- e) l'indicazione delle norme di tutela ambientale che si applicano all'intervento e degli eventuali limiti posti dalla normativa di settore per l'esercizio di impianti, nonché l'indicazione dei criteri tecnici che si intendono adottare per assicurarne il rispetto.

Nel caso di interventi ricadenti sotto la procedura di valutazione di impatto ambientale, lo studio di fattibilità ambientale contiene le informazioni necessarie allo svolgimento della fase di selezione preliminare dei contenuti dello studio di impatto ambientale. Nel caso di interventi per i quali si renda necessaria la procedura di selezione prevista dalle direttive comunitarie, lo studio di fattibilità ambientale consente di verificare che questi non causino impatto ambientale significativo ovvero consente di identificare misure prescrittive tali da mitigare tali impatti.

Lo studio è articolato nei seguenti quadri di riferimento:

- 1) quadro di riferimento programmatico, che deve fornire gli elementi conoscitivi sulle relazioni tra l'opera progettata e gli atti di pianificazione e programmazione territoriale e settoriale;
- 2) quadro di riferimento progettuale, che deve descrivere il progetto e le soluzioni adottate a seguito degli studi effettuati, nonché l'inquadramento nel territorio, inteso come sito e come area vasta interessati;
- 3) quadro di riferimento ambientale, che deve essere sviluppato secondo criteri descrittivi, analitici e previsionali anche con riferimento alle componenti ed ai fattori ambientali interessati dal progetto;
- 4) sintesi non tecnica destinata all'informazione al pubblico, con allegati grafici di agevole riproduzione.

Lo studio deve essere inoltre corredato di:

- documenti cartografici in scala adeguata, e in particolare carte geografiche generali, carte tematiche, tabelle, grafici ed eventuali stralci di documenti, fonti di riferimento;
- indicazione della legislazione vigente e della regolamentazione di settore riguardante la realizzazione e l'esercizio dell'opera, degli atti provvedimenti e consultivi necessari alla realizzazione dell'intervento, precisando quelli già acquisiti e quelli da acquisire;
- esposizione sintetica delle eventuali difficoltà, lacune tecniche o mancanza di conoscenze incontrate nella raccolta dei dati richiesti;
- elaborati di progetto.

8.5

Valutazione preliminare dei costi

Il calcolo sommario della spesa è effettuato:

- a) per quanto concerne le opere o i lavori, applicando alle quantità caratteristiche degli stessi, i corrispondenti costi standardizzati⁵⁾. In assenza di tali costi, applicando parametri desunti da interventi similari realizzati, ovvero redigendo un computo metrico-estimativo di massima con prezzi unitari ricavati dai prezziari o dai listini ufficiali vigenti nell'area interessata;
- b) per quanto concerne le ulteriori somme a disposizione della stazione appaltante, attraverso valutazioni di massima effettuate in sede di accertamenti preliminari a cura del responsabile del procedimento.

La stima dei costi deve prendere in considerazione tutti gli oneri che la committenza deve sostenere dalle fasi di approfondimento dei dati di base per la progettazione alla messa in opera dell'opera nonché i costi di manutenzione e monitoraggio della stessa.

La stima dei costi è fatta sulla base di computi metrici di massima e di tariffe ufficialmente riconosciute adeguate, con la scelta motivata di parametri che tengano conto:

- dell'area geografica e di sedime in cui si realizzerà l'opera;
- dei vincoli ambientali sullo sviluppo temporale dei lavori;
- dell'entità dell'opera;
- di quanto altro possa avere influenza sui costi durante la realizzazione e la vita dell'opera.

5) Determinati dall'Osservatorio dei Lavori Pubblici.

APPENDICE A ELEMENTI DELLA RELAZIONE GEOLOGICA INERENTI L'INSTABILITÀ (informativa)

prospetto A.1 Elementi da definire nella relazione geologica in funzione della forma di instabilità

Elementi da definire	Instabilità puntuale semplice	Instabilità puntuale complessa	Instabilità diffusa
Ubicazione	X	X	X
Descrizione generale (litologia, stato di alterazione, posizione sul versante ecc.)	X	X	X
Forma e dimensioni della porzione instabile (o delle porzioni instabili)	X	X	
Descrizione dei singoli comparti rocciosi che compongono l'elemento instabile		X	
Numero delle porzioni instabili, specificando il margine di errore nella valutazione			X
Forma e dimensioni dell'areale			X
Distribuzione di frequenza dei volumi rocciosi instabili			X
Discontinuità che permettono i meccanismi di crollo e loro ruoli	X	X	X
Cinematismi di mobilitazione	X	X	X
Considerazioni circa le possibilità e probabilità dei distacchi	X	X	X
Considerazioni circa i fattori di innesco del distacco (pressione idraulica, azione sismica, cicli gelo-disgelo, erosione al piede ecc.)	X	X	X
Possibilità di frammentazione, dopo i primi impatti, in porzioni rocciose di minore volume	X	X	X
Considerazioni circa le possibili traiettorie di caduta ed i possibili punti di arrivo	X	X	X
Considerazioni circa le possibilità di consolidamento attivo	X	X	X

In presenza di soggetti arborei, anche se distribuiti sul terreno in forma sparsa, dovrebbero essere forniti:

- le liste botaniche relative alle specie arboree ed arborescenti presenti;
- le condizioni fito-sanitarie del popolamento, con particolare riferimento alla presenza di soggetti con danni meccanici o da incendio;
- i parametri di densità della copertura vegetale;
- indicazioni circa il diametro medio rappresentativo dei fusti.

La copertura arborea deve essere riportata in cartografia, e la sua influenza sul moto dei blocchi e/o sulla stabilità dei blocchi nel detrito (nel caso di crolli secondari) dovrebbe essere adeguatamente commentata.

Qualora la copertura vegetale (arbustiva, sottobosco) sia tale da impedire l'osservazione diretta e il rilievo del terreno, può essere valutata l'opportunità di procedere ad una pulizia preventiva.

BIBLIOGRAFIA

UNI 11211-4

Opere di difesa da caduta massi – Parte 4: Progetto definitivo ed esecutivo

ETAG 027

Guideline for European Technical Approval of Falling Rock protection Kits. Edition September 2012. Amended April 2013

