> Protezione contro i pericoli dovuti ai movimenti di versante

Aiuto all'esecuzione per la gestione dei pericoli legati a scivolamenti, caduta di sassi e colate detritiche di versante

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Ufficio federale dell'ambiente UFAM

> Protezione contro i pericoli dovuti ai movimenti di versante

Aiuto all'esecuzione per la gestione dei pericoli legati a scivolamenti, caduta di sassi e colate detritiche di versante

A cura dell'Ufficio federale dell'ambiente UFAM
Berna, 2016

Valenza giuridica
La presente pubblicazione è un aiuto all'esecuzione elaborato dall'UFAM in veste di autorità di vigilanza. Destinata in primo luogo alle autorità esecutive, essa concretizza concetti giuridici non definiti contenuti in leggi e ordinanze, nell'intento di promuovere un'applicazione uniforme della legislazione. Le autorità esecutive che vi si attengono possono legittimamente ritenere che le loro decisioni sono conformi al diritto federale. Sono tuttavia ammesse anche soluzioni alternative, purché siano conformi al diritto in vigore. Gli aiuti all'esecuzione dell'UFAM (definiti finora anche come direttive, istruzioni, raccomandazioni, manuali, aiuti pratici ecc.) sono pubblicati nella serie «Pratica ambientale».

Il presente aiuto all'esecuzione sostituisce le raccomandazioni «Berücksichtigung der Massenbewegungsgefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten» (UFPT, UFEA, UFAFP 1997).

Nota editoriale

Editore
Ufficio federale dell'ambiente (UFAM)
L'UFAM è un ufficio del Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni (DATEC).

Autori
Hugo Raetzo, Bernard Loup (divisione Prevenzione dei pericoli, UFAM)

Accompagnamento tecnico
Christophe Bonnard, PBBG SA, Lausanne (ex collaboratore scientifico del PFL)
Hans Rudolf Keusen, GEOTEST
Arthur Sandri, divisione Prevenzione dei pericoli, UFAM

Gruppo di lavoro dei Cantoni Rielaborazione 2015
Daniel Bollinger, Canton Svitto
Christophe Dénervaud, Canton Neuchâtel
Lukas Eggimann, Canton Uri
Jörg Häberle, Canton Berna
Nils Hählen, Canton Berna
Andreas Huwiler, Canton Grigioni
Raphaël Mayoraz, Canton Vallese
Andrea Pedrazzini, Canton Giura

Contributi redazionali
Gian Reto Bezzola, divisione Prevenzione dei pericoli, UFAM
Thomas Egli, Egli Engineering
Werner Gerber, WSL
Mark Govoni, Divisione giuridica, UFAM
Christoph Haemmig, UFAEG, ora GEOTEST

Indicazione bibliografica
UFAM (ed.) 2016: Protezione contro i pericoli dovuti ai movimenti di versante. Aiuto all'esecuzione per la gestione dei pericoli legati a scivolamenti, caduta di sassi e colate detritiche di versante. Ufficio federale dell'ambiente, Berna. Pratica ambientale n. 1608: 98 pagg.

Traduzione
Agentur der Dolmetscher- & Übersetzervereinigung, Zurigo

Revisione tecnica
Lorenza Re, Sezione forestale, Canton Ticino

Grafica e impaginazione
Karin Nöthiger,

Foto di copertina
Casa distrutta da scivolamento a Falli Hölli, Comune di Plasselb, Canton Friburgo, 1994 (foto Hugo Raetzo)

Per ordinare la versione stampata e scaricare il PDF
UFCL, Distribuzione pubblicazioni federali, CH-3003 Berna
tel. +41 (0)58 465 50 50
verkauf.zivil@bbl.admin.ch
Numero di ordinazione: 810.100.099i
www.bafu.admin.ch/uv-1608-i

Stampato su carta riciclata, a impatto zero sul clima e basse emissioni di COV

La presente pubblicazione è disponibile anche in tedesco, francese e inglese.

© UFAM 2016

> Indice

Abstracts **5**
Prefazione **7**
Riassunto **8**

1 Basi giuridiche e concezione **10**
1.1 Introduzione 10
1.2 Basi giuridiche 10
1.3 Concezione del nuovo aiuto all'esecuzione 11

2 Analisi della situazione **14**
2.1 Utilizzazione del territorio 14
2.2 Processi esaminati 15
2.3 Basi e documentazione 15
2.3.1 Documenti di base e metodi 15
2.3.2 Catasto degli eventi naturali 16
2.3.3 Catasto delle opere di protezione 17
2.3.4 Carta dei fenomeni 18
2.4 Effetto delle misure di protezione esistenti 20
2.4.1 Presa in considerazione delle opere di protezione nella valutazione dei pericoli 20
2.4.2 Presa in considerazione delle misure organizzative nella valutazione dei pericoli 21
2.5 Requisiti per la valutazione dei pericoli 22
2.6 Prodotti cartografici dei pericoli 24
2.6.1 Carta indicativa dei pericoli 25
2.6.2 Carte d'intensità 26
2.6.3 Carte dei pericoli 27
2.7 Valutazione dei pericoli con il diagramma intensità-probabilità 29
2.8 Criteri per la valutazione della probabilità 31
2.8.1 La probabilità nei processi di crollo 33
2.8.2 La probabilità nei processi di scivolamento 33
2.8.3 La probabilità nei processi di colata 35
2.9 Criteri per la valutazione dell'intensità 38
2.9.1 Intensità e tipologie di danni associati ai processi di crollo 42
2.9.2 Intensità e tipologie di danni associati ai processi di scivolamento 42
2.9.3 Intensità e tipologie di danni associati ai processi di colata 43
2.10 Definizione degli scenari 44
2.10.1 Elaborazione degli scenari 44
2.10.2 Scelta degli scenari 44
2.11 Gestione delle incertezze 45

3 Necessità d'intervento **47**
3.1 Determinazione dei rischi 47
3.2 Livello di sicurezza e obiettivi di protezione 48
3.3 Rischio residuo 50

4 Misure **52**
4.1 Ottimizzazione delle misure di protezione 52
4.2 Fasi di pianificazione 55
4.3 Manutenzione delle opere di protezione esistenti 55
4.4 Misure pianificatorie 57
4.5 Cura del bosco di protezione e provvedimenti selvicolturali 59
4.6 Misure tecniche nei processi di crollo 59
4.7 Misure tecniche nei processi di scivolamento 61
4.8 Misure tecniche nei processi di colata 64
4.9 Casi di sovraccarico 65
4.10 Misure organizzative e piani d'allarme 67
4.10.1 Sistemi di preallerta 67
4.10.2 Pianificazione delle misure d'urgenza 71
4.11 Verifica periodica e controllo dell'efficacia 72

Allegato **73**
A1 Basi legali 73
A2 Identificazione dei processi dei movimenti di versante 79
A3 Determinazione delle probabilità di accadimento dei processi di colata 87
A4 Trasposizione dei documenti di base sui pericoli nella pianificazione territoriale 90
A5 Esempio di matrice degli obiettivi di protezione 92

Bibliografia **94**
Elenchi **97**

> Abstracts

This guideline explains the management of landslides, hillslope debris flows and rockfall processes. These natural hazards are identified and evaluated using state-of-the-art methods. The criteria of probability of occurrence and intensity are determined for the compilation of hazard maps. The evaluation of risks, definition of protection objectives and target measures and the determination of the action requirement is necessary for planning. The process to be implemented for the optimisation of measures incorporates the examination of all options for action. These include spatial planning, biological, structural and organisational measures. The evaluation of measures takes technical, economic, ecological and social criteria into account.

Keywords:
landslides,
hillslope debris flows,
rockfall, hazard evaluation,
hazard map,
protective measures

Die Vollzugshilfe erläutert den Umgang mit Rutschungen, Hangmuren und Sturzprozessen. Diese Naturgefahren werden mit modernen Methoden lokalisiert und beurteilt. Bei der Erstellung der Gefahrenkarte werden die Kriterien der Eintretenswahrscheinlichkeit und der Intensität bestimmt. Die Beurteilung von Risiken, die Festlegung von Schutzzielen und von Massnahmenzielen sowie die Ermittlung des Handlungsbedarfs sind bei der Planung notwendig. Das Vorgehen bei der Optimierung von Massnahmen umfasst die Überprüfung aller Handlungsoptionen. Dazu gehören raumplanerische, biologische, bauliche und organisatorische Massnahmen. Die Bewertung der Massnahmen berücksichtigt technische, ökonomische, ökologische und soziale Kriterien.

Keywords:
Rutschungen,
Hangmuren, Steinschlag,
Gefahrenbeurteilung,
Gefahrenkarte,
Schutzmassnahmen

Cette aide à l'exécution indique comment traiter les glissements de terrain, les coulées de boue et les processus de chute. Ces dangers naturels sont localisés et évalués en appliquant des méthodes modernes. La carte des dangers est élaborée en tenant compte de la probabilité d'occurrence et de l'intensité des processus dangereux. La planification des mesures à prendre demande d'évaluer les risques, de fixer des objectifs de protection, d'assigner des objectifs aux mesures envisagées et de déterminer les travaux à entreprendre. La méthode préconisée pour optimiser les mesures inclut un examen de toutes les options concevables – mesures d'aménagement du territoire, biologiques, constructives ou d'organisation. Les mesures considérées sont évaluées en tenant compte de critères techniques, économiques, écologiques et sociaux.

Mots-clés:
glissement de terrain,
coulée de boue, chute de pierres,
évaluation des dangers,
carte des dangers,
mesure de protection

Il presente aiuto all'esecuzione spiega come gestire gli scivolamenti, le colate detritiche di versante e i processi di crollo. Questi pericoli vengono identificati e valutati applicando metodologie moderne. Le carte dei pericoli sono allestite tenendo conto della «probabilità di accadimento» e dell'«intensità». Per la pianificazione delle misure occorre valutare i rischi, definire sia gli obiettivi di protezione che gli obiettivi delle misure e stabilire le necessità d'intervento. L'ottimizzazione delle misure richiede una verifica di tutte le opzioni d'intervento: dai provvedimenti di pianificazione del territorio a quelli tecnici, biologici e organizzativi. Le misure considerate sono esaminate tenendo conto di criteri tecnici, economici, ecologici e sociali.

Parole chiave:
scivolamenti,
colate detritiche di versante,
caduta sassi,
valutazione dei pericoli,
carta dei pericoli,
misure di protezione

> Prefazione

La legge forestale deve contribuire a proteggere la vita umana e i beni materiali considerevoli da valanghe, scivolamenti, erosione e caduta di sassi. Il presente aiuto all'esecuzione «Protezione contro i pericoli dovuti ai movimenti di versante» illustra come applicarla correttamente. Questo nuovo aiuto all'esecuzione è stato elaborato in base alle raccomandazioni «Berücksichtigung der Massenbewegungsgefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten», emanate dalla Confederazione nel 1997 e redatte da esperti del settore, delle quali ha ripreso i principi fondamentali. La valutazione degli scivolamenti viene ora effettuata tenendo conto dei più recenti risultati della ricerca e di criteri quantitativi più dettagliati. La valutazione si avvale per esempio di un nuovo parametro, ossia della variazione temporale della velocità di spostamento. Poiché le riattivazioni e le accelerazioni sono cause frequenti di danni o distruzioni, il catasto degli eventi assume un ruolo di grande rilevanza. Il documento precisa anche provvedimenti volti a gestire i movimenti di versante, come per esempio il monitoraggio e lo sviluppo di servizi di preallerta. La valutazione delle probabilità di accadimento delle colate detritiche di versante è stata ora suddivisa in cinque fasi.

Nell'autunno 2009, l'UFAM ha inviato in consultazione una bozza del presente aiuto all'esecuzione e nel 2015 un gruppo di lavoro, costituito da rappresentanti della Confederazione e dei Cantoni, si è occupato della sua revisione. La versione definitiva ha tenuto conto nel limite del possibile dei numerosi pareri espressi. L'aiuto all'esecuzione s'inserisce in un contesto più ampio che comprende altre pubblicazioni dell'UFAM sulla gestione integrale dei rischi e la protezione contro le piene. Tiene inoltre conto della pubblicazione di PLANAT «Livello di sicurezza per i pericoli naturali» e dei suoi obiettivi di protezione (PLANAT 2013).

Il presente aiuto all'esecuzione vuole contribuire a una gestione preventiva adeguata dei pericoli intrinseci ai movimenti di versante e sottolinea la necessità che la valutazione dei rischi e l'elaborazione dei documenti siano oggettive e comprensibili. Un approccio sostenibile e integrale nei confronti dei pericoli – ossia una gestione integrale del rischio – è possibile solo se tutti i provvedimenti sono combinati in modo ideale e se vengono presi in considerazione i criteri economici, ecologici e sociali. Nella pianificazione delle misure di protezione è pertanto indispensabile mirare a un'armonizzazione ottimale delle misure biologiche, tecniche, organizzative e di pianificazione del territorio.

Josef Hess
Vicedirettore
Ufficio federale dell'ambiente (UFAM)

> Riassunto

Il presente aiuto all'esecuzione «Protezione contro i pericoli dovuti ai movimenti di versante» illustra come gestire scivolamenti, colate detritiche di versante e processi di crollo in conformità con la legge forestale (LFo). Il secondo capitolo descrive la procedura da seguire nell'elaborazione dei documenti di base sui pericoli. Nella valutazione dei pericoli si considerano anche criteri come l'affidabilità e l'effetto delle misure di protezione esistenti. I requisiti della valutazione dei pericoli sono determinati dagli obiettivi perseguiti e vengono ora suddivisi in tre gradi di approfondimento. Un grado di approfondimento molto elevato è richiesto per i progetti tecnici, le perizie e gli studi dettagliati (scala 1:1000–1:5000). Anche per le carte dei pericoli vige uno standard elevato: è infatti richiesta una precisione spaziale di ordine decametrico (scala 1:2000–1:10 000).

I gradi di pericolo dei movimenti di versante sono definiti attraverso il diagramma d'intensità-probabilità (cap. 2). Per la valutazione ci si avvale di possibili scenari al fine di determinare le probabilità di accadimento annue, che corrispondono ai periodi di ritorno dei processi di piena e valanghe. Per i processi di crollo si applicano le seguenti classi d'intensità: debole <30 kJ, media 30–300 kJ, forte >300 kJ. Per valutare gli scivolamenti superficiali e le colate detritiche di versante si impiega un metodo volto a migliorare soprattutto l'analisi della predisposizione e la determinazione della probabilità di occorrenza. Gli scivolamenti permanenti sono classificati in base a tre classi d'intensità corrispondenti alla velocità media (0–2 cm/anno, 2–10 cm/anno e >10 cm/anno). Grazie ai dati raccolti con l'analisi degli eventi si integrano anche possibili accelerazioni e movimenti differenziali. L'intensità viene quindi determinata attraverso criteri supplementari: a) accelerazioni dei movimenti secondo la velocità massima; b) spostamenti differenziali; c) profondità del piano di scivolamento. Alle colate detritiche di versante si applicano i criteri dello spessore nella zona di distacco e dell'altezza del deposito. Gli sprofondamenti e i cedimenti (p. es. doline) sono oggetto di esame quando sul territorio vengono riscontrati chiari indizi di estensione spaziale.

Il terzo capitolo affronta la valutazione dei rischi e la definizione degli obiettivi di protezione. La Confederazione mira a ottenere, per tutti i pericoli naturali, un livello di sicurezza paragonabile su scala nazionale, che sia ecologicamente sostenibile, economicamente opportuno e socialmente sopportabile. Grazie agli obiettivi di protezione, gli enti pubblici stabiliscono la necessità d'intervento e, se riscontrano dei deficit di protezione, valutano la possibilità di ridurre il rischio con misure adeguate. Al fine di pianificare le misure di protezione contro i pericoli naturali, gli organi responsabili stabiliscono gli obiettivi specifici di ogni intervento.

Il quarto capitolo tratta la pianificazione, la progettazione e l'esecuzione delle misure di protezione. Prima di pianificare e ottimizzare le misure si valutano tutte le opzioni d'intervento. Le misure passive sono destinate a ridurre l'entità di un potenziale danno. I Cantoni tengono conto delle carte dei pericoli in tutte le attività d'incidenza territoriale, in particolare nella pianificazione direttrice e comunale. Il danno potenziale dovrà

essere ridotto essenzialmente mediante misure di pianificazione del territorio. Le misure attive influenzano lo sviluppo del processo. Queste comprendono provvedimenti capillari come la cura del bosco di protezione e il rimboschimento, ma anche misure tecniche puntuali, come le reti paramassi. Là dove già esiste un'utilizzazione del suolo da proteggere o quando, previa ponderazione di tutti gli interessi, risulta indispensabile una sua modifica, possono essere realizzate misure tecniche di protezione. Per motivi tecnici o economici le misure tecniche di protezione contro i movimenti di versante non sono sempre realizzabili. Ciò avviene per esempio in presenza di grandi volumi e di energie elevate. Se per la zona minacciata non può essere garantita una protezione completa, la salvaguardia delle persone può essere assicurata a costi efficienti istituendo sistemi di monitoraggio, allarme e allerta. Per questi sistemi sono previsti quattro livelli di requisiti. Quando si tratta di evacuare le persone e chiudere vie di comunicazione, i sistemi di preallerta devono soddisfare requisiti molto elevati.

Gli allegati contengono le spiegazioni e le informazioni tecniche necessarie all'applicazione dei capitoli precedenti. Alle basi legali, nell'allegato 1, seguono le definizioni dei movimenti di versante e le descrizioni tecniche. Negli altri allegati sono sintetizzate le informazioni relative alla trasposizione dei dati di base nella pianificazione del territorio e alla definizione di obiettivi di protezione che tengano conto dei rischi effettivi.

1 > Basi giuridiche e concezione

1.1 Introduzione

In Svizzera le aree soggette a movimenti di versante conosciuti coprono una superficie pari al 6–8 per cento del territorio nazionale, tenendo conto sia degli scivolamenti attivi attuali e di quelli pregressi. Le regioni più colpite sono le Alpi, le Prealpi e alcune zone del Giura. Nel 1997, l'importanza dei movimenti di versante ha indotto la Confederazione a emanare delle raccomandazioni su come tenere conto dei pericoli legati a questi fenomeni (UFPT et al. 1997). I Cantoni hanno poi avviato le loro valutazioni dei pericoli e le esperienze acquisite in questi ultimi anni hanno consentito di sottoporre alla Confederazione alcune proposte. Nel 2004 il Gruppo di lavoro Geologia e pericoli naturali (AGN 2004) ha stilato un rapporto in cui, sulla scorta di esperienze concrete, proponeva alcune aggiunte all'attuale metodologia. Le analisi delle intemperie degli anni 2005 e 2007 hanno mostrato che in passato si è talvolta sottovalutato l'impatto delle riattivazioni e delle accelerazioni degli scivolamenti. Durante il maltempo, infatti, erano diventati instabili anche versanti che in precedenza non erano stati rilevati o valutati. Gli eventi di vasta portata avevano provocato danni diretti e un apporto di materiale negli alvei dei torrenti, con conseguenti flussi detritici. L'analisi degli scivolamenti superficiali e delle colate detritiche di versante ha permesso anche una migliore valutazione della predisposizione di questi processi spontanei.

Il presente aiuto all'esecuzione prende spunto dalla raccomandazione della Confederazione sulla presa in considerazione dei pericoli dovuti ai movimenti di versante nelle attività di incidenza territoriale («Berücksichtigung der Massenbewegungsgefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten»), pubblicata congiuntamente nel 1997 da tre Uffici federali (gli allora Uffici federali per la pianificazione del territorio [UFPT], dell'economia delle acque [UFEA] e dell'ambiente, delle foreste e del paesaggio [UFAFP]). Il documento attuale riprende i principi di base della raccomandazione, ma fornisce maggiori dati quantitativi per la metodologia. L'aiuto all'esecuzione si prefigge una «unità di dottrina» e una valutazione uniforme dei pericoli rappresentati da cadute di sassi, scivolamenti, colate detritiche di versante e processi di erosione. Nel presente aiuto all'esecuzione, la Confederazione si esprime anche sui possibili sistemi di protezione.

1.2 Basi giuridiche

Per quanto riguarda i documenti di base sui pericoli, l'aiuto all'esecuzione si basa sull'articolo 15 dell'ordinanza sulle foreste (OFo) del 30 novembre 1992. Secondo questo articolo, i Cantoni devono elaborare i documenti di base per la protezione dalle catastrofi naturali, come il catasto delle opere di protezione, il catasto degli eventi, le carte dei pericoli e i piani di emergenza (cpv. 1). Nell'elaborazione dei documenti di base, i Cantoni tengono conto dei lavori svolti dai servizi specializzati della Confedera-

zione e delle loro direttive tecniche (cpv. 2). Il presente aiuto all'esecuzione indica ai Cantoni come elaborare i documenti di base, soprattutto le carte dei pericoli, con l'obiettivo di introdurre in Svizzera criteri e parametri uniformi per rilevare i pericoli geologici legati ai movimenti di versante. I criteri di validità generale possono essere impiegati per analogia anche nella gestione dei pericoli di piene e valanghe. L'applicazione di criteri identici nella gestione dei pericoli naturali garantisce un'esecuzione uniforme della legge forestale e della legge sulla sistemazione dei corsi d'acqua per quanto riguarda l'elaborazione dei documenti di base sui pericoli. I Cantoni devono tener conto dei documenti di base in ogni attività d'incidenza territoriale, in particolar modo nella pianificazione direttrice e comunale (cpv. 3). Su richiesta, mettono a disposizione dell'Ufficio federale i documenti di base e li rendono accessibili al pubblico in forma adeguata (cpv. 4).

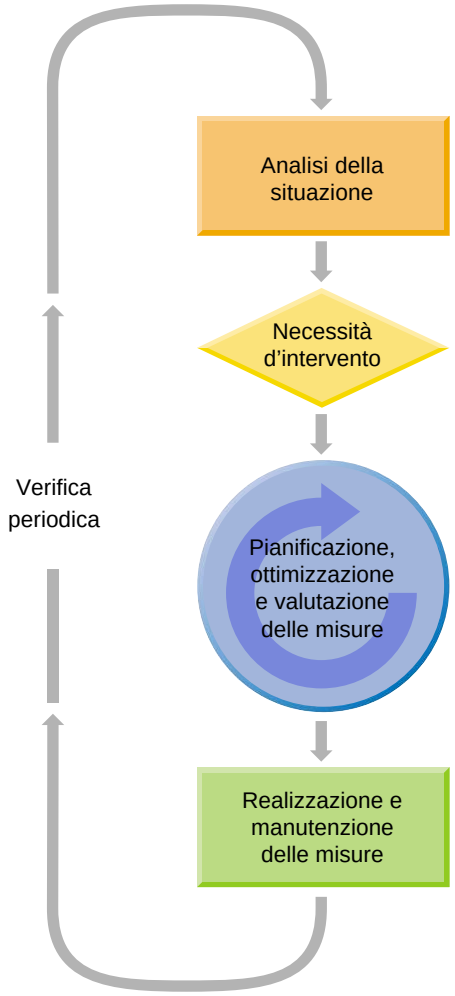
Per quanto riguarda i temi che esulano dall'ambito dei documenti di base sui pericoli (cfr. cap. 3 e 4), l'aiuto all'esecuzione si richiama alla competenza generale di vigilanza dell'UFAM nel campo dei pericoli legati ai movimenti di versante, in base alla quale l'UFAM è autorizzato a concretizzare determinati termini legali, se poco chiari, e a promuovere così delle procedure di esecuzione uniformi.

Un estratto delle norme di legge e delle ordinanze rilevanti è riportato nell'allegato A1.

1.3 Concezione del nuovo aiuto all'esecuzione

In linea di massima l'aiuto all'esecuzione fa propri i principi della gestione dei pericoli naturali e spiega la procedura da seguire nell'elaborazione dei relativi documenti di base (fig. 1). I requisiti e i metodi sono illustrati nel secondo capitolo «Analisi della situazione». Prima di pianificare le misure di protezione occorre determinare la necessità d'intervento e fissare gli obiettivi di protezione (cap. 3). Per assolvere il mandato di protezione della vita umana e di beni materiali considerevoli, la pianificazione e la realizzazione delle misure devono seguire le direttive descritte nel quarto capitolo. I capitoli da 2 a 4 sono il fulcro dell'aiuto all'esecuzione e concretizzano i termini legali usati nelle leggi e nelle ordinanze. Nell'allegato seguono spiegazioni tecniche e informazioni complementari che non hanno la valenza giuridica di un aiuto all'esecuzione.

Fig. 1 > Procedura di gestione dei pericoli naturali



Nel limite del possibile, il nuovo aiuto all'esecuzione riprende i principi riconosciuti e precisa determinati requisiti (cfr. fig. 1 sulla procedura generale). La valutazione dei pericoli, la pianificazione delle misure e relativa valutazione sono fondamentalmente paragonabili alla prassi seguita nella protezione contro le piene, ad eccezione di alcune particolarità legate ai processi specifici.

Le principali novità dell'aiuto all'esecuzione sono le seguenti:

> il testo migliora la definizione dei processi nell'allegato A2: in Svizzera, i processi di crollo, gli scivolamenti e le colate detritiche di versante sono eventi frequenti. Per questi processi il documento fornisce definizioni e criteri precisi ai fini della valutazione del pericolo. Ciò consente di definire meglio anche i processi di movimenti di versante più rari. Le combinazioni e le transizioni tra fenomeni, frequenti in natura, vengono affrontate distinguendo tra processi iniziali e secondari («first move» – «second move»).

> I requisiti per la valutazione dei pericoli sono determinati dagli obiettivi e dal valore giuridico dei risultati. Di conseguenza, i requisiti indicati nel secondo capitolo sono distinti in tre livelli di approfondimento. I requisiti per i progetti tecnici, le perizie e gli studi dettagliati sono molto elevati. In questi casi occorre ridurre al minimo le incertezze e dimensionare in modo appropriato le eventuali opere tecniche. Nell'ambito delle carte dei pericoli le autorità devono stilare dei documenti di base vincolanti. Anche qui è richiesto uno standard elevato, con una precisione spaziale di ordine decametrico.

> I movimenti di versante devono essere valutati in base a possibili scenari. Occorre determinare le probabilità di accadimento annue (0,033; 0,01; 0,003; <0,003), che devono corrispondere ai periodi di ritorno dei processi di piena e valanga (30, 100, 300, >300 anni).

> I gradi di pericolo dei movimenti di versante sono determinati in base al diagramma intensità – probabilità di occorrenza. Per gli scivolamenti permanenti si applicano tre livelli di intensità in base alla velocità media. Dalle esperienze raccolte con l'analisi degli eventi passati è emersa la necessità di considerare maggiormente le accelerazioni e i movimenti differenziali. Di conseguenza sono stati introdotti dei criteri aggiuntivi per la determinazione delle intensità:
  - accelerazioni o riattivazioni degli scivolamenti in funzione della velocità massima durante una crisi (v_{max});
  - spostamenti differenziali (D): le aree interessate da spostamenti differenziali subiscono di solito i danni maggiori, perché il terreno non scivola a valle con velocità uniforme;
  - profondità del piano di scivolamento (P): a partire da una profondità di circa 30 metri, l'intensità può essere ridotta di un grado se sono soddisfatte contemporaneamente le seguenti condizioni: masse in scivolamento di grandi dimensioni e compatte, settori fenomenologicamente omogenei e dinamica di movimento uniforme secondo le rilevazioni geodetiche.

> Per la valutazione degli scivolamenti superficiali e delle colate detritiche di versante, il presente aiuto all'esecuzione introduce un nuovo metodo. Un esame geologico e geomorfologico e l'analisi degli eventi storici forniscono dati statistici, i quali possono essere utilizzati per determinare la probabilità di accadimento.

> L'aiuto all'esecuzione precisa la valutazione delle doline carsiche, specificando che devono essere delimitate come aree di pericolo «rosse» solo in caso di comprovata minaccia di sprofondamento.

> La caduta di ghiaccio è giudicata in modo analogo ai pericoli di crollo.

> Questo aiuto all'esecuzione fissa dei principi generali per tenere conto delle opere di protezione nella valutazione dei pericoli.

> Gli obiettivi di protezione sono definiti in funzione del rischio. Per i rischi importanti è richiesto un elevato livello di protezione, mentre per i rischi limitati non occorre alcuna protezione o sono sufficienti interventi di minore entità (cap. 3).

> Le possibili misure di protezione contro il pericolo di movimenti di versante sono descritte nel quarto capitolo (pianificazione del territorio, misure biologiche, tecniche e organizzative). Un maggiore peso viene dato alle misure organizzative, che sono spesso l'opzione di prima scelta di fronte ai pericoli di grandi frane o di scivolamento profondo.

2 > Analisi della situazione

I Cantoni sono incaricati di elaborare i documenti di base necessari per la protezione dalle catastrofi naturali (art. 15 OFo). Per evitare o quantomeno ridurre i rischi, occorre prima conoscerli e valutarli. L'analisi della situazione comprende, da un lato, la valutazione dei pericoli esistenti (cap. 2.2–2.10) e, dall'altro, il censimento degli oggetti e delle utilizzazioni del suolo attuali e previste (cap. 2.1). La sovrapposizione dei documenti sui pericoli e di quelli sull'utilizzazione del suolo evidenzia le aree in cui le persone, i beni materiali, le infrastrutture e altri oggetti sono potenzialmente esposti a pericoli naturali.

Il grado di dettaglio dell'analisi può variare notevolmente a seconda dei compiti e degli obiettivi prefissati, può dipendere dal perimetro territoriale (Svizzera, Cantone, regione, Comune, progetto), oppure dai documenti di base disponibili (tipo di documento, scala, contenuto ecc.).

2.1 Utilizzazione del territorio

Le utilizzazioni del suolo e le categorie di oggetti sono differenziate in funzione del livello di dettaglio legato all'obiettivo da raggiungere. Per ottenere una visione d'insieme su grandi comparti territoriali è sufficiente raggruppare i beni da proteggere nelle seguenti categorie principali:

- persone,
- edifici,
- infrastrutture (p.es. ferrovie, strade) e lifelines (p. es. linee di alta tensione),
- beni culturali,
- oggetti speciali.

Per la pianificazione delle misure di protezione è invece necessario un rilevamento più dettagliato, come quello utilizzato per esempio in EconoMe. Questo maggiore grado di precisione è ottenuto attraverso una descrizione più dettagliata delle utilizzazioni del suolo e degli oggetti, eventualmente con l'aggiunta di informazioni particolareggiate.

A prescindere dal grado di precisione, l'elaborazione della panoramica dei potenziali danni deve considerare non solo le utilizzazioni esistenti, ma anche gli sviluppi previsti o futuri. Solo in questo modo può fornire infatti delle indicazioni sulle possibili variazioni dei rischi e dei potenziali danni. Informazioni sugli sviluppi futuri sono contenute nei piani regolatori comunali, nei piani settoriali della Confederazione, nei piani direttori cantonali e nei programmi di sviluppo cantonali o regionali.

2.2 Processi esaminati

La legge forestale vuole, tra l'altro, contribuire a proteggere la vita umana e i beni materiali considerevoli da scivolamenti, erosione e cadute di sassi (art. 1 cpv. 2 LFo). Il presente aiuto all'esecuzione si occupa dei seguenti pericoli legati ai movimenti di versante:

- processi di crollo: caduta di sassi, blocchi e massi, crolli di roccia, valanghe di roccia (grandi frane), caduta di ghiaccio e processi di sprofondamento;
- processi di scivolamento: scivolamenti e deformazioni gravitative profonde di versante;
- processi di colata: colate detritiche di versante.

Le colate detritiche di versante sono oggetto del presente aiuto all'esecuzione. Il processo di flusso di detrito è invece trattato nel documento sui pericoli relativi alla protezione contro le piene (UFEA et al. 1997). Ci si occupa in modo particolare delle interazioni e delle combinazioni dei processi (ad es. frane, colate detritiche di versante e flussi di detrito), in considerazione del fatto che i movimenti di versante sono spesso molto distanti dagli oggetti potenzialmente minacciati.

Le definizioni dei movimenti di versante esaminati sono illustrate nell'allegato A2. I processi valanghivi non sono considerati nel presente aiuto all'esecuzione.

2.3 Basi e documentazione

La gestione dei pericoli legati ai movimenti di versante richiede, in una prima fase, una documentazione oggettiva di tutte le informazioni, osservazioni e misurazioni disponibili che possano indicare l'esistenza di un pericolo. Questa fase di identificazione dei pericoli consiste nel raccogliere osservazioni scevre da interpretazioni. A questo scopo occorrono indicazioni sulla qualità delle osservazioni, ovvero bisogna sapere se sono fondate su stime, calcoli o misurazioni. L'identificazione dei pericoli si basa su una serie di fonti e metodi. Particolarmente utili sono gli eventi pregressi e i «testimoni muti», anche se nel frattempo sono state realizzate delle misure di protezione.

2.3.1 Documenti di base e metodi

Questo capitolo propone una breve descrizione dei documenti di base e delle metodologie da utilizzare per l'elaborazione delle carte dei pericoli (cfr. cap. 2.3.2–2.3.4 per il catasto degli eventi naturali, il catasto delle opere di protezione e la carta dei fenomeni).

L'analisi topografica costituisce uno degli strumenti necessari per uno studio esaustivo, assieme alle ortofoto, ai modelli numerici del terreno, ai dati di telerilevamento e alle carte tematiche. Con i modelli numerici del terreno è possibile generare, tra l'altro, carte delle pendenze e immagini in rilievo («hillshade») che, se utilizzate a elevata risoluzione, sono utili per la cartografia geomorfologica.

Il telerilevamento abbraccia tutti i metodi impiegati per via satellitare, aerea o terrestre e include diverse tecniche fisiche:

> immagini ottiche,
> immagini radar (micro-onde),
> immagini laser (LIDAR).

Tali metodi consentono di ottenere immagini satellitari, aeree (p. es. da piccoli velivoli, elicotteri, droni) o dal suolo.

Il termine «misurazione» comprende svariati metodi classici e moderni, impiegati per rilevare gli spostamenti del terreno (ad es. GPS, teodolite). Nel campo dell'instabilità dei versanti, l'obiettivo dei metodi indicati è di misurare lo spostamento e determinarne le velocità.

La carta geologica rappresenta una base importante per la cartografia dei movimenti di versante, perché permette di distinguere tra le varie tipologie di movimento, per esempio tra gli scivolamenti e le deformazioni gravitative profonde di versante.

L'acqua svolge un ruolo importante nei movimenti gravitativi. Per questo è indispensabile disporre di dati sulle condizioni idrogeologiche e idrologiche del versante.

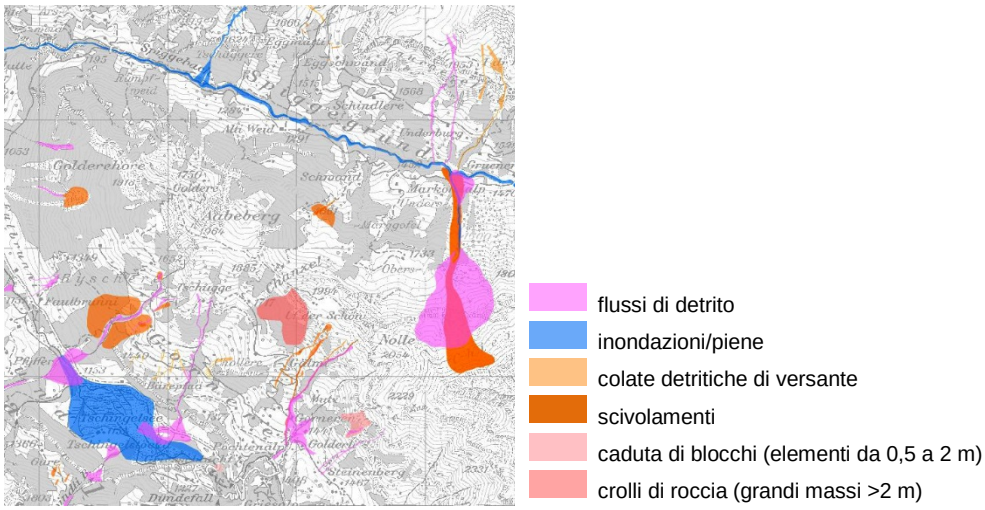
I sondaggi geotecnici possono essere eseguiti con carotaggio o a distruzione (con aria compressa o iniezione d'acqua). Il carotaggio è l'unico metodo sicuro per determinare il tipo di roccia in profondità e le sue proprietà geotecniche. I fori di sondaggio possono essere equipaggiati con inclinometri, estensimetri e piezometri. Un inclinometro può individuare con certezza un piano di scivolamento attivo a grande profondità e quantificarne il movimento.

2.3.2 Catasto degli eventi naturali

Per prevedere occorre guardare al passato. Le descrizioni e le aree esposte a un processo, documentate nei catasti degli eventi naturali, forniscono preziose indicazioni per la delimitazione di potenziali zone minacciate e aiutano a stimare i periodi di ritorno, definire gli scenari e tarare le simulazioni. Gli eventi documentati servono anche a elaborare delle panoramiche sui danni.

Il catasto degli eventi naturali è costantemente gestito e attualizzato dai servizi cantonali. Per la raccolta dei relativi dati, la Confederazione mette a disposizione dei formulari standard di rilevamento per i diversi tipi di processo: valanga, crollo, scivolamento, fenomeni alluvionali e sprofondamento/abbassamento. Le informazioni raccolte vengono gestite in modo centralizzato nella banca dati StorMe, accessibile in Internet. Gli eventi sono rappresentati spazialmente e i dati documentati comprendono, come minimo, i processi determinanti, il loro raggio d'azione, la data dell'occorrenza e l'entità approssimativa dei danni. È possibile indicare anche il contesto meteorologico. Il censimento degli eventi può avere diversi livelli di dettaglio (cfr. anche riquadro «modellizzazione dei dati» in cap. 2.3.4).

Fig. 2 > Catasto degli eventi naturali



fonte: geoportale del Canton Berna, www.apps.be.ch/geo/

2.3.3 Catasto delle opere di protezione

Negli ultimi decenni, molte aree abitate e infrastrutture di trasporto sono state messe in sicurezza con opere di consolidamento nelle zone di distacco o con opere di protezione nelle zone di transito o di deposito. Per garantire l'effetto protettivo delle opere a lungo termine, occorrono controlli e interventi di manutenzione periodici (controllo della sicurezza strutturale, dell'efficienza e della durabilità).

Un importante strumento per un'efficace gestione delle misure tecniche è il catasto delle opere di protezione. Questo catasto contiene informazioni soprattutto su tipo, ubicazione, stato, età e dimensioni dell'opera inventariata. Nella banca dati possono essere integrati anche i dati relativi ai beni da proteggere, ai committenti, ai costi di costruzione, al programma di manutenzione, alle responsabilità di gestione ecc. La Confederazione ha definito i principi e i requisiti minimi relativi a contenuti, struttura e gestione del catasto delle opere di protezione. I servizi cantonali raccolgono i dati necessari e aggiornano in continuazione il catasto (cfr. anche riquadro «modellizzazione dei dati» in cap. 2.3.4).

Fig. 3 > Rete paramassi

UFAM

2.3.4 Carta dei fenomeni

La carta dei fenomeni illustra in forma cartografica le caratteristiche geologiche e geomorfologiche e le morfostrutture osservate sul terreno. L'analisi del terreno è un utile complemento alla documentazione degli eventi e descrive essenzialmente i rilievi di terreno integrando anche le necessarie interpretazioni oggettive. Serve a individuare e stimare le possibili tipologie di pericolo (predisposizione, meccanismi scatenanti, dinamiche). La carta dei fenomeni è allestita indipendentemente dal grado di pericolo, che sarà determinato in un secondo tempo.

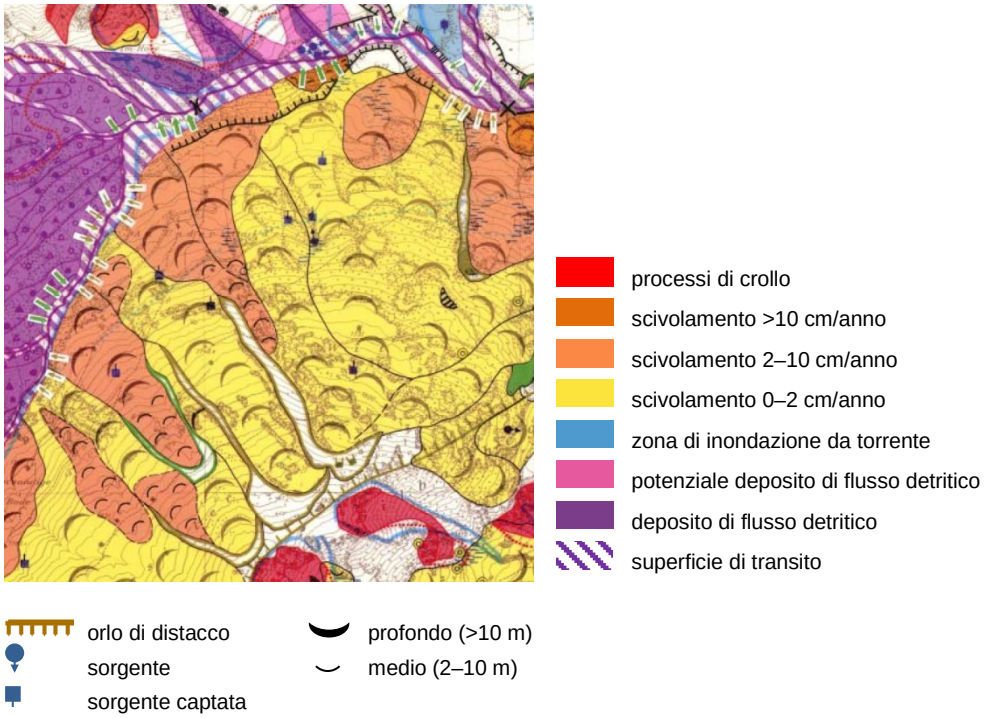
L'analisi del terreno si basa sull'osservazione e sull'interpretazione delle forme del terreno, della vegetazione, delle condizioni idrogeologiche e dei «testimoni muti» che documentano eventi pregressi o in corso (p. es. blocchi franati). Questi dati consentono spesso di stabilire le cause, le probabilità di accadimento e altri parametri importanti legati agli eventi (p. es. per definire gli scenari).

I processi pericolosi e le loro manifestazioni vengono rilevati e rappresentati con una legenda uniforme specifica (legenda modulare per la cartografia dei fenomeni [Symbolbaukasten zur Kartierung der Phänomene] secondo le raccomandazioni dell'UFEA e dell'UFAFP 1995):

- scala: da 1:2000 a 1:25 000, a seconda dello scopo,
- aggiornamento e verifica: in occasione di nuove situazioni di pericolo o della revisione della carta dei pericoli.

Fig. 4 > Carta dei fenomeni

Esempio elaborato con la legenda modulare. La legenda in figura contiene solo una parte dei simboli utilizzati, in particolare specifici per gli scivolamenti di terreno.



fonte: UFEA et. al., 1995

Modellizzazione dei dati e pubblicazione dei documenti di base sui pericoli

Per informare al meglio i diretti interessati e la popolazione sulla situazione di pericolo, i Cantoni rendono i documenti di base sui pericoli accessibili al pubblico in forma adeguata (art. 15 cpv. 4 OFo).

Per facilitare l'elaborazione e lo scambio delle informazioni raccolte è necessaria una descrizione accurata e comprensibile dei geodati e dei set di dati. La struttura e i contenuti dei dati devono soddisfare dei requisiti minimi. La legge sulla geoinformazione (LGI, RS 510.62) e la relativa ordinanza (OGI, RS 510.620) obbligano gli Uffici federali competenti a elaborare, assieme ai Cantoni, dei modelli di geodati minimi (art. 66a OFo). In base all'allegato I OGI è stato allestito un catalogo dei geodati di base del diritto federale. In questo ambito devono essere modellizzati i seguenti geodati di base, che sono pubblicati su www.bafu.admin.ch/geodatenmodelle:

- *«Catasto dei pericoli» con l'identificativo 167.1 (corrisponde al catasto degli eventi naturali, cap. 2.3.2),*
- *«Catasto delle opere di protezione contro le piene» con l'identificatore 81.2 (corrisponde al catasto delle opere di protezione relative a tutti i processi pericolosi, cap. 2.3.3).*

Nell'allestimento di questi prodotti, i Cantoni devono tenere conto dei modelli di dati sviluppati dalla Confederazione. Questi modelli consistono in due parti: il cosiddetto «modello di dati minimo» conforme alla legislazione sulla geoinformazione, che ha carattere vincolante, e il cosiddetto «modello di dati ampliato», che ha carattere di raccomandazione.

Informazioni supplementari

> *Symbolbaukasten zur Kartierung der Phänomene, UFEA e UFAFP, 1995*
> *Modelli di dati: www.bafu.admin.ch/geodatenmodelle*

2.4 Effetto delle misure di protezione esistenti

Le misure di protezione comprendono il bosco di protezione, le opere di protezione e le misure organizzative. Nella valutazione dei pericoli l'efficacia del bosco di protezione deve essere considerata e documentata nel rapporto tecnico (p. es. secondo il metodo di Protect-Bio).

Le opere di protezione sono costruite per assicurare la difesa contro i processi naturali, diminuendone l'intensità o la loro probabilità di occorrenza. Una riduzione duratura dei rischi per le persone e i beni è però garantita solo se le opere e le misure di protezione si dimostrano efficaci in caso di un evento. Il funzionamento delle opere deve essere garantito per l'intera durata del loro ciclo di vita. La valutazione dell'efficacia deve tenere conto di ciò che avviene in caso di sovraccarico. In questo senso, la manutenzione delle opere di protezione riveste la massima priorità e richiede un'organizzazione efficace a lungo termine.

Le opere di protezione sono soggette a una continua usura e le loro condizioni devono essere controllate a intervalli regolari, soprattutto dopo un evento. Molte opere risalenti al XIX secolo o all'inizio del XX secolo stanno per arrivare alla fine della loro durata e devono essere sostituite. Inoltre, il dimensionamento di molte opere esistenti fu progettato sulla base di conoscenze ed esperienze acquisite in periodi caratterizzati da rari eventi estremi (p. es. nel periodo tra il 1927 e il 1977).

2.4.1 Presa in considerazione delle opere di protezione nella valutazione dei pericoli

Le opere di protezione possono essere prese in considerazione nella valutazione dei pericoli solo se sono affidabili, perché un'eventuale inaffidabilità si ripercuote sia sulla trasposizione dei pericoli nella pianificazione del territorio, sia sul dimensionamento di nuove opere. La valutazione dell'effetto delle misure di protezione contro i pericoli naturali si articola in tre fasi:

- la prima consiste in una valutazione approssimativa, che comprende una stima dell'importanza delle misure di protezione e permette di decidere se è necessaria un'osservazione più dettagliata;
- successivamente si valuta l'affidabilità di una misura in termini di sicurezza strutturale, efficienza funzionale e durabilità (cfr. riquadro, cap. 2.4.2);
- infine, mediante la valutazione dell'effetto si quantifica l'influsso dell'opera sullo sviluppo del processo. A questo scopo si esaminano diversi scenari con i rispettivi gradi d'intensità e di probabilità di occorrenza.

L'effetto delle misure di protezione deve essere quantificabile con adeguata sicurezza e avere un carattere permanente (50 anni). Per poter prendere in considerazione le misure di protezione, occorre assicurare la manutenzione dell'intero sistema e, in particolare, delle misure stesse. Lo stato delle opere di protezione e la situazione di pericolo devono essere verificati periodicamente. Possono anche essere oggetto di monitoraggio (cfr. cap. 4.10). Eventuali difetti pregiudicano l'effetto e possono provocare ulteriori pericoli. Un singolo elemento che non soddisfa l'efficienza è sufficiente per ridurre l'effetto protettivo dell'opera. La situazione diventa critica quando il guasto di un elemento compromette il funzionamento dell'intero sistema di protezione.

Inoltre si applicano i seguenti principi:

- se le incertezze nella valutazione dei processi sono più significative degli effetti di una misura, quest'ultima non può essere presa in considerazione;
- la valutazione deve considerare fondamentalmente quattro scenari: tre scenari con probabilità di accadimento alta, media e bassa e uno scenario estremo con una probabilità molto bassa. Occorre tenere conto anche delle concatenazioni e delle combinazioni di processi;
- una misura deve essere esaminata sia come sistema a sé stante, sia in relazione all'intero sistema.

2.4.2 Presa in considerazione delle misure organizzative nella valutazione dei pericoli

A differenza delle misure tecniche permanenti, le misure organizzative di prevenzione non vengono considerate nella valutazione dei pericoli. Pur riducendo i rischi e i danni alle persone (p. es. tramite la chiusura di strade) e ai beni, i sistemi di sorveglianza, allerta e allarme non influenzano il processo di pericolo. In altre parole: le misure temporanee, la cui affidabilità e disponibilità non può essere garantita in ogni situazione, non incidono sulla carta dei pericoli.

Sicurezza strutturale

Viene verificata la resistenza di un'opera alle azioni che risultano dagli scenari presi in considerazione. Se questa sicurezza strutturale risulta insufficiente, la misura è poco affidabile.

Efficienza

L'efficienza è l'idoneità di una costruzione a garantire, durante tutto il periodo di esercizio, l'efficacia richiesta dal tipo di utilizzo previsto (p. es. altezza della rete).

Durabilità

I requisiti della sicurezza strutturale e dell'efficienza di una misura devono, nei limiti delle azioni prevedibili, essere garantiti per un lungo periodo.

Affidabilità

Un'elevata affidabilità presuppone che la sicurezza strutturale, l'efficienza e la durabilità siano soddisfatte (misura pienamente efficace). Un'affidabilità limitata comporta una ridotta efficacia. In caso di scarsa affidabilità (effetto nullo o negativo) l'opera può cedere.

Valutazione dell'effetto

La valutazione dell'effetto si basa sull'affidabilità e quantifica l'influsso della misura sullo sviluppo del processo.

Informazioni supplementari

- *Norma SIA 260: «Basi per la progettazione di strutture portanti»*
- *Norma SIA 261: «Azioni sulle strutture portanti»*
- *Norma SIA 269: «Basi per il mantenimento di strutture portanti»*
- *Norma SIA 269/1: «Mantenimento di strutture portanti – azioni»*
- *Romang Hans (Ed.), 2008: Wirkung von Schutzmassnahmen (Strategie Naturgefahren Schweiz), Einzelprojekt A 3 (2008). Piattaforma nazionale «pericoli naturali» PLANAT, Berna. Versione italiana abbreviata: Romang Hans (Ed.), 2008: Effetti delle misure di protezione (Strategia «Pericoli naturali» Svizzera), Progetto A 3 (2008), Piattaforma nazionale «pericoli naturali», Berna.*

2.5 Requisiti per la valutazione dei pericoli

I requisiti per la valutazione dei pericoli aumentano in funzione del grado di dettaglio. Si distinguono tre livelli con scale diverse (S1–3):

livello 1: carta indicativa dei pericoli (scala approssimativa, S1),
livello 2: carta dei pericoli (scala media, S2),
livello 3: perizie per progetti tecnici o studi di dettaglio (scala dettagliata, S3).

S1: Requisiti per le carte indicative dei pericoli

S1; scala 1

La carta indicativa dei pericoli fornisce una visione d'insieme della distribuzione areale dei processi pericolosi e mostra dove può verificarsi un dato pericolo. Questa carta vuole rappresentare nel limite del possibile tutte le aree che possono essere colpite da movimenti di versante. Le carte indicative dei pericoli non indicano i gradi di pericolo definiti in base all'intensità e alla probabilità d'accadimento. Mostrano unicamente l'eventuale esistenza di un potenziale pericolo (classificazione si/no).

S2: Requisiti per l'elaborazione delle carte dei pericoli

S2; scala 2

La carta dei pericoli è utilizzata dai Cantoni e dai Comuni per trasporre la situazione di pericolo nella pianificazione territoriale (piani regolatori). L'attribuzione dei gradi di pericolo deve pertanto essere eseguita nel modo più preciso possibile. Per la carta dei pericoli si utilizza di solito una scala 1:5000 o 1:10 000. In casi puntuali e particolari la scala può essere anche più dettagliata (p. es. 1:2000). La carta dei pericoli, con i suoi cinque gradi di pericolo, è più dettagliata della carta indicativa dei pericoli, sia in termini di risoluzione spaziale sia di contenuti.

Le carte dei pericoli, le carte d'intensità e i corrispondenti rapporti tecnici contengono dati particolareggiati sulle cause, lo sviluppo, l'estensione territoriale, l'intensità e la probabilità di accadimento dei possibili processi di movimenti di versante.

In una prima fase, la valutazione dei pericoli legati ai movimenti di versante si basa su una documentazione che illustra i pericoli esistenti. Gli eventi del passato forniscono informazioni sul processo e sulla sua estensione territoriale, per esempio sotto forma di osservazioni, documenti fotografici e misurazioni. I risultati vengono registrati nel catasto degli eventi naturali e rappresentati in forma cartografica.

Compilazione dei documenti necessari per il dossier della carta dei pericoli:

- catasto degli eventi naturali e documentazione degli eventi (StorMe),
- carta dei fenomeni in scala 1:10 000 o più dettagliata,
- catasto delle opere di protezione e valutazione del loro effetto,
- carte d'intensità per gli scenari corrispondenti ai periodi di ritorno di 30, 100, 300 anni e, se necessario, per eventi estremi,
- rapporto tecnico con i necessari calcoli, modelli e spiegazioni,
- per i processi di crollo e di scivolamento di grandi dimensioni occorre allegare i profili o le traiettorie,
- carte dei pericoli con i 5 gradi di pericolo e i perimetri di studio.

S3: Requisiti per l'elaborazione di progetti tecnici o studi di dettaglio

S3; scala 3

I progetti tecnici e i processi complessi richiedono un'elaborazione più approfondita rispetto alla stesura di una carta dei pericoli. Un tale studio dettagliato può essere svolto per un progetto di premunizione, per il suo dimensionamento, per grossi rischi o versanti particolarmente pericolosi. Il livello S3 deve essere applicato nell'ambito di una perizia anche per valutazioni complesse ed eventualmente controverse. Di solito,

per una carta dettagliata viene impiegata una scala 1:5000 o superiore. I progetti di costruzione, in particolare quelli che concernono le opere di protezione, vengono rappresentati in scala 1:2000 o con maggior dettaglio.

Per i progetti tecnici (S3) sovvenzionati dalla Confederazione sono richiesti, oltre a tutti i documenti della carta dei pericoli (S2), anche prodotti supplementari, stabiliti caso per caso tenendo conto del livello di rischio:

- il modello geologico comprendente le caratteristiche dei materiali;
- il modello idrogeologico, quando l'acqua ha un influsso determinante;
- i dati quantitativi su spostamenti, velocità e deformazioni di taglio;
- l'attuazione di sondaggi in caso di scivolamenti profondi che generano un rischio elevato;
- i risultati delle modellizzazioni di processi di crollo, comprese le energie e le altezze di caduta nel luogo di posizionamento delle opere di protezione (per il loro dimensionamento);
- le modellizzazioni dei processi di scivolamento e colata;
- la valutazione quantitativa dell'effetto delle opere di protezione;
- la carta d'intensità e la carta dei pericoli prima e dopo l'adozione delle misure.

2.6 Prodotti cartografici dei pericoli

Per gestire i rischi occorre innanzitutto descrivere e valutare i pericoli. I principali prodotti della valutazione dei pericoli sono le carte d'intensità e le carte dei pericoli. Questi documenti costituiscono la base per la successiva verifica della necessità d'intervento, l'analisi del rischio (cap. 3) e la pianificazione delle misure (cap. 4) (cfr. anche riquadro).

Le carte dei pericoli sono una rappresentazione spaziale dei pericoli di movimenti di versante e della conseguente minaccia per la vita umana, i beni materiali, l'ambiente e altri valori. Assieme alle carte d'intensità e ad altri documenti, sono uno strumento indispensabile per indicare i pericoli alle autorità e ai diretti interessati, affinché possano verificare la necessità d'intervento e adottare i provvedimenti più adeguati (attuazione di misure preventive, gestione di eventi straordinari ecc.).

L'analisi dei pericoli deve essere affidata a esperti qualificati. Gli uffici cantonali preposti ai pericoli naturali sono responsabili dell'attuazione pratica. Si tratta di raccogliere e valutare numerosi documenti di base che riguardano non solo i processi accertati in una determinata area, ma anche quelli potenziali (cfr. cap. 2.10 «Definizione degli scenari»), ovvero eventi:

- documentati,
- non accertati nell'area in questione, ma avvenuti in zone o situazioni analoghe,
- che potrebbero verificarsi nell'area in questione sulla base della valutazione di tutti i criteri.

Di seguito sono descritti brevemente i prodotti importanti della valutazione dei pericoli.

2.6.1 Carta indicativa dei pericoli

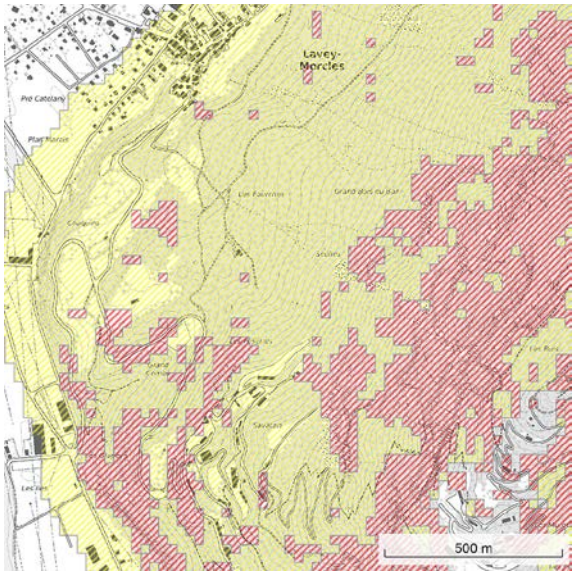
La carta indicativa dei pericoli fornisce un quadro sommario dei pericoli esistenti in una vasta area e riporta i luoghi potenzialmente esposti a una minaccia, senza indicare però alcun grado di pericolo (fig. 5). Le carte indicative sono allestite separatamente per ogni tipo di processo. Possono basarsi su documenti geoscientifici e su modelli di calcolo ed essere validate con il catasto degli eventi naturali. Queste carte possono presentare imprecisioni sulla delimitazione geografica e non riflettere in modo esatto la presenza di una minaccia. Il loro scopo è di fornire semplicemente delle indicazioni sui pericoli senza riportare fatti verificati. La carta indicativa dei pericoli viene utilizzata dove non esiste una carta dei pericoli vincolante (p. es. fuori dalle aree abitate) o per visioni d'insieme specifiche.

La carta indicativa dei pericoli permette di evidenziare, con un onere limitato, eventuali conflitti tra pericolo e utilizzazione del territorio.

- Scopo: base per la pianificazione direttrice cantonale, individuazione delle aree di conflitto, base per la valutazione delle domande di costruzione al di fuori del perimetro della carta dei pericoli, definizione delle priorità nell'elaborazione delle carte dei pericoli.
- Grado di approfondimento: basso, può contenere imprecisioni, senza verifica puntuale.
- Scala: da 1:10 000 a 1:50 000.
- Perimetro: per lo più a livello cantonale (o regionale o comunale).
- Aggiornamento: periodico, nell'ambito della pianificazione direttrice.

Fig. 5 > Carta indicativa dei pericoli per processi di crollo

La rappresentazione della carta indicativa dei pericoli può variare (p. es. distinguendo gli eventi documentati da quelli presunti o presentando i movimenti di versante modellizzati).



possibili aree di distacco

possibili aree di transito e di deposito

fonte: Canton Vaud, Projet CDN-VD, GEODE-DN

2.6.2 Carte d'intensità

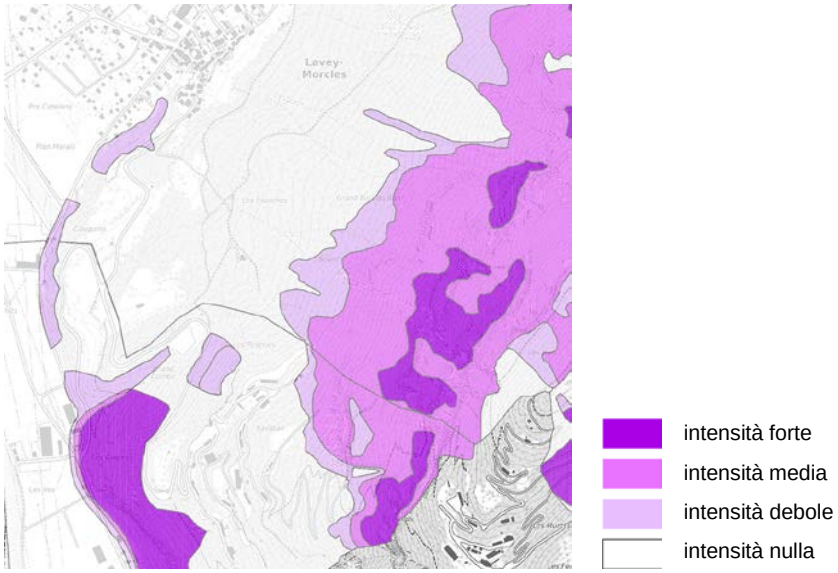
Le carte d'intensità (fig. 6) indicano le intensità previste per i vari processi di pericolo, per ogni classe di probabilità (alta, media, bassa, molto bassa). Per ogni processo di pericolo vengono stabiliti dei valori limite per la classificazione delle intensità. A seconda del processo si considerano parametri diversi per la stima dell'intensità (p. es. energie per il processo di crollo, cfr. cap. 2.9).

Le carte d'intensità rappresentano quindi la base per l'elaborazione delle carte dei pericoli, ma hanno anche molte altre possibilità di applicazione. Le energie e la loro distribuzione spaziale, per esempio, possono servire a scegliere il dimensionamento delle opere di protezione (capacità di assorbimento dell'energia, ubicazione adatta ecc.).

- Scopo: base per l'allestimento delle carte dei pericoli e per le analisi del rischio (EconoMe); strumento per la pianificazione delle misure di emergenza, protezione degli oggetti e progettazione delle misure di protezione.
- Contenuto: intensità suddivise in 4 classi (forte, media, debole, nulla) per ogni scenario.
- Livello di approfondimento: elevato (analogo alla carta dei pericoli).
- Scala: da 1:2000 a 1:10 000 (analoga alla carta dei pericoli).
- Perimetro: regione, Comune (comprensori, come nella carta dei pericoli).
- Aggiornamento: come nella carta dei pericoli.

Fig. 6 > Carta d'intensità per caduta di sassi

Periodo di ritorno 100 anni.



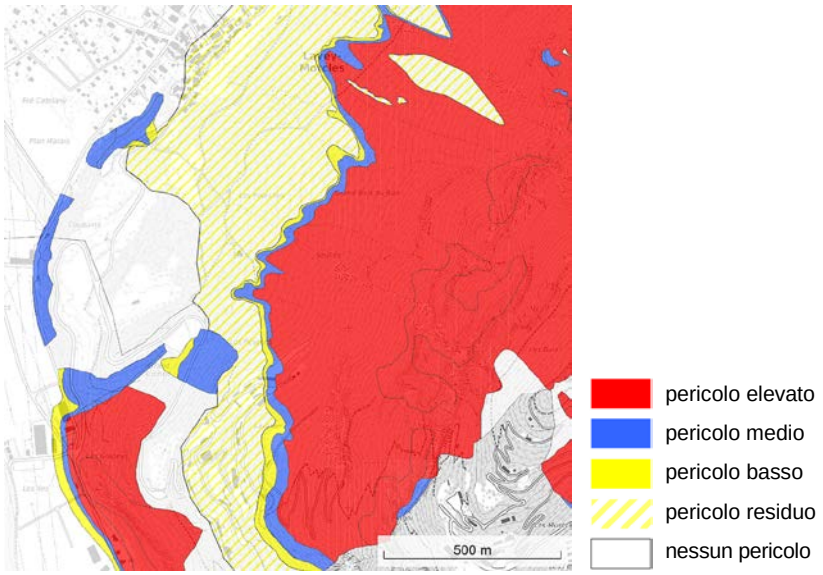
fonte: Canton Vaud, Projet CDN-VD, GEODE-DN

2.6.3 Carte dei pericoli

Le carte dei pericoli e i rispettivi rapporti tecnici contengono informazioni dettagliate sulle cause, sull'evoluzione dei fenomeni, l'estensione areale, l'intensità e la probabilità dei pericoli naturali (fig. 7). Questi documenti sono vincolanti per le autorità. Le carte dei pericoli fungono in primo luogo da base tecnica per tener conto dei pericoli naturali nell'elaborazione dei piani di utilizzazione comunali (piani regolatori). Sono però importanti anche per la scelta e la progettazione delle misure di protezione degli oggetti e per la pianificazione delle misure di emergenza. Le carte dei pericoli non indicano tuttavia quali rischi sono associati ai processi illustrati.

- Scopo: base per un'adeguata utilizzazione del territorio, per la delimitazione delle zone pericolose nei piani regolatori, per la formulazione di norme costruttive e per la pianificazione delle misure.
- Contenuto: informazioni precise sui tipi di pericolo, estensione spaziale delle zone di pericolo e gradi di pericolo (5 gradi, definiti in base all'intensità e alla probabilità); documentazione dettagliata.
- Grado di approfondimento: elevato, delimitazioni molto precise (precisione catastale).
- Scala: da 1:2000 a 1:10 000.
- Perimetro: regione, Comune o comprensori (il perimetro di studio deve essere definito nel modo più ampio possibile in ottica di prevenzione futura).
- Aggiornamento: periodico, per esempio nell'ambito della revisione del piano regolatore; quando la situazione di pericolo cambia notevolmente (p. es. dopo la realizzazione di misure di protezione o mutate condizioni naturali); quando metodologie e documentazione nuove consentono di migliorare sensibilmente la valutazione dei pericoli; dopo eventi (cambiamenti di scenario o di valutazione degli effetti).

Fig. 7 > Carta dei pericoli per processi di crollo



fonte: Canton Vaud, Projet CDN-VD, GEODE-DN

Modellizzazione dei dati e pubblicazione delle carte dei pericoli

Per garantire un'informazione ottimale dei diretti interessati e della popolazione sui pericoli esistenti, i Cantoni rendono accessibili al pubblico, in forma adeguata, i documenti di base sui pericoli (art. 15 cpv. 4 OFo).

Modello di geodati:

- *«Carte dei pericoli» con l'identificatore 166.1 (corrisponde ai prodotti carta indicativa dei pericoli, carta d'intensità e carta dei pericoli, cap. da 2.6.1 a 2.6.3).*

Informazioni supplementari

- *www.bafu.admin.ch/pericoli-naturali > Pericoli naturali: Informazioni per gli specialisti > Pericoli naturali e utilizzazione del territorio > Documentazione sui pericoli > Carte dei pericoli, carte d'intensità e carte indicative dei pericoli*
- *Modelli di dati: www.bafu.admin.ch/geodatenmodelle, compreso modello di dati cartografia dei pericoli naturali, UFAM 2015.*

2.7 Valutazione dei pericoli con il diagramma intensità-probabilità

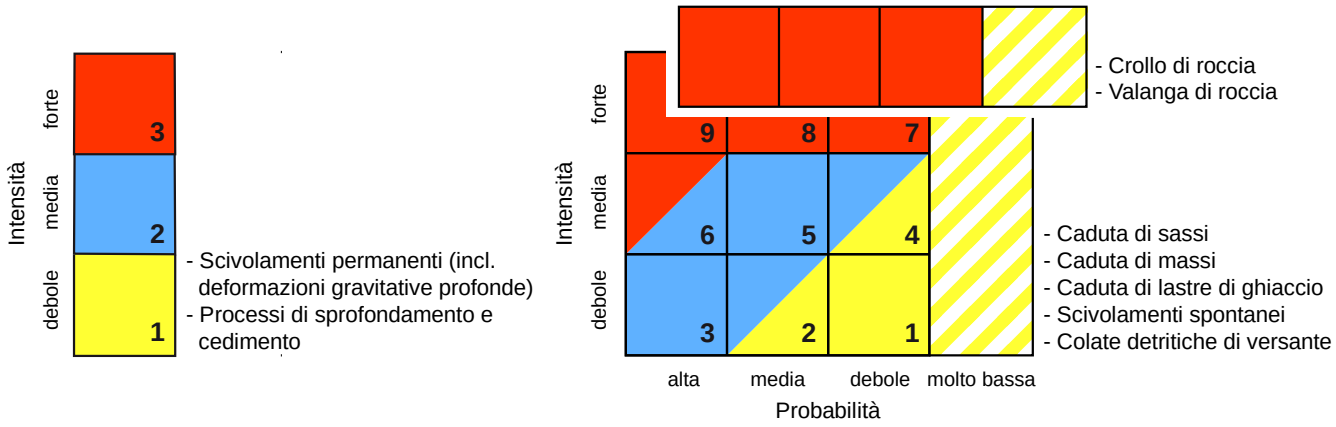
L'elaborazione della carta dei pericoli è stata notevolmente influenzata dagli obiettivi della pianificazione del territorio e la carta contiene pertanto solo tre gradi di pericolo e una zona di pericolo residuo con una probabilità di accadimento molto bassa. Una zona esaminata che non presenta alcun pericolo sarà raffigurata in bianco sulla carta. La suddivisione dei gradi di pericolo si basa su criteri omogenei riferiti alle possibili conseguenze sulle persone e sui beni materiali. L'obiettivo è di valutare alla stessa stregua tutti i processi di pericolo naturale, una metodologia assolutamente indispensabile per adottare in modo coordinato le misure di pianificazione del territorio, per programmare le opere di protezione e comunque in un ambito più globale. I criteri generali vengono valutati in modo uniforme per le valanghe, le piene e i pericoli di movimenti di versante (cfr. UFEA et al. 1997, UFF e SNV 1984).

Per definire il grado di pericolo vengono determinati, per ogni processo, i parametri intensità e probabilità (o periodo di ritorno). I due parametri vengono combinati nel diagramma intensità-probabilità, detto anche diagramma dei gradi di pericolo (fig. 8). Il diagramma, con le sue nove caselle, viene impiegato per i movimenti di versante spontanei. Per gli scivolamenti permanenti e gli sprofondamenti è utilizzato un diagramma con tre caselle (senza probabilità). La differenza tra processi di scivolamento permanenti e spontanei è spiegata come segue.

I processi spontanei sono fenomeni che si manifestano all'improvviso, senza alcun segnale premonitore né indizio di velocità elevate. Alcuni esempi di movimenti spontanei sono i processi primari (che si verificano per la prima volta), le riattivazioni o i crolli parziali, che hanno origine in una zona di distacco o in una zona frontale e presentano un'attività elevata. A questi eventi può essere attribuita una probabilità di accadimento. Per i processi permanenti (continui) non è necessaria la suddivisione in colonne con diverse probabilità perché la probabilità è sempre pari al 100 per cento. Negli scivolamenti permanenti si possono osservare delle variazioni di velocità (accelerazione, rallentamento) che nella valutazione dei pericoli sono considerate secondo i criteri d'intensità (fig. 11).

Fig. 8 > Diagramma intensità-probabilità per processi permanenti (sinistra) e movimenti di versante spontanei (destra)

Il processo caduta di ghiaccio è valutato in modo analogo alla caduta di sassi con il diagramma a destra. Le deformazioni gravitative profonde di versante, così come gli scivolamenti permanenti, sono trattate secondo la definizione nell'allegato A2, ovvero con il diagramma di sinistra. Per sprofondamenti e cedimenti (comprese le doline), si prevede una suddivisione in tre classi: debole, media e forte; in analogia con le classi d'intensità degli scivolamenti permanenti i gradi di pericolo gialli, blu e rossi sono determinati con il diagramma di sinistra. Per maggiori spiegazioni si veda nel testo e nei capitoli successivi.



I gradi di pericolo indicano il livello di pericolo per le persone, gli animali, gli edifici, le infrastrutture e i beni materiali considerevoli, fermo restando che, in generale, la sicurezza degli esseri umani è maggiore all'interno degli edifici rispetto all'esterno.

Tab. 1 > Significato dei gradi di pericolo

Per la trasposizione nella pianificazione territoriale si rinvia all'allegato 4 (tab. 6) e alla pubblicazione «Raumplanung und Naturgefahren» (ARE et al. 2005).

	Grado di pericolo	Significato
	Rosso: pericolo elevato	• Le persone sono in pericolo sia all'esterno che all'interno degli edifici. • Si prevede l'improvvisa distruzione di edifici. oppure: • Gli eventi si manifestano con minore intensità, ma con maggiore probabilità. In questo caso le persone sono in pericolo soprattutto all'esterno degli edifici e questi ultimi subiscono danni rilevanti o diventano inagibili.
	Blu: pericolo medio	• Il pericolo per le persone è pressoché nullo all'interno degli edifici, mentre sussiste all'esterno. • In questa zona si prevedono danni agli edifici, ma non una distruzione improvvisa, a patto che siano rispettati determinati vincoli edili.
	Giallo: pericolo ridotto	• Il pericolo per le persone è pressoché nullo. • Si prevedono lievi danni agli edifici o impedimenti.
	Giallo a strisce bianche: pericolo residuo	• Segnalazione utilizzata per contrassegnare i pericoli con una probabilità di accadimento molto bassa. La zona gialla a strisce bianche è una zona di sensibilizzazione con un pericolo o rischio residuo. • Le zone di sensibilizzazione devono essere delimitate in modo restrittivo tenendo conto delle specificità dei processi e del potenziale di danno.
	Bianco	• Pericolo nullo o trascurabile sulla base delle conoscenze attuali.

In linea di massima, i gradi di pericolo sono determinati separatamente per ogni fonte di pericolo e ogni processo, i quali sono da indicare sulla carta dei pericoli con una sigla. Per i movimenti di versante vengono utilizzate le seguenti abbreviazioni:

> caduta di sassi, blocchi e massi: CS;
> crollo di roccia: CR;
> valanga di roccia: VR;
> scivolamento superficiale: SS:
> scivolamento mediamente profondo: SM;
> scivolamento profondo: SP;
> colata detritica di versante: CV;
> sprofondamento e cedimento (comprese le doline): SU

La dinamica degli scivolamenti può essere specificata con una sigla aggiuntiva: permanente (P) o spontaneo (S).

Oltre alle abbreviazioni dei processi viene indicato il numero della casella nel diagramma intensità-probabilità (cifre 1–9 nel diagramma, o 1–3 per gli scivolamenti permanenti e gli sprofondamenti [cfr. fig. 8]). La sigla «SP8» significa quindi: scivolamento profondo a forte intensità e media probabilità (casella 8).

Se una superficie è minacciata contemporaneamente da diversi pericoli, per la carta dei pericoli è determinante il grado di pericolo più elevato. I gradi di pericolo non vengono però sommati per definire un livello di pericolo superiore. Esempio: un pericolo medio (blu) di colata detritica e un altro pericolo medio (blu) di scivolamento danno un grado di pericolo medio (blu) e non elevato (rosso). Il motivo è che la concomitanza di diversi pericoli non aumenta di solito il pericolo di ogni singolo processo e che inoltre è possibile adottare misure protettive specifiche per ogni processo. La sovrapposizione di diversi pericoli aumenta invece la probabilità di danno e quindi il rischio. Bisogna infine considerare anche l'effetto dell'interazione dei diversi processi sull'intensità.

2.8 Criteri per la valutazione della probabilità

Con il metodo qui illustrato è possibile attribuire una probabilità d'accadimento a ogni processo. Il termine periodo di ritorno è molto diffuso nel settore della protezione contro le piene e le valanghe. Per i movimenti di versante si utilizza il concetto di probabilità di accadimento annua. Dal punto di vista matematico i due termini sono reciproci:

$$P_y = 1/T$$

P_y = probabilità di accadimento annua
T = periodo di ritorno

La probabilità di accadimento annua è un valore statistico che descrive il verificarsi di un evento. Un P_y di 0,033 significa quindi che l'evento in esame si manifesta con una probabilità del 3,3 per cento nell'arco di un anno o in media una volta ogni 30 anni. Analogamente ai periodi di ritorno usati nella protezione contro le piene e le valanghe (30, 100, 300 e >300 anni), per i movimenti di versante sono utilizzate in generale le probabilità annue di accadimento (0,033; 0,01; 0,003; <0,003). In relazione ai cambiamenti climatici si prevede una variazione delle quantità e delle intensità delle precipitazioni e un aumento delle temperature. Nella misura del possibile, occorrerà pertanto tenere conto di questi mutamenti, così come dello scioglimento di ghiaccio in ambiente glaciale e periglaciale (ad es. permafrost). Partendo dalla probabilità di accadimento annua si può calcolare la probabilità di accadimento in un determinato periodo di tempo (p. es. durata del ciclo di vita di un edificio):

$$P_n = 1 - (1 - P_y)^n$$

dove: n = *durata*
P_y = *probabilità di accadimento annua*
P = *probabilità di accadimento*

La valutazione delle probabilità nei processi di movimenti di versante può essere eventualmente migliorata con il controllo e il monitoraggio (cap. 4). Grazie alla loro dinamica, le masse rocciose di grandi dimensioni e profondità si prestano particolarmente a fornire importanti informazioni sulla probabilità e sull'evoluzione.

Tab. 2 > Rapporto tra probabilità di accadimento e periodo di ritorno

Probabilità di accadimento

probabilità di accadimento in 50 anni	probabilità di accadimento descrittiva
da 100 a 82 %	alta
da 82 a 40 %	media
da 40 a 15 %	bassa
<15 %	molto bassa

Periodo di ritorno

periodo di ritorno in anni	periodo di ritorno descrittivo
<30	frequente
da 30 a 100	medio
da 100 a 300	raro
>300	molto raro

2.8.1 La probabilità nei processi di crollo

Per i movimenti di versante, l'analisi degli eventi storici ha un'importanza relativa nella determinazione della probabilità di accadimento annua. Per gli eventi gravitativi di modesta entità, come la caduta di sassi, blocchi e massi, un metodo valido per la determinazione empirica della probabilità è costituito dall'analisi della produzione di materiale detritico nella zona di deposito. Per gli eventi di maggiore entità, come i crolli di roccia o le grandi frane, la probabilità di accadimento deve essere invece stimata in base alle proprietà delle zone di distacco potenziali. Per la valutazione delle probabilità, i geologi identificano pertanto i processi con uno sviluppo simile e determinano i meccanismi di rottura. Anche a questo proposito è importante tenere conto delle mutate condizioni (ritiro dei ghiacciai, drenaggi, aumento delle temperature ecc.).

Nella prassi della cartografia dei pericoli, la probabilità dei processi di crollo può essere ricavata da varie informazioni:

- la valutazione della probabilità di rottura o di un'accelerazione della massa rocciosa si basa su un'analisi geologica della roccia nella zona di origine o di distacco. Questa fase di lavoro include un'analisi strutturale e il rilevamento delle zone di disturbo;
- il rilievo dei testimoni muti sul cono detritico o nella zona di deposito permette, con l'aiuto del catasto degli eventi naturali, di attribuire gli elementi litoidi caduti a una classe di probabilità.

Tutte le osservazioni e le informazioni concorrono alla definizione degli scenari.

2.8.2 La probabilità nei processi di scivolamento

Negli scivolamenti permanenti, la probabilità di accadimento corrisponde a 1 (ovvero 100 %), ossia l'evento è già in atto. Di conseguenza, per la valutazione del pericolo si raccomanda, in una prima fase, di rilevare la velocità media pluriennale. Nella seconda fase occorre includere l'aumento di velocità (v_{max}). Le variazioni di velocità dipendono da diversi fattori, tra i quali le precipitazioni, il livello della falda di versante, il meccanismo di scivolamento, la profondità e il volume. Con l'aumentare dei volumi, della profondità e della circolazione delle acque sotterranee aumenta anche il lavoro di analisi e diminuisce la possibilità di ottenere una valutazione globale esaustiva.

Negli scivolamenti attivi, gli aumenti della velocità di scivolamento sono solitamente rari (P_y = 0.01) o molto rari (P_y = 0.003). Bisogna però considerare gli sviluppi o gli scenari sfavorevoli (frattura spontanea «first move», «second move», la concomitanza di piena e scivolamento ecc.). Durante l'accelerazione, uno scivolamento può estendersi e mobilizzare masse rocciose fino a quel momento labili o inattive. Le accelerazioni e le riattivazioni degli scivolamenti sono possibili soprattutto in presenza di un forte aumento della pressione idrica nei pori o nelle discontinuità. Con una carta dettagliata dei fenomeni si possono localizzare in buona misura tali pericoli (Raetzo H. e Rickli C. 2007). Per i terreni sciolti non ancora scivolati, ma in un equilibrio critico, la probabilità di un'instabilità può essere valutata con calcoli e modelli (scivolamenti potenziali). Nelle rocce compatte bisogna basarsi invece su ipotesi geomeccaniche.

Un caso di scivolamento attivo particolare si ha quando si forma una rottura secondaria «spontanea» al fronte, che corrisponde a un'accelerazione importante di una parte della massa. Questi processi rapidi sono descritti nel prossimo paragrafo. Nella valutazione degli scenari di accelerazione occorre considerare un eventuale ampliamento dello scivolamento, la formazione di superfici di scivolamento secondarie e l'aumento dei movimenti differenziali.

Gli scivolamenti spontanei possono:

- essere rotazionali o traslazionali, da superficiali a profondi, che si verificano in modo rapido e spontaneo, senza segni premonitori e movimenti pregressi. Negli episodi di maltempo degli ultimi anni, questi processi spontanei si sono manifestati spesso dopo picchi di precipitazioni. Il volume di queste masse può raggiungere 100 000 m³. Per determinare la probabilità di scivolamenti superficiali («first move»), che proseguono sotto forma di colate detritiche di versante («second move»), può essere applicato il metodo descritto nella fig. 9;
- interessare parte di uno scivolamento profondo che, per esempio in corrispondenza del fronte molto acclive, si rompe o scivola spontaneamente per effetto di elevate velocità o erosione fluviale. La probabilità di una tale rottura dipende dalle caratteristiche geotecniche, dalla velocità dello scivolamento principale, dalle condizioni idrogeologiche e dal tasso di erosione dell'alveo sottostante. Di solito, durante gli scivolamenti spontanei, si attiva un (nuovo) piano di scivolamento secondario. Il volume di questi processi può raggiungere in casi rari alcuni milioni di metri cubi. L'energia di tali eventi e il loro impatto sugli edifici sono paragonabili a quelli dei crolli di roccia.

La probabilità di accadimento indica se un cambiamento di situazione è suscettibile di attivare uno scivolamento. La probabilità di una riattivazione dello scivolamento dipende in grande misura dalle condizioni meteorologiche. Un lungo periodo di precipitazioni, eventualmente in concomitanza con lo scioglimento delle nevi, può riattivare uno scivolamento inattivo.

Un caso particolare di scivolamento inattivo è rappresentato dai potenziali processi di scivolamento in punti in cui in precedenza non si segnalava alcun movimento. In seguito a intemperie possono verificarsi scivolamenti improvvisi o «spontanei» in versanti fino a quel momento inattivi («first move»). La suscettibilità agli scivolamenti superficiali può essere valutata sul terreno con una carta dei fenomeni, valutando la pendenza del versante, con un'analisi del materiale sciolto e tenendo conto delle condizioni idrogeologiche del versante (cfr. anche cap. 2.3.4).

2.8.3 La probabilità nei processi di colata

Le colate detritiche di versante possono manifestarsi come processo iniziale («first move») o secondario («second move»). La probabilità di accadimento e la predisposizione nella zona d'insorgenza sono quindi simili a quelle degli scivolamenti spontanei superficiali e mediamente profondi (cfr. cap. 2.8.2). Lo spessore della massa mobilizzabile si situa di regola tra 0,5–3 m e, anche se di rado, può raggiungere una decina di metri.

Per le colate detritiche, la predisposizione e l'area interessata da eventuali processi sono determinate in base a rilievi di terreno e a modellizzazioni. L'analisi viene condotta su zone geologicamente uniformi, in cui le caratteristiche dei terreni sciolti sono omogenee o paragonabili. Si tratta di esaminare soprattutto le proprietà geotecniche e secondariamente quelle stratigrafiche. Il metodo qui descritto (fig. 9) si basa sui lavori condotti dal gruppo di lavoro «Geologia e pericoli naturali» (mandato UFAG all'AGN 2004) e fornisce degli elementi per la valutazione della probabilità di rottura in una potenziale area di distacco. Nell'analisi dei pericoli è importante rilevare eventi pregressi di colata detritica di versante nell'area esaminata. In mancanza di eventi pregressi, per unità geologiche simili si possono utilizzare, come valore indicativo, i dati di regioni vicine o di altre fonti.

I processi di colata possono essere trattati a tappe:

Determinazione del perimetro di studio **Fase 1**

Il perimetro di studio è stabilito in funzione di criteri geologici, al fine di definire una predisposizione omogenea. A tale scopo si individuano zone geologicamente uniformi e omogenee. Bisogna distinguere innanzitutto tra materiale sciolto e roccia in posto, perché spesso è il terreno di copertura ad essere mobilizzato. In tale ambito occorre tener conto delle proprietà geotecniche (p. es. granulometria, angolo di attrito, coesione, plasticità).

Catasto degli eventi naturali e cartografia dei fenomeni **Fase 2**

Il catasto degli eventi naturali fornisce informazioni sulle colate detritiche di versante documentate e sugli scivolamenti superficiali. In questa fase vengono rilevati e valutati eventi pregressi nell'area esaminata (testimoni muti presenti in loco, indizi di instabilità del terreno, interviste alla popolazione locale).

Le analisi degli eventi di maltempo hanno mostrato che oltre il 70 per cento delle aree colpite presentava tracce di eventi pregressi. Per la valutazione del pericolo di colata detritica di versante è pertanto indispensabile osservare in modo accurato il terreno.

Determinazione delle pendenze nelle aree di distacco **Fase 3**

I risultati della fase 2 vengono interpretati statisticamente, analizzando la frequenza delle colate detritiche di versante in funzione della pendenza delle relative aree di distacco geologicamente omogenee (fig. 10). In questo modo si ricava la pendenza

media del versante α_m per l'innesco di una colata detritica e la sua deviazione standard (σ). Se il calcolo statistico delle pendenze medie si basa su un numero insufficiente di rilevamenti, per unità geologiche simili si possono utilizzare, come valore indicativo, i dati di regioni vicine.

In generale, una zona esaminata presenta una predisposizione alle colate detritiche di versante quando denota pendenze superiori a 20° e proprietà geologiche sfavorevoli. In casi geologici particolari, l'inclinazione può anche essere inferiore a 20° (eccezioni).

Determinazione dei fattori favorevoli all'innesco Fase 4

Sono diversi i fattori che favoriscono l'innesco di colate detritiche di versante. Il loro influsso deve essere verificato di caso in caso. Questo esame, meramente qualitativo, distingue tra influsso importante, ridotto o nullo. La valutazione e la ponderazione dei fattori considerati devono essere spiegate nel rapporto tecnico allegato alla carta dei pericoli. La presenza di movimenti di versante attivi o pregressi e i potenziali influssi idrogeologici (grado di saturazione, pressione interstiziale, forza di percolazione) rivestono grande importanza.

Possibili fattori favorevoli all'innesco:

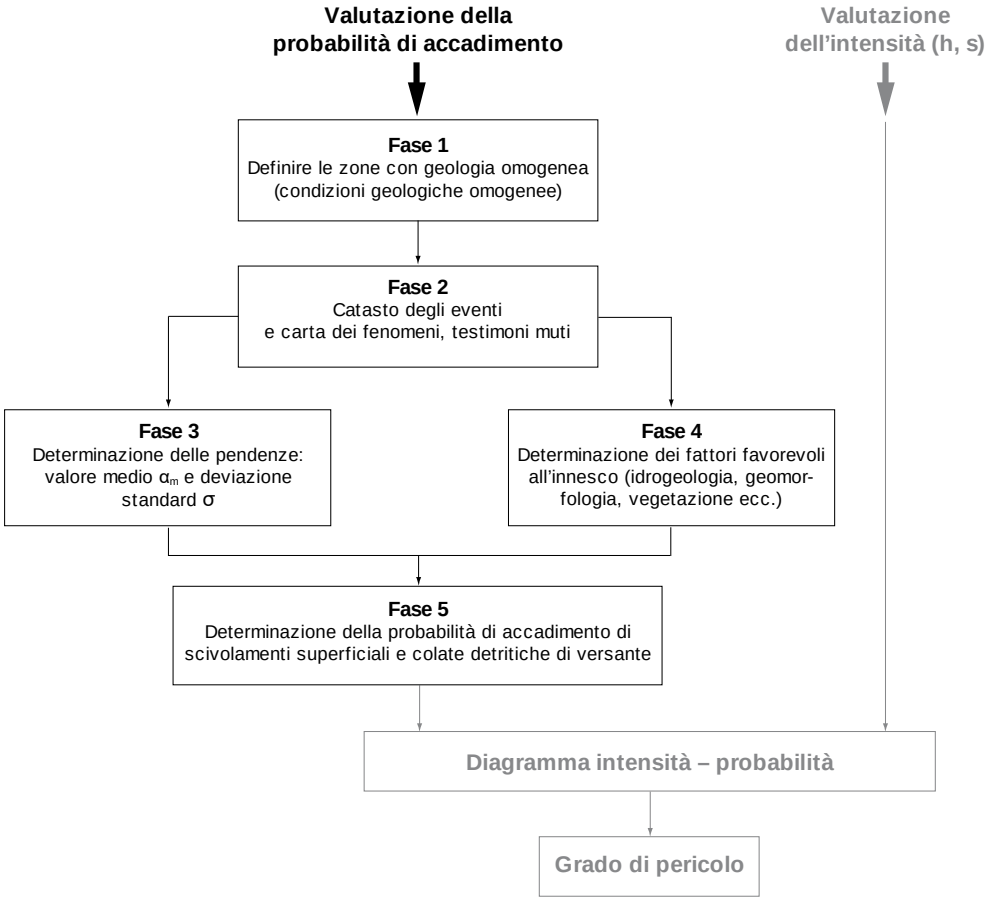
- presenza in un'area interessata da scivolamenti permanenti: variazione della pendenza del versante e delle condizioni di circolazione dell'acqua dovuti a movimenti continui;
- forme del terreno: per esempio il passaggio da terreni piani a terreni ripidi (variazioni di pendenza) o avvallamenti;
- variazioni di permeabilità in prossimità della superficie: presenza di un orizzonte impermeabile (p. es. substrato roccioso) o strati poco permeabili all'interno di materiali più permeabili;
- condizioni idrogeologiche: fuoriuscita di acqua dal versante, risorgive, zone umide, afflusso d'acqua dalla roccia al materiale sciolto (p. es. afflusso di acqua carsica, circolazione di acqua in fessura);
- condizioni idrologiche: zone umide, afflussi d'acqua nel materiale sciolto, presenza a monte di una zona interessata da ruscellamento superficiale o da falda di versante;
- caratteristiche della superficie o uso del suolo: distinzione tra terreno aperto/boschivo, superfici di erosione aperte, pascoli con danni da costipamento, camminamenti da pascolo, danni forestali (tempeste, bostrico), zona boschiva sfavorevole (p. es. bosco vecchio) ecc.;
- influssi antropici: afflusso d'acqua da superfici impermeabili (p. es. strade, quartieri abitati, terreni compattati, ecc.), troppopieni di sorgenti o di captazioni d'acqua, drenaggi difettosi, intagli ripidi nel versante ecc.

Determinazione della probabilità di innesco nelle aree di distacco Fase 5

La probabilità d'innesco di colate detritiche di versante viene determinata in base alle pendenze e all'influsso dei fattori favorevoli all'innesco. Inoltre possono essere utilizzati altri metodi (cfr. allegato A3).

Fig. 9 > Fasi di valutazione della probabilità di occorrenza di colate detritiche di versante

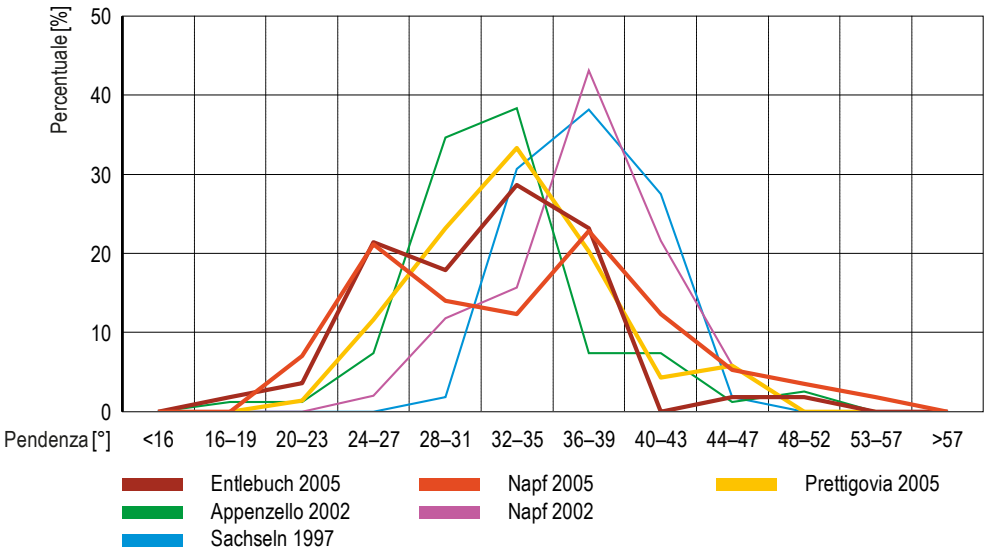
Per determinare il grado di pericolo occorre valutare anche l'intensità (cfr. cap. 2.9).



Le possibili zone di arresto sono valutate con l'ausilio di altri approci. Il confronto con eventi ben documentati si presta a questo scopo. La zona di invasione, così come la probabilità che un determinato oggetto sia colpito da una colata detritica di versante, possono essere calcolate anche sulla base di modellizzazioni.

Fig. 10 > Percentuale degli scivolamenti superficiali per classe di pendenza nell'area di distacco

I dati provengono dalle regioni Appenzello, Napf, Sachseln, Entlebuch e Prettigovia (Raetzo e Rickli 2007). I dati relativi alle pendenze sono sempre stati rilevati dopo eventi di maltempo. Il valore medio di tutti gli scivolamenti si attesta intorno a 32°, la distribuzione delle pendenze varia da 16° a 57°. Nella molassa, per esempio, sussiste una probabilità di innesco se la pendenza critica è superiore a 22° e i fattori di innesco hanno un influsso determinante. In alcune zone si osservano casi isolati di pendenze inferiori a 20°.



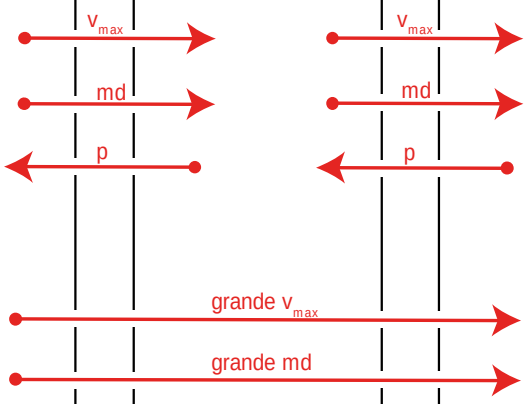
2.9 Criteri per la valutazione dell'intensità

I valori limite tra le diverse classi di intensità (forte, media e debole) sono stabiliti in base a caratteristiche fisiche proprie dei diversi processi. I criteri quantitativi così utilizzati si riferiscono generalmente alla zona dove il processo si sviluppa, ossia alla zona minacciata (dove è presente un potenziale di danno). Una parete di cemento fortemente armato può assorbire, per esempio, circa 300 kJ. Tuttavia, queste indicazioni quantitative non sono sempre disponibili, o la loro risoluzione spaziale o temporale non è ideale. In questi casi è compito delle autorità e degli specialisti formulare ipotesi adeguate e proporre delle semplificazioni.

Fig. 11 > Criteri per la determinazione delle intensità

Abbreviazioni, spiegazioni e note riportate nei riquadri seguenti:
E = Energia cinetica [kJ],
v = Velocità media di scivolamento (pluriennale) [cm/anno],
v_{max} = Velocità massima di scivolamento [cm/anno],
md = Movimenti differenziali nell'arco della durata di utilizzazione di un edificio [cm/10 m],
p = Profondità del piano di scivolamento, spessore dello scivolamento [m],
s = Spessore della massa mobilizzabile [m],
h = Spessore del deposito delle colate detritiche di versante o degli scivolamenti [m].

Processo	Intensità debole	Intensità media	Intensità forte
1. Processi di crollo - Caduta di sassi e massi - Crollo di roccia - Valanga di roccia	E <30 kJ -- --	30 kJ < E <300 kJ -- --	E >300 kJ E >300 kJ E >300 kJ
2. Processi di scivolamento 2.1. Scivolamenti attivi, continui, permanenti (anche processi nel permafrost)	v ≤2 cm/anno	2 cm/anno < v <10 cm/anno	v >10 cm/anno
2.2 Scivolamenti spontanei	s <0.5 m	0.5 m < s <2 m h <1 m	s >2 m h >1 m
3. Processi di colata Colate detritiche di versante	s <0.5 m; Deposito (h) nell'ordine dei decimetri	0.5 m < s <2 m h <1 m	s >2 m h >1 m
4. Processi di sprofondamento, cedimento (p.es. doline)	Doline potenzialmente presenti o rocce soggette a dissoluzione	Doline presenti, accertate	Doline e pericolo di sprofondamento sono accertati



E = Energia cinetica [kJ]

> *30 kJ possono essere assorbiti da una traversina ferroviaria in legno di quercia.*
> *300 kJ possono essere assorbiti da una parete massiccia di cemento armato.*
> *E>300 kJ non possono essere assorbiti da un muro normale in cemento armato.*

v_{max} = Velocità massima di scivolamento [cm/anno]

> *Un'accelerazione degli scivolamenti comporta una minaccia maggiore e, di conseguenza, anche un grado di pericolo più elevato. v_{max} corrisponde alla velocità massima durante una fase di accelerazione o dopo una riattivazione. Definizioni: v_{max30} è riferita a un evento con un periodo di ritorno di 30 anni; v_{max100} a un evento con un periodo di ritorno di 100 anni; v_{max300} a un evento con un periodo di ritorno di 300 anni.*
> *Variazioni della velocità di scivolamento (v_{max}) che inducono incrementi di un grado di intensità (freccia corta): $v_{max30} >$ ca. 20 cm/anno o $v_{max100} >$ ca. 40 cm/anno o $v_{max300} >$ ca. 50 cm/anno.*
> *Variazioni della velocità di scivolamento (v_{max}) che inducono l'incremento di due gradi d'intensità, per passare da un'intensità debole a un'intensità forte (freccia lunga «v_{max} elevata»): $v_{max30} >$ ca. 50 cm/anno o $v_{max100} >$ ca. 70 cm/anno o $v_{max300} >$ ca. 80 cm/anno.*

Se l'accelerazione viene misurata per esempio sull'arco di un trimestre, la corrispondente velocità annua deve essere calcolata moltiplicando per quattro la variazione misurata in un trimestre. Lo stesso metodo deve essere applicato per analogia alle variazioni misurate su un semestre o tre trimestri.

Per la cartografia dei pericoli di vasti territori (S2) spesso non sono disponibili dati misurati e precisi di v e v_{max}. Anche gli studi dettagliati (livello S3) o l'analisi degli scivolamenti noti non possono sempre avvalersi di dati risultanti da misurazioni geodetiche e delle relative informazioni. Le autorità cantonali e federali, così come i geometri, possono mettere eventualmente a disposizione i dati geodetici e le velocità (cfr. anche i dati INSAR dell'UFAM, allegato 3). Considerati i possibili sviluppi e gli influssi dei cambiamenti climatici, le potenziali accelerazioni possono essere definite anche come scenari non fondati su dati misurati. Le riattivazioni potenziali e le accelerazioni possono essere influenzate tra l'altro da precipitazioni, scioglimento della neve, infiltrazione d'acqua sotterranea e processi di erosione (p. es. l'erosione fluviale al piede dello scivolamento). La definizione degli scenari deve essere corredata di spiegazioni e giustificazioni.

md = movimenti differenziali

I movimenti differenziali sono misurati in base allo spostamento differenziale assoluto in centimetri, riferito a una larghezza uniforme di 10 metri [cm/10 m]. I loro valori si riferiscono alla durata di utilizzazione dell'edificio interessato e sono in relazione alla sua sicurezza strutturale ed efficienza (p. es. su circa 50 anni).

> *Movimenti differenziali che inducono l'incremento di un grado di intensità (freccia corta): md = 2–10 cm/10 m.*
> *Movimenti differenziali che inducono l'incremento di due gradi di intensità (freccia lunga, «grandi md): md >10 cm/10 m.*

p = profondità del piano di scivolamento (spessore dello scivolamento)

Per un declassamento dell'intensità (abbassamento di un grado di intensità), il piano di scivolamento rilevante (quello più superficiale) deve trovarsi almeno a 30 m di profondità e devono essere soddisfatte in modo cumulativo le tre seguenti condizioni:

1. *l'esistenza di una massa in movimento di grandi dimensioni, molto profonda e compatta;*
2. *la presenza di zone fenomenologicamente omogenee senza piani di scivolamento intermedi;*
3. *una dinamica di movimento uniforme nel tempo, attestata da misure geodetiche.*

Una riduzione dell'intensità in base alla profondità del piano di scivolamento è possibile se le velocità non superano 20 cm/anno e se sono soddisfatte le condizioni 1–3.

Processi di sprofondamento e di cedimento

> *In caso di presenza diffusa di doline, la formazione soggetta a dissoluzione deve essere contrassegnata con un ampio margine nella carta dei pericoli. Potenziale pericolo di doline → Grado di pericolo basso (giallo).*
> *Ai processi di sprofondamento e di abbassamento (p. es. in doline) viene attribuita una classe d'intensità media se sul terreno si osservano chiari indizi di presenza. I processi di dissoluzione dei terreni carsici provocano un abbassamento, che può essere rapido o molto lento. In questo caso la zona viene classificata con un grado di pericolo medio (blu).*
> *Se sussiste un pericolo di sprofondamento accertato, l'intensità risulta forte e le aree devono essere delimitate come aree a pericolo elevato (rosso). Le formazioni di gesso, ad esempio, sono molto esposte alla dissoluzione e, in caso di sprofondamento, possono essere attribuite alla zona di pericolo elevata.*

Il pericolo di sprofondamento diminuisce con lo spessore della coltre quaternaria, se quest'ultima presenta una litologia diversa e una buona resistenza (p. es. spessa coltre morenica).

La valutazione dei pericoli deve comprendere il perimetro accertato della dolina e può essere delimitata un'area di pericolo supplementare, per cautelarsi da eventuali instabilità secondarie ai suoi margini. Di regola, le zone con un'elevata presenza di doline sono da delimitare con un ampio margine.

2.9.1 Intensità e tipologie di danni associati ai processi di crollo

Forte intensità

L'impatto di elementi litoidi provoca danni rilevanti. Grosse fessure nelle strutture portanti, nonché muri e tetti squarciati possono causare un crollo totale o parziale dell'edificio. Le persone e gli animali sono in grave pericolo sia all'interno che all'esterno degli edifici. In caso di crollo vi è pericolo di morte. Le riparazioni sono possibili solo con ingenti spese. Spesso i danni strutturali sono tali da rendere inevitabile l'evacuazione e la demolizione dell'edificio. Il deposito del materiale crollato può causare uno sbarramento dei corsi d'acqua dietro al quale si forma un lago, con conseguente modifica delle condizioni di stabilità. L'instabilità dello sbarramento o i processi di erosione dovuti alla tracimazione possono provocare un pericolo di piena o di flusso detritico di grande entità nelle regioni a valle. I processi di crollo possono danneggiare o interrompere le infrastrutture di superficie (p. es. strade, linee elettriche).

Intensità media

La caduta di sassi provoca danni rilevanti, a seconda della costruzione, senza però pregiudicare la stabilità dell'edificio (a condizione che l'edificio sia costruito per resistere a tali eventi). Gli infissi vengono fortemente danneggiati o distrutti. Le persone e gli animali che si trovano nell'edificio non sono esposti a un pericolo di rilievo. I danni compromettono l'abitabilità dei locali. Di solito, le riparazioni sono possibili con spese ragionevoli. Il deposito del materiale crollato può provocare lo sbarramento di piccoli ruscelli. Le strade e le condotte superficiali possono essere danneggiate e interrotte per un breve periodo.

Debole intensità

I processi di crollo possono provocare buchi e perforazioni nei muri. Le persone e gli animali che si trovano nell'edificio non sono generalmente in pericolo. I processi di crollo di bassa intensità mettono tuttavia in pericolo le persone e gli animali che sono al di fuori degli edifici. Un impatto sulla testa può essere letale.

2.9.2 Intensità e tipologie di danni associati ai processi di scivolamento

Forte intensità

Forti modifiche morfologiche del terreno provocano notevoli movimenti differenziali nel sottosuolo e pregiudicano in misura considerevole la stabilità degli edifici. Crepe nelle strutture portanti degli edifici, cedimenti e ribaltamenti possono provocare un loro crollo totale o parziale. Gli infissi sono inutilizzabili. Le persone e gli animali che si trovano negli edifici sono in pericolo. In caso di crollo degli edifici vi è pericolo di morte. Le riparazioni sono possibili solo con ingenti costi. Spesso i danni strutturali sono tali da rendere inevitabile un'evacuazione e la demolizione dell'edificio. Le infrastrutture di superficie sono fortemente compromesse (p. es. strade interrotte, rottura di condotte). Non si esclude la possibilità che si formi un sbarramento dei corsi d'acqua con relativo invaso.

Intensità media

I movimenti del terreno provocano crepe e fessure nei muri, ma non negli elementi portanti, che garantiscono la stabilità di un edificio. La tenuta dei giunti e i collegamenti tra gli elementi costruttivi sono compromessi. Gli infissi si bloccano. Gli edifici possono inclinarsi sotto l'effetto di modifiche morfologiche del terreno. Le persone e gli animali che si trovano negli edifici non sono esposti a un pericolo di rilievo. I danni compromettono però l'abitabilità dei locali. Le infrastrutture presentano danni (p. es.

deformazione delle strade e delle condotte superficiali e sotterranee). I drenaggi possono intasarsi o rompersi.

Debole intensità

I movimenti lievi del terreno provocano danni limitati. La stabilità degli edifici non è compromessa. Di solito, le costruzioni rigide di grandi dimensioni non sono danneggiate. In generale, gli edifici possono inclinarsi sotto l'effetto di modifiche morfologiche del terreno. Le persone e gli animali non sono in pericolo.

2.9.3 Intensità e tipologie di danni associati ai processi di colata

L'intensità dei processi di colata è valutata in base ai seguenti parametri: lo spessore della massa mobilizzabile (s) e l'altezza del deposito (h). Come per le valanghe, sarebbe ipotizzabile tenere conto anche di altri parametri come la pressione di impatto.

Il significato delle classi d'intensità può essere descritta come segue:

Forte intensità

quando grandi masse di detriti, fango e legno mischiate ad acqua urtano contro le strutture portanti di un edificio possono provocare ingenti danni strutturali o l'improvvisa distruzione dell'edificio. Le persone e gli animali sono in grave pericolo a causa del rischio di crollo e inondazione. Le colate detritiche possono penetrare nell'edificio e rappresentare un pericolo per persone (attraverso porte, finestre, vetrate o punti strutturalmente deboli). Le riparazioni comportano spesso oneri ingenti. Notevoli modifiche morfologiche del terreno – con grandi superfici di erosione, deposito di detriti e inondazioni – possono interrompere, danneggiare o distruggere le infrastrutture (strade, condotte);

Intensità media

nonostante la modesta profondità, le colate detritiche sono pericolose a causa del materiale detritico trasportato. L'impatto di sassi e massi, combinato all'irruzione dell'acqua, può causare danni alla struttura esterna dell'edificio e al suo interno, senza però pregiudicarne la stabilità. Le colate detritiche di versante possono penetrare nell'edificio e rappresentare un pericolo per le persone (attraverso porte, finestre, vetrate o punti strutturalmente deboli). Sono in pericolo anche le persone e gli animali all'esterno. L'abitabilità dell'edificio può essere notevolmente compromessa. Il deposito di detriti, fango e legno può danneggiare e interrompere soprattutto le infrastrutture superficiali (p. es. strade). I tombini, le condotte e i sistemi di drenaggio possono essere ostruiti;

Debole intensità

praticamente si applica solo nella zona di arresto della colata detritica per bassi spessori di materiale detritico oppure per lo scorrimento di acqua. Danni lievi alla struttura esterna dell'edificio o al suo interno. La stabilità dell'edificio non è in alcun modo pregiudicata.

2.10 Definizione degli scenari

Uno scenario rappresenta un evento o una sequenza di eventi futuri possibili. I movimenti di versante serbano sempre delle sorprese per come impattano concretamente su una determinata area. Durante un evento si osservano processi completamente differenti, che improvvisamente si amplificano, si trasformano o si sviluppano in modo diverso dal previsto.

A causa della grande molteplicità e complessità dei processi, la valutazione dei pericoli deve basarsi su scenari in funzione della probabilità di occorrenza.

Insieme agli scenari vengono rappresentate anche le combinazioni di processi e le estensioni spaziali in regioni stabili e non colpite. Esempio: un'erosione laterale in un torrente provoca l'innesco di uno scivolamento; si forma uno sbarramento e un accumulo di acqua, lo sbarramento si rompe all'improvviso, grandi quantità di materiale solido sono trasportate a valle sotto forma di sedimento o di flusso detritico. Durante le intemperie del 2005, per esempio, i flussi detritici di Brienz sono essenzialmente imputabili a movimenti di versante.

2.10.1 Elaborazione degli scenari

Nell'elaborazione degli scenari occorre adottare un'ampia prospettiva, che non trascuri senza motivo anche i processi meno probabili. Come dimostrano per esempio le piene dell'agosto 2005, bisogna contemplare anche i processi soglia, i processi di transizione e i processi a catena, che esulano dall'esperienza locale («pensare l'impensabile»). Di conseguenza, occorre considerare anche gli scenari o i processi meno probabili.

Gli scenari devono essere abbastanza rappresentativi da includere e illustrare tutti i possibili sviluppi. Devono tener conto in modo adeguato dei possibili effetti sul potenziale di danno. Anche lo sviluppo temporale di un evento può rivestire un'importanza decisiva.

2.10.2 Scelta degli scenari

Anche disponendo di fondate basi scientifiche, di buoni modelli di stima e di calcolo e di validi strumenti tecnici, la qualità delle valutazioni dei pericoli dipende in ultima istanza da una chiara visione del possibile sviluppo di un processo. In pratica si pone la questione di quali scenari siano abbastanza rappresentativi, in termini di effetti sull'area interessata, da essere utilizzati come solida base per la valutazione dei pericoli e per la pianificazione delle misure di protezione.

Gli argomenti e i motivi per la scelta o l'esclusione di uno scenario devono essere documentati in modo tale da poter essere verificati anche in un secondo tempo. La determinazione delle probabilità di accadimento e delle intensità degli scivolamenti, dei crolli di roccia o delle colate detritiche di versante, richiede pertanto delle basi valide e fondate (cfr. capitolo precedente).

Nella valutazione dei pericoli, le considerazioni qualitative sono altrettanto importanti quanto i calcoli. I rapporti tecnici devono essere quindi esaustivi e comprendere tutte le considerazioni che con l'andare del tempo potrebbero non essere più verificabili.

La definizione degli scenari è sempre accompagnata da incertezze. Il prossimo capitolo descrive come gestirle.

2.11 Gestione delle incertezze

Nei processi naturali, la determinazione delle intensità e delle probabilità di accadimento è associata a molte incognite. Le incertezze aumentano quando gli eventi non trovano riscontro in esperienze precedenti. Nella valutazione dei pericoli e nella pianificazione delle misure di protezione, le incertezze provocano delle imprecisioni e creano così dei margini di discrezionalità, che sono una sfida per tutte le parti interessate.

Molteplicità degli eventi

È impossibile tracciare un quadro completo di tutti gli eventi e dei loro sviluppi. Nella valutazione dei pericoli, come anche nella pianificazione delle misure e delle emergenze, s'incontrano sempre delle sorprese nel modo in cui i processi impattano una determinata area. Durante un evento si osservano processi completamente differenti, che improvvisamente si amplificano, si trasformano o si sviluppano in modo inaspettato.

Nei processi per i quali sono disponibili osservazioni ampie e complete, le incertezze presenti possono essere quantificate con mezzi statistici, per esempio intervalli di confidenza. Una tale situazione è riscontrabile soprattutto per i processi relativamente frequenti. In questo caso, partendo da una data probabilità di accadimento si può determinare l'intensità tramite analisi statistiche (fig. 12).

Quando i dati disponibili sono limitati, si raccomanda di stimare ed esporre nel limite del possibile la fascia di variabilità legata ai movimenti di versante. Se nel catasto degli eventi sono registrati solo casi frequenti ma di bassa intensità e se l'accertamento in situ indica la possibilità di eventi di maggiore entità, si rendono necessarie delle estrapolazioni comprendenti maggiori dimensioni (volumi) o velocità più elevate.

Una particolare attenzione è richiesta nell'estrapolazione relativa agli eventi molto rari, nei quali si manifestano processi soglia, processi di transizione e processi a catena, che non sono rappresentati nella documentazione disponibile (fig. 13). Di conseguenza, occorrerebbe una stima delle incertezze esistenti. I relativi scenari devono essere documentati in modo valido e fondato.

Fig. 12 > Distribuzione dell'intensità in funzione di una data probabilità di accadimento

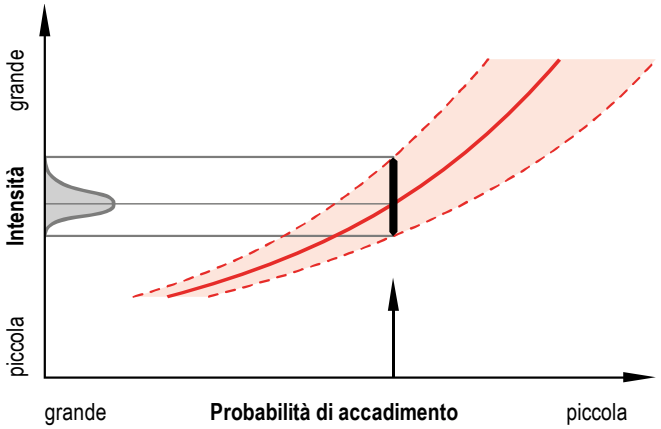
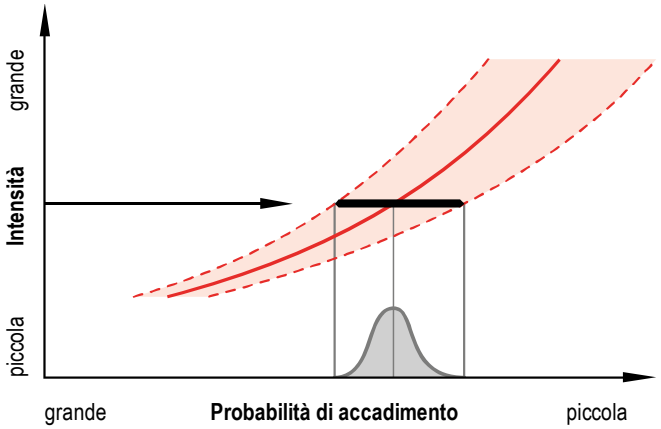


Fig. 13 > Distribuzione della probabilità di accadimento in funzione di una data intensità



Bezzola e Hegg, 2008

3 > Necessità d'intervento

La legge forestale ha come scopo primario quello di contribuire a proteggere la vita umana e i beni materiali considerevoli da valanghe, scoscendimenti, erosione e cadute sassi (art. 1 cpv. 2 LFo). Il presente capitolo descrive la metodologia per definire gli interventi necessari.

Dal momento in cui una zona risulta esposta a un pericolo, occorre valutare la situazione di rischio. Una volta analizzata, il livello attuale di sicurezza va confrontato con gli obiettivi di protezione per stabilire se occorre effettivamente interventire e in base a quali priorità. La metodologia per la pianificazione delle misure d'intervento è illustrata al capitolo 4.

3.1 Determinazione dei rischi

In una prima fase viene effettuata un'analisi dell'esposizione a tutti i pericoli naturali. Il rischio cui un determinato spazio è soggetto dipende dall'insieme dei possibili effetti da parte di uno o più pericoli sul potenziale di danno. In una seconda fase vengono analizzate le conseguenze per le persone e i beni materiali considerevoli. In una terza fase vengono determinati i rischi.

I rischi possono essere determinati con diversi gradi di approfondimento:

a) determinazione qualitativa dei rischi: quali oggetti/superfici sono colpiti e con quale intensità per un determinato periodo di ritorno? Qual è il loro numero?
b) Determinazione quantitativa dei rischi: determinazione del potenziale di danno per ogni oggetto minacciato tenendo conto della probabilità di accadimento in una determinata area, della letalità e della vulnerabilità. I rischi per le persone sono calcolati essenzialmente in base ai tassi di occupazione medi di uno stabile, alla velocità media di spostamento e al tempo di presenza effettivo. Si distingue tra rischio individuale e collettivo. I rischi materiali possono essere quantificati sulla base del loro valore effettivo (danni diretti). Sono considerati beni materiali considerevoli i seguenti oggetti: edifici, infrastrutture, oggetti di notevole importanza economica, risorse vitali e beni culturali. Il calcolo dei danni indiretti non viene effettuato in modo standard per tutti gli oggetti a rischio, ma può rivelarsi utile in caso di interruzioni di lunga durata con conseguenti danni elevati (p. es. traffico interrotto su un'importante via di comunicazione).

In generale il rischio per le persone è valutato considerando il rischio individuale e il rischio collettivo. Il rischio individuale descrive l'entità del rischio di decesso di una persona esposta al pericolo. Anche se il rischio individuale per le singole persone è basso, può esistere un rischio collettivo elevato (p. es. in caso di un grande numero di vittime).

3.2 Livello di sicurezza e obiettivi di protezione

Dopo aver valutato il rischio occorre verificare la necessità d'intervento: la società può assumere i rischi oppure deve ridurli? In sostanza, si tratta di definire dove finisce il rischio accettabile e dove inizia quello inaccettabile. Il livello di sicurezza perseguito esprime lo stato di sicurezza da raggiungere. Attraverso gli obiettivi di protezione, i diversi attori fissano non solo il livello di sicurezza che desiderano conseguire nel loro ambito di competenza, ma anche il contributo che devono fornire per raggiungerlo. Le responsabilità sono molto differenziate a seconda degli attori coinvolti. Il presente aiuto all'esecuzione è diretto all'ambito istituzionale (p. es. gli enti pubblici, le persone incaricate di applicare la legge forestale) e non copre pertanto il campo della responsabilità individuale, nel quale spetta ai diretti interessati occuparsi della propria protezione (p. es. alpinisti che non rientrano nel settore istituzionale).

Le misure di protezione vanno pianificate se si identifica la necessità di intervenire: in questo caso occorre innanzitutto dimostrare che i rischi possono essere ridotti a costi ragionevoli. In questa fase gli attori stabiliscono gli obiettivi di protezione delle misure. Indipendentemente da quelle che saranno le opere tecniche di protezione scelte, la presa in considerazione delle carte del pericolo nella pianificazione del territorio resta un compito costante (necessità d'intervento in senso lato), perché questo permette di mantenere un determinato livello di rischio e di prevenire, nella migliore delle ipotesi, il suo incremento.

Livello di sicurezza perseguito

La Confederazione mira a ottenere, per tutti i pericoli naturali, un livello di sicurezza paragonabile a livello nazionale, che sia ecologicamente sostenibile, economicamente opportuno e socialmente sopportabile.

Il livello di sicurezza perseguito si riferisce agli effetti diretti dei pericoli naturali sui seguenti beni da proteggere:

Persone

I pericoli naturali non aumentano in modo sostanziale il rischio individuale medio di decesso. Il rischio medio annuale di decesso in seguito a un pericolo naturale è nettamente inferiore alla probabilità media di decesso della fascia di età con il tasso di mortalità più basso in Svizzera.

Beni materiali considerevoli

Edifici
Gli edifici offrono una buona protezione alle persone e agli oggetti presenti al loro interno. Sono resistenti e non costituiscono una minaccia per la vita umana e i beni materiali. I rischi residui per le persone e i beni materiali sono sopportabili per chi deve assumerseli.

Infrastrutture, oggetti di grande importanza o valore economico, risorse vitali
Il rischio per le infrastrutture, gli oggetti d'importanza economica e le risorse vitali per le persone è talmente esiguo da poter garantire la sopravvivenza della società oggi e per le prossime generazioni. È lecito affermare che in grandi parti della Svizzera i beni

e i servizi d'importanza vitale possono venire a meno solo per un breve periodo di tempo.

Beni culturali
I beni culturali sono protetti dai pericoli naturali affinché conservino nel tempo il loro valore culturale.

Esistono altri beni ai quali non è stato assegnato alcun livello di protezione, in particolare si tratta degli animali da reddito. La legislazione svizzera assicura loro una grande importanza e non li considera unicamente come beni materiali; tuttavia la loro protezione spetta ai proprietari.

Obiettivi di protezione

Gli obiettivi di protezione descrivono in termini quantitativi il contributo che l'ente responsabile si assume per ottenere il livello di sicurezza perseguito. Grazie agli obiettivi di protezione, gli enti pubblici stabiliscono la necessità d'intervento. Vi è un «deficit di protezione» quando gli obiettivi di protezione non vengono raggiunti. In caso di deficit di protezione, gli enti pubblici valutano quindi la possibilità di ridurre il rischio con misure adeguate. Gli obiettivi di protezione fungono in pratica anche da criteri di valutazione della necessità d'intervento. Gli obiettivi di protezione degli enti pubblici sono definiti esclusivamente dalle autorità politiche competenti. La definizione degli obiettivi di protezione deve tenere conto della struttura federalista della Svizzera, che riserva una grande autonomia ai Comuni e ai Cantoni, nonché dei principi di democrazia diretta.

In quest'ambito molti Cantoni hanno sviluppato delle matrici degli obiettivi di protezione. Un diagramma è contenuto a titolo di esempio nell'allegato 5 (ARE et al. 2005). L'Ufficio federale dell'ambiente ha formulato per i progetti singoli secondo il manuale NPC (UFAM 2011) il seguente criterio di rischio per le persone: un progetto con un rischio di decesso individuale superiore a 10^{-4}-10^{-5} all'anno soddisfa il criterio di esame. Alla stessa stregua anche l'USTRA ha stabilito un criterio di verifica per le strade nazionali: rischio di decesso individuale superiore a 10^{-5} all'anno, rischio per tratto di 100 metri superiore a 10 000 franchi all'anno, rischio per fonte di processo superiore a 10 000 franchi all'anno.

Obiettivi delle misure

L'attuazione di misure adeguate ha lo scopo di ridurre o eliminare un deficit di protezione. La sicurezza raggiunta corrisponde all'effetto cumulato di tutte le misure (pianificatorie, tecniche, organizzative). Al fine di pianificare le misure di protezione contro i pericoli naturali, gli organi responsabili stabiliscono gli obiettivi delle misure. Questi si basano sugli obiettivi di protezione, ma nell'ambito dell'ottimizzazione effettuata nella pianificazione integrale delle misure, possono essere sottoposti a una verifica e adeguati verso il basso o l'alto, previa motivazione plausibile. In questa fase, le autorità definiscono le priorità rilevanti nel loro ambito istituzionale, assicurando la stessa importanza a tutti gli aspetti dello sviluppo sostenibile. In alcuni Cantoni, il criterio

applicato sarà, per esempio, quello della disponibilità di strade cantonali e di strade comunali (alternative di utilizzo).

È ammissibile una sicurezza superiore al livello di sicurezza perseguito, a condizione che il superamento del livello richiesto sia giustificato in termini di sviluppo sostenibile. La Confederazione verifica come sempre se i costi per le misure previste siano ragionevoli. Il rischio residuo accettato viene assunto da diversi attori.

In casi ben motivati, il livello di sicurezza atteso può invece essere inferiore a quello perseguito, poiché talvolta il deficit di sicurezza non può essere eliminato a costi ragionevoli oppure perché non sono soddisfatti i criteri dello sviluppo sostenibile. Per esempio, la protezione della natura e del paesaggio può avere un peso maggiore rispetto alla riduzione del rischio. In queste situazioni occorre valutare le alternative e trovare una soluzione ottimale sostenibile. Gli obiettivi assegnati alle misure previste in un progetto possono in questi casi divergere dagli obiettivi di protezione e devono essere definiti nell'ambito della pianificazione delle misure, dopo aver valutato accuratamente tutti gli interessi in gioco. Gli obiettivi devono però essere modulati e differenziati anche all'interno di un progetto. Oltre all'utilizzazione del territorio, occorre tenere conto del tipo di pericolo, per esempio della sua intensità e frequenza e del tempo di preallerta.

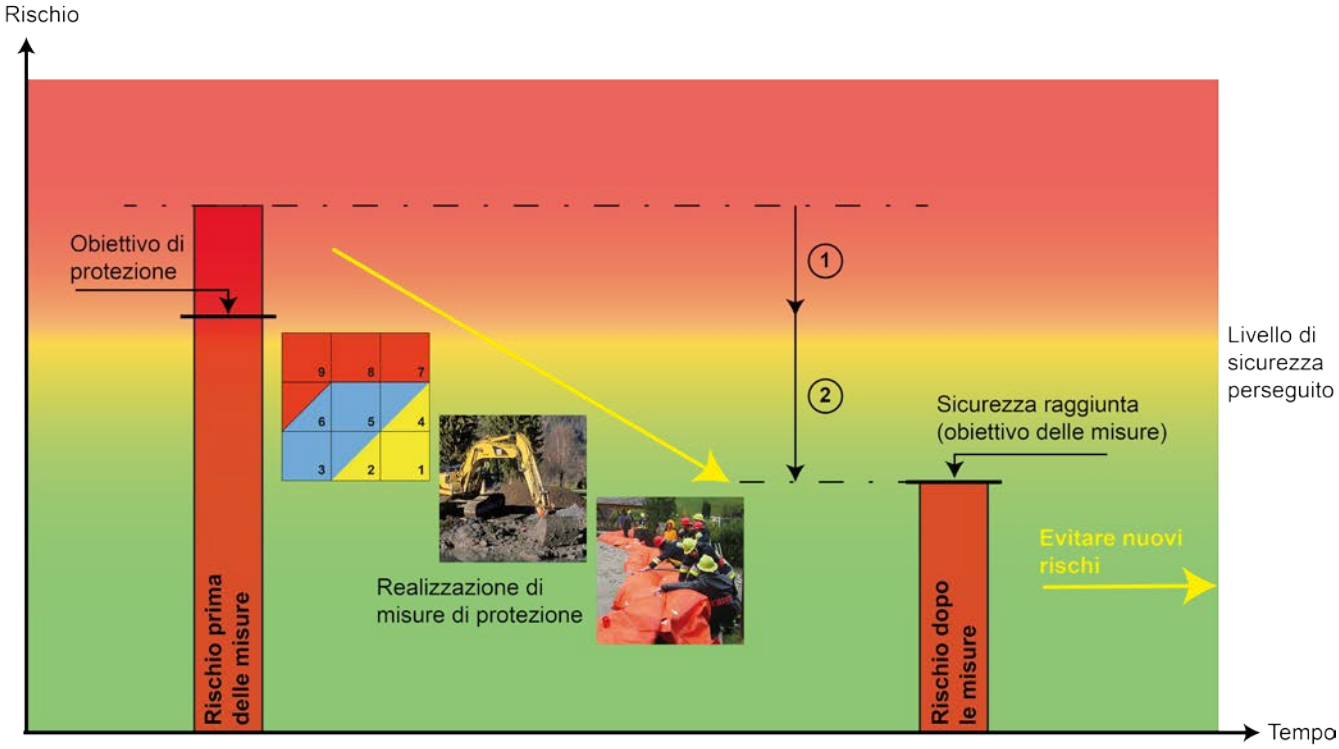
3.3 Rischio residuo

La sicurezza assoluta non esiste: un rischio cosiddetto «residuo» legato ai pericoli naturali permane. Questo concetto deve essere comunicato in modo trasparente ai diretti interessati per non suscitare false speranze sul livello della sicurezza e per sollecitarli ad assumersi le proprie responsabilità.

La fig. 14 rappresenta schematicamente il rischio prima e dopo l'attuazione delle misure di protezione. Prima dell'attuazione delle misure il rischio è elevato e supera l'obiettivo di protezione. L'obiettivo di protezione non è quindi raggiunto. Il rischio diminuisce grazie alla realizzazione, da parte degli enti pubblici e dei privati, di tutte le misure di protezione che possono spaziare dai provvedimenti legati alla pianificazione territoriale, alle opere tecniche e alle misure organizzative, e che vengono cordinati fra loro nel quadro dello specifico concetto di protezione (cfr. cap. 4.4 segg.). Dopo l'attuazione delle misure, il rischio è inferiore. In questo esempio, la riduzione del rischio è suddivisa in una componente volta al raggiungimento dell'obiettivo di protezione (①) e una componente destinata al raggiungimento dell'obiettivo della misura (②). Queste componenti variano e devono essere adattate a ogni situazione. Il rischio rimanente è sceso sotto il livello di sicurezza perseguito e la sicurezza raggiunta risulta quindi accettabile, situazione evidenziata dal colore verde. Il rischio residuo deve essere sostenuto da diversi attori (assicurazioni, proprietari ecc.). La sicurezza raggiunta deve inoltre essere mantenuta a medio e lungo termine (manutenzione, pianificazione del territorio, organizzazione delle situazioni di emergenza ecc.).

Fig. 14 > Livello di sicurezza perseguito, obiettivo di protezione, obiettivo delle misure e rischio prima e dopo l'attuazione delle misure

Spiegazioni nel testo



Informazioni supplementari

> *Pianificazione del territorio e pericoli naturali (ARE et al. 2005)*
> *Pubblicazione PLANAT «Piano di gestione dei rischi per pericoli naturali» (Bründl, Ed. 2009)*
> *Pubblicazione PLANAT «Livello di sicurezza per i pericoli naturali» (PLANAT 2013)*
> *PLANAT: www.planat.ch*

4 > Misure

Una volta definita la necessità d'intervento occorre adottare misure adeguate per proteggere la vita umana e i beni materiali considerevoli. La scelta dei provvedimenti deve essere ottimizzata in base a criteri sociali, economici ed ecologici (art. 1 e 19 LFo, art. 15–17 OFo). La Confederazione accorda ai Cantoni dei sussidi per i provvedimenti intesi a proteggere contro i pericoli naturali (art. 36 LFo).

4.1 Ottimizzazione delle misure di protezione

La pianificazione delle misure si basa sui risultati della valutazione dei pericoli e sull'analisi dei rischi. Il suo obiettivo può essere il mantenimento della situazione attuale, in assenza di deficit di protezione, o il miglioramento della situazione in caso di deficit di protezione. Tale operazione deve comprendere tutte le possibili tipologie di misure: passive, attive e organizzative (fig. 15).

Nella pianificazione delle misure si distingue fra le misure che agiscono sull'ampiezza dei danni e le misure che influenzano il processo naturale. Di seguito sono illustrate le misure passive e attive in ordine di priorità.

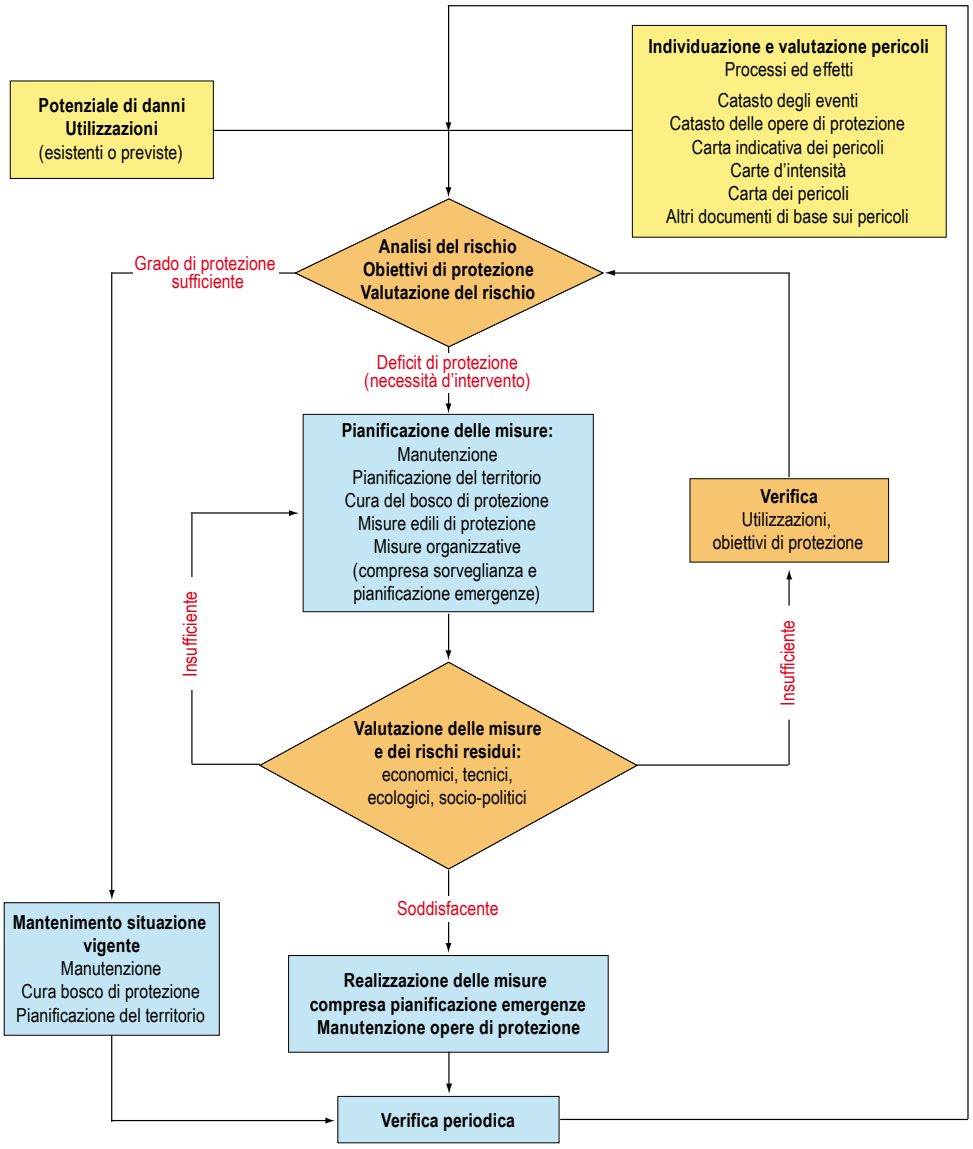
Le misure passive riducono l'entità di un possibile danno senza influenzare lo sviluppo del processo naturale (ARE et al. 2005). I Cantoni tengono conto dei documenti di base (carte dei pericoli) in ogni attività d'incidenza territoriale, in modo particolare nella pianificazione direttrice e locale (art. 15 cpv. 3 e art. 17 cpv. 1 OFo). Il danno potenziale dovrà essere ridotto essenzialmente adottando misure di pianificazione del territorio (ossia passive). Le misure di pianificazione del territorio devono garantire che l'utilizzazione sia adeguata alla minaccia e comprendono quindi anche modalità costruttive adeguate ai pericoli. Gli oggetti possono essere protetti attraverso accorgimenti tecnici adeguati, definiti nell'ambito della procedura di autorizzazione edilizia (cfr. p. es. Egli 2005). Le apposite prescrizioni (regolamento edilizio) vengono stabilite nei piani regolatori.

Le misure attive influenzano lo sviluppo del processo. La difesa delle zone minacciate comprende misure tecniche, lavori contro gli scivolamenti di terreno, drenaggi e misure contro i processi di crollo (art. 17 cpv. 1–2 OFo). Le misure attive comprendono sia le opere di protezione puntuali, come le reti paramassi, sia le misure di più ampio raggio, come la cura del bosco di protezione, il rimboschimento o i drenaggi. Si possono realizzare opere di protezione laddove esiste già un'utilizzazione del suolo meritevole di essere protetta o laddove, previa ponderazione degli interessi, risulta indispensabile una modifica dell'utilizzazione. Se la protezione contro i pericoli naturali gravitativi richiede la costruzione di grandi manufatti di protezione o di dighe di ritenuta, occorre prima verificare se queste opere sono assoggettate alla legge sugli impianti di accumulazione (LImA) (cfr. allegato A1). La legge si applica agli impianti di accumulazione

che adempiono uno dei requisiti seguenti: l'altezza d'invaso è di almeno 10 m sul livello di magra del corso d'acqua o sul terreno d'impostazione o l'altezza d'invaso è di almeno 5 m e la ritenuta è superiore a 50 000 m³. L'autorità di vigilanza della Confederazione (art. 22 LImA) può assoggettare a questa legge anche gli impianti di accumulazione di dimensioni inferiori, che presentano un potenziale di pericolo particolare. Esiste un potenziale di pericolo particolare se la rottura dell'opera di sbarramento può minacciare vite umane o causare danni materiali importanti (art. 2 OImA).

Fig. 15 > Procedura per pianificare ed eseguire le misure

Per garantire una protezione ottimale e duratura dai movimenti di versante occorre seguire una procedura prestabilita – dalla comprensione del processo fino alla pianificazione delle misure di emergenza.



Nella scelta delle opere di protezione più adeguate bisogna tenere conto del principio di proporzionalità. Vanno quindi elaborate più varianti che devono essere confrontate in termini di vantaggi e inconvenienti. Ogni misura deve soddisfare le seguenti condizioni: la misura prevista deve raggiungere l'obiettivo prefisso, essere la meno invasiva possibile e socialmente sostenibile.

I costi delle misure di protezione devono essere confrontate al potenziale di danno atteso. A tale scopo, la Confederazione mette a disposizione il programma di calcolo «EconoMe». Tutti i singoli progetti decisi dalla Confederazione devono rispettare il criterio di redditività previsto da «EconoMe». Quando la valutazione del provvedimento risulta positiva, si può prendere la decisione di realizzare l'intervento. I progetti non vantaggiosi o inappropriati non danno diritto a indennità o aiuti finanziari.

I Cantoni provvedono ad assicurare una pianificazione integrale che tenga conto in modo particolare degli interessi di gestione della foresta, di protezione della natura e del paesaggio, della sistemazione dei corsi d'acqua e dell'agricoltura (art. 17 cpv. 3 OFo). Le misure di protezione devono pertanto essere valutate anche in un'ottica ecologica. I paesaggi protetti o da proteggere non devono essere pregiudicati da opere edili o il loro impatto deve essere minimo – in conformità con le basi legali applicabili e gli obiettivi di protezione specifici per la natura e il paesaggio. Bisogna inoltre tenere conto degli inventari e delle direttive nazionali, cantonali o regionali (p. es. Inventario federale dei paesaggi, siti e monumenti naturali d'importanza nazionale – IFP). Di regola, la situazione esistente non deve essere peggiorata, ma al contrario, quando l'occasione si presenta, deve, nel limite del possibile, essere migliorata in modo duraturo. Di conseguenza, gli obiettivi per la protezione della vita umana e dei beni materiali possono essere modificati sia per motivi ecologici che finanziari o tecnici. In un'eventuale ponderazione degli interessi, è indispensabile rispettare il quadro legale in vigore.

I provvedimenti organizzativi sono destinati a limitare il rischio residuo. Questa categoria comprende fra l'altro le organizzazioni in caso di emergenza, le stazioni di misura, i servizi di preallarme (art. 16 OFo), le evacuazioni, gli aiuti in caso di catastrofe e altri provvedimenti temporanei. I provvedimenti organizzativi rientrano nella pianificazione integrale delle misure.

Informazioni supplementari

- *EconoMe (www.econome.admin.ch)*
- *Norma SIA 261/1*
- *Wegleitung Objektschutz gegen gravitative Naturgefahren (Egli 2005)*
- *Romang Hans (Ed.), 2008: Wirkung von Schutzmassnahmen (Strategie Naturgefahren Schweiz), Einzelprojekt A 3 (2008). Piattaforma nazionale «pericoli naturali» PLANAT, Berna. Versione italiana abbreviata: Romang Hans (Ed.), 2008: Effetti delle misure di protezione (Strategia «Pericoli naturali» Svizzera), Progetto A 3 (2008), Piattaforma nazionale «pericoli naturali», Berna.*

4.2 Fasi di pianificazione

Il modello di prestazioni della Società svizzera degli ingegneri e architetti (SIA) descrive l'intero ciclo di vita di un'opera tecnica, dalla formulazione della necessità del progetto fino alla sua gestione. La definizione delle prestazioni tra committente e mandatario funge solo da modello e richiede degli adeguamenti al momento dell'esecuzione. La seguente sequenza delle fasi principali del progetto deve essere modificata il meno possibile:

> definizione degli obiettivi;
> studi preliminari;
> studio del progetto, elaborazione del progetto esecutivo;
> gara d'appalto;
> realizzazione;
> piano di gestione e manutenzione.

Le esperienze finora fatte hanno dimostrato che i seguenti principi consentono di elaborare progetti in tempi e modi economicamente favorevoli:

> un progetto deve essere pianificato e realizzato in un'ottica globale, ciò si applica anche nella ponderazione degli interessi legati a eventuali conflitti esistenti tra diversi obiettivi;
> una decisione trasparente, raggiunta coinvolgendo tutti i diretti interessati, favorisce l'accettazione del progetto (processi partecipativi);
> va assunta la responsabilità nei confronti delle zone limitrofe (al di là dei confini comunali, cantonali e nazionali).

Lo svolgimento di un progetto rispetta il modello di prestazioni della SIA con la sua suddivisione in fasi e sottofasi. Le fasi del progetto vengono elaborate in modo più o meno approfondito in funzione della complessità ed entità del progetto o dell'urgenza dei provvedimenti (misure immediate).

Informazioni supplementari

> *SIA 103 Regolamento per le prestazioni e gli onorari nell'ingegneria civile*
> *SIA 112 Modello di pianificazione per progetti nel settore della costruzione*
> *Manuale Accordi programmatici nel settore ambientale, UFAM, 2011*

4.3 Manutenzione delle opere di protezione esistenti

La manutenzione delle opere di protezione è importante quanto la loro realizzazione. Senza manutenzione, le opere di protezione perdono la loro efficacia e il pericolo può ripresentarsi. In caso di cedimento di un'opera di contenimento, la minaccia può addirittura essere superiore a prima della sua realizzazione. Grazie a lavori di manutenzione periodici, possono essere individuati difetti e punti deboli. Dopo un evento occorre

prioritariamente svuotare o ripristinare i manufatti di ritenuta. La manutenzione diventa così un compito permanente che è svolto, finanziato o sorvegliato in base alle normative in vigore dai Cantoni, dai Comuni e dai proprietari dell'opera.

Il tipo, l'entità e la frequenza della manutenzione sono da adeguare alle condizioni locali. Tutti i lavori di manutenzione devono essere svolti in accordo con i proprietari fondiari e i servizi tecnici cantonali.

Programma di manutenzione

Un adeguato piano di manutenzione è parte integrante del progetto di protezione, perché può influenzare la scelta delle misure da adottare. Il ripetuto svuotamento di bacini di trattenuta di materiale o di reti paramassi è un esempio di come, in caso di eventi frequenti, la manutenzione possa generare costi. La scelta delle misure ha pertanto un impatto in termini economici e tecnici.

Il piano di manutenzione permette inoltre di distinguere fra provvedimenti tecnici e di manutenzione, assicurando un'adeguata realizzazione dei futuri interventi di manutenzione. Inoltre regolamenta le procedure e le competenze.

> Chi assume il compito e i costi della manutenzione?
> Chi controlla le opere di protezione?
> Con quale frequenza avvengono i controlli e le ispezioni?
> Come e quando devono essere svolti i lavori di manutenzione?

Manutenzione

Il controllo della manutenzione dipende dalle caratteristiche specifiche dell'opera. I periodici lavori di manutenzione possono essere tecnicamente esigenti o comportare conseguenze finanziarie importanti.

Nelle zone soggette a scivolamenti i drenaggi rischiano di essere danneggiati o troncati a causa di movimenti residuali. Il controllo periodico dei drenaggi è quindi necessario per verificarne il corretto funzionamento. In molti sistemi di drenaggio, in particolare nei terreni a grana fine, l'efficacia tende a diminuire col passare degli anni. Ulteriori problemi possono essere causati dalla formazione di incrostazioni o dalla crescita delle radici.

La manutenzione e il controllo delle reti paramassi sono un compito permanente. Quando vengono realizzate opere contro la caduta di sassi e massi, non bisogna limitarsi a verificarle periodicamente, ma occorre anche sorvegliare la situazione di pericolo. Una sorveglianza periodica della zona di pericolo consente di individuare un eventuale aggravamento della situazione e di prendere tempestivamente provvedimenti supplementari. La verifica delle opere di protezione comporta anche l'inventario dell'attività della caduta di sassi. Se a monte della barriera si accumula molto materiale, alcuni elementi portanti potrebbero subire sollecitazioni eccessive. Il materiale roccioso retrostante il manufatto deve essere periodicamente rimosso, se ne diminuisce progressivamente la capacità iniziale di ritenuta. Se si verificano violenti impatti, vanno adottate misure di ripristino con eventuale sostituzione di montanti, freni, ancoraggi e piastre di base.

Se il manufatto è installato su un terreno privato, la sua funzione deve essere spiegata al nuovo proprietario in caso di cambiamento di proprietà. Ciò implica un impegno ed esigenze formali supplementari. Il nuovo proprietario dovrà garantire o tollerare i lavori di manutenzione, altrimenti si corre il rischio che le opere di protezione vengano rimosse per motivi estetici o per ignoranza. La manutenzione può essere regolamentata in modo vincolante attraverso una menzione nel registro fondiario.

4.4 Misure pianificatorie

Secondo la legislazione in materia di pianificazione del territorio, sistemazione dei corsi d'acqua e foreste, i Cantoni e i Comuni tengono conto dei documenti di base in ogni attività d'incidenza territoriale (art. 15 cpv. 3 OFo). Ciò vale in particolare per la pianificazione direttrice, la pianificazione comunale e il rilascio di licenze edilizie. I Cantoni provvedono ad assicurare una pianificazione integrale che tenga conto segnatamente degli interessi di gestione della foresta, di protezione della natura e del paesaggio, della sistemazione dei corsi d'acqua, dell'agricoltura e della pianificazione del territorio (art. 17 cpv. 3 OFo).

La pianificazione del territorio è uno dei pilastri della gestione integrale dei rischi e contribuisce in modo determinante alla prevenzione. In base alla legge sulla sistemazione dei corsi d'acqua, nella programmazione delle misure i provvedimenti di carattere pianificatorio hanno la priorità rispetto a tutti gli altri interventi. Essi garantiscono un'utilizzazione adeguata delle zone minacciate e contribuiscono così a ridurre il rischio. Nelle zone soggette a pericolo, le misure pianificatorie devono permettere di ridurre i rischi esistenti (p. es. diminuendo la vulnerabilità degli edifici o il potenziale di danno) o di prevenire l'insorgenza di nuovi rischi (p. es. rinunciando a nuovi azzonamenti o emanando divieti di costruzione).

L'attuazione dei documenti di base sui pericoli incentrata sul rischio prende in considerazione il tipo di minaccia, i processi pericolosi determinanti, le utilizzazioni esistenti o previste e gli altri interessi della collettività. Una pianificazione del territorio incentrata sul rischio, oltre a essere una misura di protezione efficace a lungo termine, consente anche di ridurre i costi dei provvedimenti contro i pericoli naturali. Essa può fornire un ulteriore contributo, riservando sufficiente spazio alle misure tecniche di protezione, ai corridoi di deflusso, al contenimento dei processi e alle zone cuscinetto attorno alle aree a rischio. Quando la pianificazione del territorio riesce a sfruttare tutte le sue potenzialità e a ridurre al minimo i potenziali danni, ha un grosso impatto e un'elevata efficacia.

Le opere di protezione sono costruite per assicurare la difesa contro i processi naturali, ma una riduzione duratura dei rischi è garantita solo se le stesse sono in grado di reggere all'evento. L'effetto delle misure di protezione dovrebbe essere quantificabile con adeguata sicurezza e avere un carattere permanente (circa 50 anni). L'obiettivo prioritario è quello di ottenere una maggiore sicurezza, mentre quello secondario mira a una riduzione della pericolosità sulla carta dei pericoli. Le misure di protezione possono essere prese in considerazione nella valutazione dei pericoli solo dopo il loro collaudo e non nella fase di progettazione. La loro integrazione nella pianificazione del

territorio terrà conto di tutti gli interessi in gioco (allestimento della carta dei pericoli post intervento). La trasposizione delle carte dei pericoli post intervento secondo principi uniformi («unità di dottrina») costituisce una sfida importante.

Raccomandazioni 2005 (ARE et al. 2005)

Con le raccomandazioni «La pianificazione del territorio e i pericoli naturali» (ARE et al. 2005), la Confederazione ha stabilito i principi per un'applicazione adeguata e duratura dei documenti di base concernenti i pericoli naturali. Tali raccomandazioni sono utilizzate per l'attuazione dei documenti di base nelle attività della pianificazione cantonale e comunale, nella delimitazione delle zone (cfr. allegato A4) e nel rilascio di licenze edilizie. Nella delimitazione delle zone e nelle autorizzazioni di costruzione occorre tenere conto delle competenze e delle considerazioni sui rischi.

L'esperienza insegna che anche nelle zone di sensibilizzazione (aree in giallo o a strisce gialle e bianche) è sufficiente adottare dei semplici provvedimenti a basso costo per mitigare importanti rischi materiali. In generale nelle zone di pericolo i rischi per le persone possono essere ridotti attraverso misure organizzative (cfr. cap. 3.3). Queste misure sono molto efficaci e generano costi relativamente contenuti.

I gradi di pericolo riflettono essenzialmente le conseguenze dei fenomeni naturali sulle costruzioni. Gli obiettivi sono prevenire minacce per le persone e limitare l'entità dei danni materiali. Quando al di fuori delle zone edificabili sono disponibili solo delle carte indicative dei pericoli, il pericolo o il relativo grado è valutato a seconda della necessità (p. es. in caso di domanda di ampliamento di una costruzione). La scala dei gradi di pericolo non si applica direttamente alle attività ricreative e del tempo libero (p. es. sentieri pedestri, piste da sci). La necessità di intervento in caso di pericolo è essenzialmente stabilita attraverso l'analisi dei rischi.

Nel corso delle procedure di autorizzazione edilizia, le autorità competenti controllano che un progetto di costruzione rispetti le diverse prescrizioni, fra cui quelle sulla protezione dai pericoli naturali. I possibili requisiti da soddisfare ai fini della prevenzione di danni dovuti a movimenti di versante sono elencati in allegato. Per informazioni supplementari ed eventuali prescrizioni per gli altri processi pericolosi, si rimanda alla pubblicazione ARE et al. (2005) (cfr. anche norme SIA ed Egli 2005).

Informazioni supplementari

> *La pianificazione del territorio e i pericoli naturali (ARE et al. 2005)*
> *Norma SIA 261*
> *Guida «Objektschutz gegen gravitative Naturgefahren» (protezione degli oggetti contro i pericoli naturali gravitativi) (Egli 2005)*

4.5 Cura del bosco di protezione e provvedimenti selvicolturali

La protezione delle aree esposte ai pericoli naturali comprende anche i provvedimenti selvicolturali (art. 17 cpv. 1 lett. a OFo). Il bosco protegge le persone e i beni materiali dai pericoli naturali in quanto ne impedisce la formazione o ne riduce gli effetti. La cura del bosco di protezione parte dal presupposto che esiste una correlazione diretta fra la riduzione del rischio e lo stato del bosco. Le conoscenze acquisite sui pericoli naturali e la situazione locale determinano il tipo di bosco che si vuole perseguire.

La guida «Continuità nel bosco di protezione e controllo dell'efficacia» (progetto NaiS, UFAM 2005) illustra le possibilità e i requisiti del bosco per la sua funzione di protezione dai pericoli naturali.

Informazioni supplementari

- *NaiS/UFAM 2005, «Continuità nel bosco di protezione e controllo dell'efficacia» (NaiS);* www.bafu.admin.ch/naturgefahren *> Bosco di protezione > NaiS*
- *SilvaProtect-CH: Il bosco di protezione in Svizzera;* www.bafu.admin.ch/naturgefahren *> Bosco di protezione > SilvaProtect-CH*

4.6 Misure tecniche nei processi di crollo

La protezione delle zone a rischio comprende opere contro la caduta di sassi e il crollo di roccia, incluse le opere di contenimento e, in via eccezionale, il brillamento preventivo di materiale pericolante (art. 17 cpv. 1 lett. e OFo). In generale si può affermare che per i cinque diversi processi di crollo (caduta di sassi, caduta di massi, crollo di roccia, valanga di roccia, sprofondamento) il numero delle possibili misure diminuisce con le dimensioni delle masse mobilizzate (fig. 16). Tuttavia contro le grandi frane (valanghe di roccia) non si possono adottare misure tecniche veramente efficaci; lo stesso vale per gli sprofondamenti nelle aree carsiche.

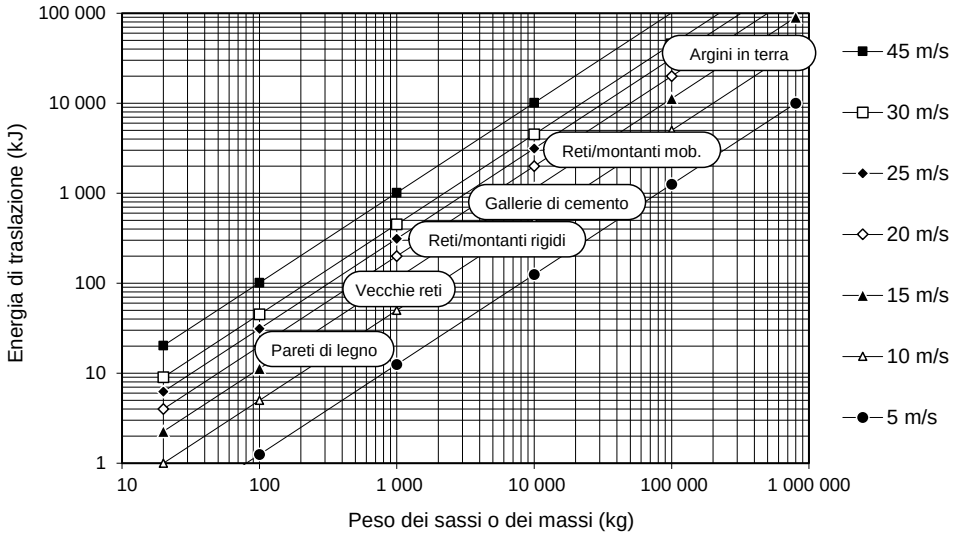
In caso di crolli di roccia imminenti si possono invece adottare singole misure per ridurre almeno in parte i danni potenziali.

Nei processi di caduta di sassi, blocchi e massi, il numero delle misure possibili aumenta con il diminuire del loro volume. Per poter pianificare le misure, occorre disporre di dati sulla tipologia di movimento, altezze di rimbalzo, volumi, dimensioni dei massi, velocità ed energie degli elementi litoidi mobilizzabili, e inoltre sulle traiettorie e sulla loro distribuzione spaziale. Le carte dei pericoli sono invece insufficienti per dimensionare le opere di protezione, in quanto raffigurano essenzialmente le energie dei corpi in caduta e l'inviluppo delle possibili traiettorie. L'energia cinetica massima non è un parametro sufficiente per decidere un provvedimento. Oltre ai parametri indicati devono essere presi in considerazione anche altri fattori come l'accessibilità, lo spazio disponibile e i costi legati alla manutenzione. Lo stesso costo dell'opera svolge un ruolo fondamentale.

Le diverse misure di protezione possibili sono suddivise in base allo sviluppo del processo: zona di distacco (sezione A), zona di transito e di deposito (sezione B) e protezione diretta degli oggetti (sezione C).

Fig. 16 > Energia di traslazione nei processi di crollo e campi di applicazione dei diversi tipi di ripari

L'energia cinetica ha una componente traslativa e una rotazionale, quest'ultima pari spesso al 20 % di quella traslazionale. Il grafico illustra l'energia di traslazione, calcolata in funzione delle velocità e della massa degli elementi litoidi. Il diagramma indica le energie massime che le diverse opere di protezione sono in grado di assorbire.



Per il dimensionamento delle opere di protezione si applicano le regole dell'arte del settore edilizio, in particolare le norme SIA. Per alcune tipologie occorre calcolare la resistenza e l'efficienza di tutte le componenti dell'opera, per altre invece no. Le gallerie di protezione, per esempio, devono essere dimensionate in base alle direttive dell'Ufficio federale delle strade (USTRA 1998). Secondo tali direttive, l'energia cinetica del masso di progetto serve a misurare il carico statico equivalente, che sarà utilizzato per il dimensionamento di ogni parte della galleria. Le reti paramassi utilizzate devono disporre della certificazione di qualità ufficiale. Gli enti esecutori hanno l'obbligo di definire nell'appalto i requisiti delle reti protettive, del loro montaggio, degli ancoraggi e delle fondazioni. Le forze agenti sulle funi portanti devono essere generalmente aumentate del 30 per cento. Nonostante la prudenza nel dimensionamento è sempre opportuno verificare le conseguenze potenziali in caso di sovraccarico. Ciò è motivato dall'eterogeneità della roccia, da una possibile dimensione maggiore del masso in caduta e da ulteriori incertezze (cfr. cap. 2.11). Per le opere di protezione contro processi di versante a quote elevate vanno seguite le raccomandazioni sulla costruzione in permafrost (Phillips et al. 2003).

A. Misure nella zona di distacco

Nella zona di distacco o d'insorgenza di una caduta di sassi, blocchi o massi possono essere realizzate le seguenti misure di protezione atte a ridurre i pericoli:

> misure selvicolturali e biologiche,
> spurgo, brillamento,
> rivestimenti, reti metalliche, barriere,
> chiodatura, ancoraggio, pilastri di sostegni, sottomurazioni.

B. Misure nella zona di transito e di deposito

> Misure selvicolturali e biologiche, tronchi disposti trasversalmente al versante
> Barriere protettive con sostegni d'acciaio, reti paramassi, gallerie, valli di contenimento

C. Interventi per la protezione diretta degli oggetti

Le misure di protezione ad oggetto sono generalmente integrate nella struttura esistente dell'edificio. Una misura frequente è il rinforzo dei muri delle case, fermo restando che bisogna eliminare o rinforzare anche gli infissi. A seconda delle intensità attese, si possono considerare misure di protezione ad oggetto anche le reti, i muri e i valli nelle vicinanze dell'edificio.

4.7 Misure tecniche nei processi di scivolamento

La protezione delle zone di pericolo comprende lavori contro frane e scoscendimenti di terreno, drenaggi, opere di contenimento nonché provvedimenti di protezione contro l'erosione (art. 17 cpv. 1 lett. d ed e OFo). I processi di scivolamento presentano caratteristiche molto variabili in termini di spessore, larghezza, lunghezza e pendenza. Anche le condizioni geologiche, idrogeologiche e topografiche sono eterogenee. Esistono quindi diverse possibilità di risanamento in funzione delle situazioni locali. Il seguente elenco fornisce una panoramica dei provvedimenti che possono essere utilizzati per migliorare la stabilità e la compattezza del terreno (modificato secondo Reuter et al. 1992):

> drenaggi superficiali o profondi (grazie allo scorrimento dell'acqua per gravità o mediante pompe), deviazione dell'acqua superficiale proveniente da monte, riduzione dell'infiltrazione;
> misure tecniche meccaniche:
  – costruzioni di sostegno (p. es. muri di sostegno, cassoni in legno per scivolamenti superficiali e mediamente profondi);
  – ancoraggi, tiranti, chiodature, pali e micropali;
  – geotessili;
  – reti e dispositivi di contenimento;
  – impermeabilizzazione del suolo;

> riprofilature del versante nella zona di distacco (scarico) e al fronte dello scivolamento (p. es. stabilizzazione del piede);
> miglioramento delle caratteristiche geotecniche mediante sostituzione di materiale;
> provvedimenti selvicolturali, stabilizzazione dei pendii con metodi dell'ingegneria naturalistica, protezione dall'erosione (p. es. nei corsi d'acqua).

Le misure tecniche sono spesso impiegate per contrastare volumi modesti. Tali metodi sono diffusi nell'ingegneria e nella geotecnica e sono illustrati nella relativa letteratura. La pianificazione delle misure può quindi avvenire solo se si conoscono le dimensioni delle masse instabili, in particolare la profondità del piano di scivolamento, le caratteristiche geotecniche del materiale e le condizioni idrogeologiche. Questi dati mancano solitamente nelle carte dei pericoli e devono essere rilevati ai fini della progettazione delle misure a livello S3. I fenomeni di instabilità devono inoltre essere caratterizzati in termini spaziali e temporali con la massima precisione. Se i dati sono imprecisi o sbagliati, i provvedimenti potrebbero risultare insufficienti o eccessivi. Nel primo caso ciò provocherebbe danni e quindi costi supplementari successivi, nel secondo caso, i costi sarebbero troppo elevati già nella fase di costruzione.

Nella zona di distacco degli scivolamenti, in particolare in quelli in roccia, possono essere impiegate su vaste superfici misure tecniche meccaniche, purchè vi sia un'incidenza sufficiente e un rapporto costi-benefici positivo. Gli ancoraggi e le chiodature possono essere posati puntualmente o su superfici. I chiodi corti e i tasselli di acciaio vengono privilegiati nelle instabilità superficiali o di media profondità. Gli ancoraggi possono essere pretensionati o non pretensionati. Nei casi più semplici, senza grossi spostamenti, sono utilizzati gli ancoraggi non pretensionati (chiamati anche «passivi»). In questo caso, le forze vengono assorbite solo dopo piccoli movimenti registrati dopo il montaggio. Gli ancoraggi pretensionati sono invece impiegati quando si vogliono impedire completamente i movimenti. In funzione delle caratteristiche della roccia, le teste d'ancoraggio sono rinforzate con piastre e aste di calcestruzzo. Le forze che agiscono sull'ancoraggio devono essere verificate periodicamente (sorveglianza, cfr. cap. 4.10).

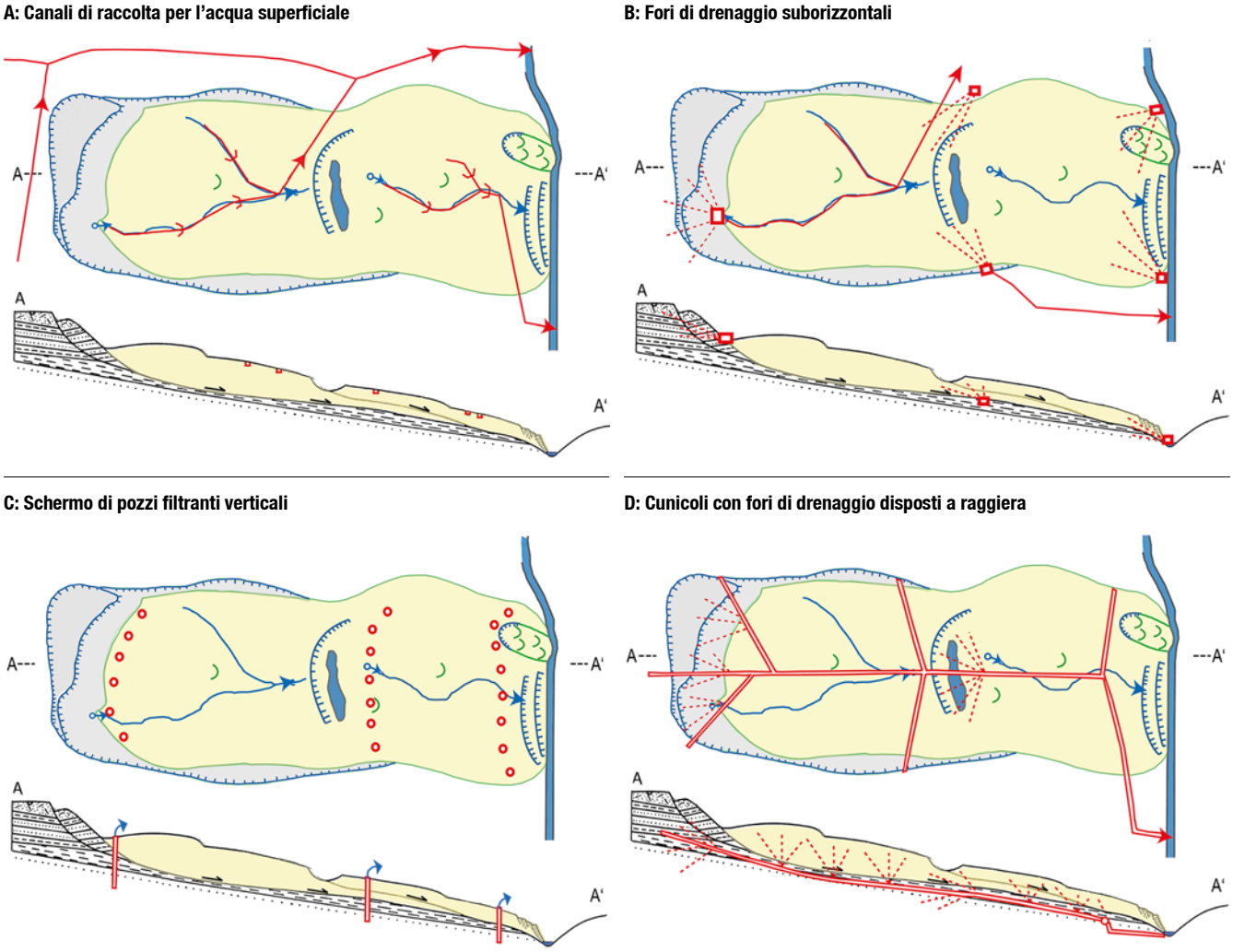
Drenaggi

Il drenaggio è una soluzione tecnica frequente indipendentemente dalla dimensione dello scivolamento. Questa misura comprende tutte le tipologie di raccolta ed evacuazione delle acque. Numerosi metodi e tecniche di varia natura consentono di influenzare le condizioni idrologiche e idrogeologiche per migliorare la stabilità dei versanti. Possono essere suddivisi in base al settore in cui agiscono: in superficie (p. es. canali di raccolta aperti per l'acqua superficiale), a bassa profondità (p. es. trincee drenanti) e, infine, in profondità (p. es. cunicoli con fori di drenaggio a raggiera; gallerie drenanti, wellpoint, cfr. fig. 17). Anche il bosco influenza lo scorrimento delle acque e può svolgere un ruolo importante nelle misure di risanamento.

Per ottenere maggiori informazioni tecniche sulle esigenze e le possibilità di drenaggio, si consulti la guida dell'UFAM «Rutschungen: Hydrogeologie und Sanierungsmethoden durch Drainage» (disponibile in francese e in tedesco, Parriaux et al 2010). Di seguito saranno presentati solo i principali metodi utilizzati.

Fig. 17 > Schema comparativo dei principali metodi di risanamento idrogeologico

Planimetria (sopra) e sezione longitudinale (sotto). Rappresentazione schematica, opere proiettate in parte nell'asse, mentre la figura D propone un cunicolo disegnato sulla superficie di scivolamento.



cambiato da Parriaux et al. 2010

Principi del risanamento idrogeologico

Lo scopo del risanamento idrogeologico (drenaggio) è quello di modificare artificialmente le condizioni di deflusso al fine di ridurre le azioni motrici dell'acqua e aumentare le azioni resistenti dei materiali. Questo risultato può essere ottenuto:

> diminuendo l'apporto d'acqua nel sottosuolo attraverso la riduzione dell'infiltrazione alla superficie, lateralmente o alla base della massa in scivolamento;
> abbassando, utilizzando diverse tecniche di drenaggio, il livello delle acque di falda e la pressione interstiziale nella massa instabile e/o nel sottosuolo.

In generale, tutte le tecniche di drenaggio agiscono per stabilizzare il movimento dello scivolamento. Il drenaggio può però comportare degli effetti secondari indesiderati, come addensamenti, incrementi locali delle forze di percolazione, prosciugamenti di

sorgenti, scomparsa di zone umide eventualmente protette e di ruscelli. La scelta della tecnica di drenaggio adeguata è un'operazione complessa che dipenderà da diversi fattori, in particolare:

> dalla dimensione e dalla geometria della massa in scivolamento da stabilizzare;
> dalle condizioni geologiche e idrogeologiche;
> dal tempo necessario per l'attuazione delle misure e per ottenere un effetto nella massa instabile;
> dall'efficacia e dalla durata prevista del metodo scelto;
> dall'accessibilità e dallo spazio disponibile;
> dall'impatto sull'ambiente;
> dai rischi (potenziale di danno);
> dai costi della manutenzione (a lungo termine);
> dalle risorse finanziarie disponibili.

4.8 Misure tecniche nei processi di colata

La protezione delle zone soggette a questa tipologia di pericolo comprende lavori contro frane e scoscendimenti di terreno, drenaggi, opere di contenimento nonché provvedimenti contro l'erosione (art. 17 cpv. 1 lett. d ed e OFo). Analogamente ai processi di crollo (cap. 4.6), la protezione contro le colate detritiche di versante può essere suddivisa in misure da adottare nella zona di distacco, di transito e di deposito e inoltre sull'oggetto da proteggere. Gli interventi si differenziano anche in funzione della loro azione sulla massa in scivolamento: le opere di deviazione influenzano principalmente la direzione, mentre quelle di rallentamento (o di arresto per piccoli volumi) modificano la velocità d'impatto. Per la progettazione delle opere di protezione con funzione di rallentamento e deviazione si devono conoscere i seguenti parametri della colata detritica: velocità, direzione di scorrimento, altezza, volume, caratteristiche del materiale (p. es. densità, granulometria, dimensione dei detriti) e presenza di legname. Al termine del seguente elenco, verranno illustrati gli aspetti tecnici delle diverse tipologie di misure.

A. Misure nella zona di distacco

Queste misure di stabilizzazione sono confrontabili con quelle adottate contro gli scivolamenti superficiali.

B. Misure nella zone di transito e deposito e interventi per la protezione diretta degli oggetti

Nelle zone di transito e deposito si possono distinguere le seguenti tipologie:

> la trattenuta del materiale a monte dei beni esposti (p. es. rete paraflussi o diga di contenimento);
> la protezione contro l'impatto della colata detritica di versante su edifici (p. es. muri o dighe);
> la deviazione della colata detritica di versante mediante cunei, muri o dighe.

Le misure di protezione ad oggetto comprendono tutti gli interventi tecnico-costruttivi atti a proteggere gli edifici. In questa categoria rientrano anche le misure realizzate direttamente sull'oggetto.

4.9 Casi di sovraccarico

Un caso di sovraccarico si manifesta quando il processo naturale supera il dimensionamento del manufatto protettivo o del sistema di protezione. Nei processi di crollo ciò significa per esempio un'energia superiore al valore calcolato per una rete paramassi oppure un'altezza di rimbalzo superiore. Si ha un sovraccarico anche quando una misura non produce l'effetto previsto.

La progettazione delle misure di protezione deve tenere conto delle imprecisioni e incertezze esistenti: dinamica del processo, evoluzioni impreviste del processo, risultati della modellistica, reazione del sistema di protezione a una sollecitazione, eventi successivi ecc. Tutte queste incognite possono essere prese in considerazione nell'ottimizzazione delle misure di protezione.

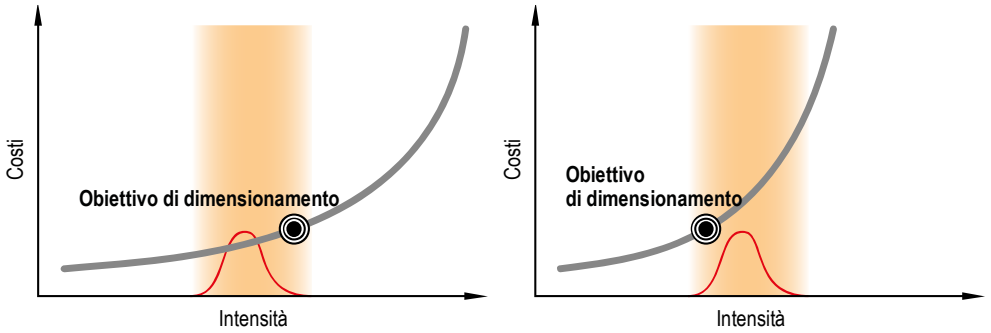
Il dimensionamento delle opere di protezione è basato sugli scenari di progetto (cfr. cap. 2.10) e si riferisce al cosiddetto evento di dimensionamento.

Per i pericoli idrologici si utilizzano i dati statistici sulle piene e per i pericoli di valanghe quelli statistici sull'altezza della neve. Nei movimenti di versante sono invece decisivi la scelta dello scenario di progetto, gli obiettivi di protezione e l'entità della riduzione del rischio. La progettazione e il dimensionamento delle opere di protezione devono tenere conto anche delle possibili conseguenze di un evento e dei danni attesi (rischio).

Se il dimensionamento prudenziale di una misura o di un insieme di misure non comporta eccessivi costi supplementari, si privilegia una soluzione che permette di resistere a un carico del sistema situato al margine superiore della fascia d'incertezza (fig. 18, a sinistra). Se però i costi aumentano fortemente, il dimensionamento dovrebbe basarsi su un carico situato al suo margine inferiore (fig. 18, a destra). Non bisogna inoltre dimenticare che è soggetta a incertezze non solo l'intensità ma anche la probabilità.

Fig. 18 > Dimensionamento di una misura in funzione della fascia d'incertezza

La curva di distribuzione e la banda colorata raffigurano lo spettro delle incertezze relativo all'intensità determinante per il dimensionamento. A sinistra: dimensionamento ai limiti superiori della fascia d'incertezza in caso di aumento contenuto dei costi. A destra: dimensionamento ai limiti inferiori della fascia d'incertezza in caso di sensibile incremento dei costi.



Bezzola e Hegg, 2008

Se gli obiettivi di protezione non possono essere raggiunti con le opere di protezione previste, la sicurezza sarà aumentata adottando provvedimenti supplementari secondo i metodi della gestione integrale: monitoraggio, misure organizzative e di pianificazione territoriale (cfr. cap. 3, 4.1, 4.4, 4.10 segg.). La pianificazione delle misure è volta quindi a cercare la combinazione migliore. Tutte le misure dovrebbero inoltre essere concepite in modo tale da potere essere adeguate abbastanza facilmente a nuove condizioni quadro, per esempio eventi di grandi dimensioni legati al cambiamento climatico.

In ogni caso, deve esser indicato ciò che succede in presenza di un sovraccarico dei sistemi di protezione. Le opere di protezione non devono subire un collasso quando un evento supera il dimensionamento previsto, perché verrebbero provocati una successione di processi incontrollati e un aumento dei danni. Le opere di protezione esistenti e previste devono pertanto essere controllate sistematicamente per verificarne il funzionamento e la resistenza quando sussiste un sovraccarico (cfr. cap. 2.2). Le misure di protezione nell'ambito dei movimenti di versante non riescono sempre a soddisfare le esigenze in materia di sovraccarico. In questi casi occorre creare ridondanze o scegliere sistemi robusti che riescano a tollerare effetti più grandi e che presentino una migliore affidabilità di fronte alle sollecitazioni (p. es. un vallo al posto delle reti paramassi).

La robustezza è definita come la capacità di una struttura portante e dei suoi componenti di limitare eventuali danni o un cedimento a livelli proporzionali alla causa che li ha generati (SIA 260). Concretamente, la rottura di un elemento non deve comportare quella della struttura portante. Nella fase di progettazione occorre pertanto prestare attenzione affinché l'azione dei processi naturali non provochi rapidamente danni rilevanti o un cedimento completo dell'opera. A seconda delle condizioni quadro tecniche e finanziarie vigenti può essere utile pianificare misure complementari o sistemi ridondanti volti a ridurre al minimo l'entità dei danni.

Di fronte alla minaccia di innesco di movimenti di versante, i rischi per le persone possono essere limitati o sensibilmente ridotti anche adottando misure organizzative

(cfr. cap. 4.10). Questi sistemi possono completare le altre misure per contenere i rischi residui e ridurli a un livello accettabile. Nonostante tutte queste possibilità, le misure pianificatorie offrono la maggiore sicurezza e durata possibile, a condizione che le superfici e i corridoi interessati dai casi di sovraccarico siano liberi o vengano sgomberati (art. 17 cpv. 3 OFo).

4.10 Misure organizzative e piani d'allarme

Quando la protezione della vita umana o di beni materiali considerevoli lo esige, i Cantoni istituiscono servizi di preallerta. Inoltre provvedono all'allestimento e alla gestione delle stazioni di misura e dei sistemi d'informazione (art. 16 cpv. 1 OFo). Tuttavia, non saremo mai in grado di proteggerci completamente dai pericoli legati ai movimenti di versante. Il potenziale di pericolo non è interamente prevedibile né interamente controllabile. Gli eventi naturali possono superare l'intensità considerata nella progettazione delle misure, verificarsi in luoghi che fino ad allora non erano stati considerati minacciati o interessare aree che non sono state protette.

L'obiettivo delle misure organizzative è di limitare l'entità e la durata delle situazioni di crisi. Queste misure comprendono il monitoraggio, i servizi di preallerta, l'allarme e il dispiego tempestivo dei provvedimenti d'intervento previsti, il salvataggio e l'assistenza delle vittime. Subito prima e durante l'evento devono inoltre essere pronte misure d'urgenza. La preparazione e l'attuazione delle misure di gestione sono essenzialmente di competenza degli esperti di pericoli naturali e degli organi di condotta. La protezione della popolazione si avvale delle seguenti organizzazioni partner: polizia, pompieri, strutture sanitarie, servizi tecnici e protezione civile. Per gestire con successo un evento è indispensabile che l'intervento e la collaborazione funzionino in modo ineccepibile.

Per motivi tecnici ed economici, non è sempre possibile realizzare delle opere tecniche a protezione dei movimenti di versante, per esempio in caso di grandi volumi coinvolti. Se per un'area soggetta a pericolo non può essere assicurata una protezione completa, i sistemi di monitoraggio, allarme e allerta consentono di proteggere la popolazione a costi moderati.

Prima dell'allestimento di un sistema di sorveglianza, occorre disporre di adeguati documenti di base sui pericoli. Se questi mancano, bisogna prima analizzare i processi, i pericoli e i rischi.

L'allestimento di sistemi di sorveglianza per l'allerta e l'allarme deve essere adeguato e strutturato in modo graduale. Di seguito sono illustrate le diverse fasi da seguire e i criteri da applicare al riguardo.

4.10.1 Sistemi di preallerta

Fin dall'inizio è necessario definire l'entità e gli obiettivi di protezione e lo scopo del monitoraggio, perché questi parametri influenzano in modo determinante la strategia di misurazione. Le misure periodiche sono spesso destinate alla sorveglianza, ma anche

alla comprensione dei processi. L'evoluzione dei processi di scivolamento può essere monitorata con misure periodiche, a condizione di disporre di un tempo di reazione sufficiente per attuare ulteriori provvedimenti (p. es. evacuazione). Nei processi improvvisi e violenti, il tempo di reazione (o d'intervento) è limitato. Per questo, la zona minacciata viene sorvegliata in permanenza mediante un sistema di allarme.

In funzione degli obiettivi, vengono definiti quattro livelli di sorveglianza. Prima di allestire il sistema di allerta e di allarme è indispensabile capire i processi di pericolo. Il primo livello è pertanto imperativo per la valutazione dei pericoli. Successivamente si decide se realizzare o meno i livelli 2, 3 o 4. Il numero delle misure aumenta con ogni livello:

Tab. 3 > Livelli di sorveglianza

Livello	Obiettivo, tipo	Frequenza di rilevamento
1.	Migliorare la comprensione del processo, valutazione pericolo	da una a più volte
2.	Seguire o sorvegliare l'evoluzione generale	periodicamente*
3.	Individuazione precoce, sistema di allerta**	periodicamente*, spesso
4.	Sorveglianza permanente per il sistema d'allarme**	permanente***

* Possibili intervalli in caso di misure periodiche: giorni, mesi, anno (anni). Gli intervalli possono essere regolari o irregolari. In determinate situazioni l'intervallo di misura può essere diminuito (dopo precipitazioni, intemperie ecc.).

** I sistemi di preallerta comprendono i sistemi di allerta e di allarme (ingl. Early Warning System) e fanno parte di una strategia di sicurezza.

*** Sorveglianza permanente e trasmissione in tempo reale per l'allarme (sistema d'allarme). La sorveglianza permanente con trasmissione rapida è necessaria soprattutto quando può avvenire un disfunzionamento spontaneo (tempo reale, «real time»). Generalmente è possibile sorvegliare il processo primario («first move», p. es. crollo di roccia) e/o il processo secondario («second move», p. es. flusso detritico).

Dopo aver determinato il livello di sorveglianza, occorre stabilire una strategia che valuti le possibilità di misurazione in superficie e nel sottosuolo. È possibile pianificare e realizzare i livelli da 1 a 4 uno dopo l'altro. Di seguito è elencata una serie di possibili parametri integrabili nel sistema di sorveglianza:

> lo spostamento, la deformazione: prodotti come velocità, accelerazioni e movimenti differenziali sono calcolati in base allo spostamento misurato;
> i parametri meteorologici (precipitazioni, temperatura ecc.);
> i parametri idraulici (pressione idrica, livello dell'acqua, velocità di deflusso ecc.);
> i valori geofisici (microsismici, acustici, ecc.);
> altre caratteristiche dei materiali o dei processi pericolosi.

La scelta del metodo o della tecnica di misura è di centrale importanza. Ci si deve chiedere se i metodi sono adatti a una sorveglianza affidabile, precisa, permanente, areale o lineare. I vantaggi e gli svantaggi devono essere valutati alla luce degli obiettivi prefissati e della loro durabilità. I metodi di monitoraggio dei movimenti di versante possono essere suddivisi in:

a) misure puntuali:
   esempi: estensimetro per la misurazione delle fessure, GPS;
b) misure lineari (lungo una linea o un profilo):

le misure lineari possono essere effettuate in superficie o nel sottosuolo, come per esempio in un foro di sondaggio. Le misure nei fori di sondaggio sono di grande importanza, perché consentono di rilevare in modo affidabile i cambiamenti o le deformazioni nel sottosuolo. Esempio: inclinometro in un foro di sondaggio;

c) misure areali:
il vantaggio di una misura areale risiede nella sua copertura spaziale. Essa ha una grande valenza nei territori in cui l'estensione e l'attività dei movimenti di versante sono sconosciute. Esempi: LIDAR*, INSAR*, riprese fotografiche* (eventuali riprese satellitari, aeree e terrestri).

Può essere opportuno combinare metodi diversi se risulta utile disporre di misure puntuali, lineari e areali. La combinazione di vari metodi diventa necessaria quando sono previste analisi spaziali distinte o quando le esigenze in materia di sorveglianza sono molto elevate (p. es. in caso di ridondanza necessaria).

Precisione delle misure:

innanzitutto occorre stabilire le esigenze in materia di precisione e quindi conoscere le caratteristiche tecniche degli apparecchi di misura e del sistema di sorveglianza. Nella misura degli spostamenti, la precisione può essere da sub-millimetrica a decimetrica. In generale i pericoli di crolli richiedono una precisione millimetrica. La precisione degli apparecchi di misura deve essere controllata (taratura).

Analisi e interpretazione dei dati

L'installazione di un nuovo sistema di monitoraggio richiede una fase di osservazione per conoscere il funzionamento del sistema, la variabilità delle misure, le fluttuazioni naturali e il loro influsso (cosiddetta «fase di taratura»). Solo successivamente sarà possibile procedere a interpretazioni rilevanti per la sicurezza e fissare dei valori soglia. Durante la valutazione e l'interpretazione saranno affrontati diversi aspetti:

- come evolvono gli spostamenti? Dinamica, comportamento del movimento, accelerazioni e tendenze?
- Vi sono fattori esogeni rilevanti come le precipitazioni o la temperatura?
- Sono riscontrabili indizi di meccanismi di rottura?

L'interpretazione dei dati e della dinamica dei movimenti di versante è la base della valutazione dei pericoli e consente la verifica degli scenari e del sistema di preallerta.

Affidabilità del sistema di sorveglianza

È opportuno riesaminare la strategia di monitoraggio in caso di cambiamenti dei rischi o se rimangono troppe incertezze: in questo caso si verifica l'affidabilità dei dati acquisiti, dei valori soglia e del sistema stesso. Questa operazione comprende uno studio statistico dei dati e un'analisi degli errori (p. es. deviazione standard).

L'affidabilità dei sistemi di preallerta può essere valutata in:

1. affidabilità tecnica (apparecchi, componenti, configurazione del sistema);
2. affidabilità dei dati relativi all'allerta contro i pericoli naturali (rilevanza);
3. affidabilità delle persone (esperti, responsabili della sicurezza ecc.).

L'affidabilità delle persone è determinante nei sistemi di allerta che richiedono una decisione per l'intervento. Parametri importanti sono la qualità dell'interpretazione e la competenza degli esperti in caso di evento. La loro propensione a tollerare più o meno i rischi influenza la sicurezza. In caso di un evento è indispensabile affidarsi anche ad altre persone chiamate a prendere delle decisioni (responsabili della sicurezza, organo di condotta comunale ecc.).

Nella valutazione dei dati e delle reti di monitoraggio bisogna chiedersi se il numero dei punti e dei parametri di misura sia adeguato. Può risultare che mancano dei punti importanti, mentre vengono misurati punti poco significativi. Anche la frequenza delle misurazioni deve essere verificata.

Il sistema di preallerta deve essere funzionante, disponibile in qualsiasi momento e sufficientemente duraturo. Durante la fase di esercizio occorre controllare regolarmente l'affidabilità del sistema (funzionamento degli apparecchi di misurazione, trasmissione e salvataggio dei dati, alimentazione di emergenza ecc.), gli effetti degli eventi naturali (impatto di caduta di sassi, fulmini ecc.) e l'azione dell'uomo o degli animali (danneggiamenti ecc.). Quando le esigenze in materia di affidabilità sono molto elevate, il sistema deve essere ridondante.

Allerta

L'allerta o l'allarme sono legati a un fenomeno in evoluzione, ossia a un processo pericoloso. È il caso delle allerte per piene, valanghe o crolli di roccia. Questi processi hanno una dimensione temporale, ma anche una dimensione spaziale. Le allerte sono pertanto riferite a un determinato territorio, per esempio alla scala locale, regionale, nazionale o internazionale. I processi e la loro evoluzione possono divergere anche in termini di tempo. Quando una roccia minaccia di crollare è una questione di secondi o di minuti. Quando un flusso detritico insorge in rocce incoerenti instabili in zone periglaciali rimangono in genere alcuni minuti. In caso di pericolo di piena per città come Berna, Basilea o Budapest vi è invece più tempo per l'allerta (da qualche ora a qualche giorno).

Di norma, spetta alle autorità locali diramare l'allarme alla scala locale. Nelle zone di pericolo conosciute, la responsabilità per l'allerta e l'allarme è affidata a gruppi appositamente formati, che traggono le informazioni dai propri sistemi di sorveglianza e da quelli di istituzioni nazionali. I valori soglia per i movimenti di versante devono essere fissati caso per caso. In situazioni di crolli di roccia imminenti, i valori soglia del pericolo sono spesso compresi tra il millimetro e il centimetro. Nei casi di scivolamento in materiale sciolto, i valori soglia sono di regola più elevati.

Una strategia di sicurezza serve all'autorità o all'istituzione per la preparazione a un evento di pericolo naturale e disciplina tra l'altro anche le competenze sia per l'allerta che per l'allarme. Le persone e le istituzioni che possono essere coinvolte sono:

- gli esperti di pericoli naturali;
- i responsabili della sicurezza, il servizio di sicurezza, i consulenti in materia di pericoli naturali[1];
- le commissioni dei pericoli naturali, le commissioni o i servizi di allerta[1];

[1] (Possibili livelli/unità: Comune, Cantone, impresa)

> lo stato maggiore di condotta comunale, l'esecutivo comunale;
> le forze d'intervento della protezione della popolazione (polizia, pompieri, sanità, protezione civile, servizi tecnici);
> i servizi tecnici cantonali, lo stato maggiore di condotta cantonale;
> gli uffici federali, altri.

L'efficacia di tali misure di protezione dipende anche dalla reazione individuale delle persone esposte al pericolo, che devono essere in grado di ricevere e capire l'allarme. In caso di pericolo imminente devono infatti sapere reagire in modo adeguato. Esempi di comportamento: fermarsi quando si accende la luce rossa, abbandonare il locale quando suona la sirena, recarsi nel rifugio (cfr. anche il capitolo dedicato alla pianificazione delle misure di emergenza).

I valori soglia applicati al sistema di preallerta sono stabiliti preventivamente dagli esperti in funzione del luogo. Occorre inoltre definire le procedure per la revoca dell'allarme (valori soglia, controlli, competenze ecc.). La seguente tabella illustra un esempio con tre valori soglia e le rispettive competenze:

Tab. 4 > Esempi di valori soglia

Valore soglia	Velocità v [mm/giorno]	Persone, competenze
p. es. valore soglia 1:	v>1 mm/giorno se spostamento totale >3 mm	→ geologo, esperto, ecc.
p. es. valore soglia 2:	v>3 mm/giorno	→ + commissione pericoli
p. es. valore soglia 3:	v>8 mm/giorno o se spostamento totale >10 mm	→ + stato maggiore ecc.

Nota bene: si può stabilire un numero di valori soglia superiore o inferiore a tre.

Informazioni supplementari

I servizi federali specializzati sono competenti per l'allerta nazionale (cfr. a riguardo l'ordinanza sull'allarme e la decisione del Consiglio federale relativa a OWARNA). Sulla piattaforma informativa comune dei pericoli naturali (GIN) i servizi federali mettono a disposizione degli esperti del settore i loro prodotti relativi ai diversi pericoli naturali. Questi prodotti comprendono dati di misura, previsioni, allerte e bollettini.

4.10.2 Pianificazione delle misure d'urgenza

La pianificazione delle misure d'urgenza stabilisce i provvedimenti che le autorità e le forze d'intervento devono adottare in caso di evento (secondo l'art. 15 cpv. 1 lett. c OFo). L'obiettivo prioritario è di salvare le persone, e, se del caso, anche gli animali da reddito, di ridurre l'entità dei danni e di contenere ulteriori danni da sostanze pericolose, come ad esempio da prodotti chimici.

È essenziale che le autorità competenti conoscano i pericoli legati ai movimenti di versante e i relativi livelli di allerta e di allarme (cfr. capitolo precedente). Grazie

all'allestimento di piani di evacuazione e d'intervento e a un'adeguata preparazione si può quantomeno mitigare gli effetti di eventi pericolosi. Oltre ai preparativi logistici è importante anche prevedere rifugi sicuri per le persone evacuate.

Informazioni supplementari

> *Sättele M., Bründl M., 2015, Guida pratica per l'impiego dei sistemi di preallarme in caso di pericoli naturali gravitazionali (d/f).*
> *GIN (non accessibile al pubblico): www.gin.admin.ch*
> *OWARNA: www.planat.ch/it/autorita/in-caso-di-evento/owarna*
> *Allerte sui pericoli naturali della Confederazione: www.pericoli-naturali.ch*

4.11 Verifica periodica e controllo dell'efficacia

Il controllo dell'efficacia consente di sapere se determinate misure hanno raggiunto (o meno) il loro obiettivo. La verifica periodica delle misure e dei documenti di base sui pericoli è compito delle autorità e assume particolare importanza dopo le intemperie. Il controllo dell'efficacia, che fornisce anche gli adeguamenti o le ottimizzazioni possibili in futuro, non è fine a se stesso, ma parte integrante del progetto. Illustra inoltre se le risorse sono state impiegate in modo ottimale e mirato.

La verifica della strategia di protezione è legata anche alla manutenzione. Tutte le misure devono restare operazionali, non solo le opere tecniche, ma anche le misure pianificatorie e organizzative.

> Allegato

A1 Basi legali

L'aiuto all'esecuzione concernente la protezione contro i pericoli dei movimenti di versante si fonda su una serie di leggi federali e relative ordinanze. Sono qui elencate le principali prescizioni giuridiche in materia di pericoli naturali.

Legge federale del 22 giugno 1979 sulla pianificazione del territorio (LPT, RS 700)

Art. 6: Fondamenti

[2] In vista dell'allestimento dei loro piani direttori, i Cantoni elaborano i fondamenti in cui stabiliscono quali territori:
c) sono minacciati in misura rilevante da pericoli naturali o da immissioni nocive.

Art. 15: Zone edificabili

[4] Un terreno può essere assegnato a una zona edificabile se:
a) è idoneo all'edificazione.

Legge federale del 4 ottobre 1991 sulle foreste (LFo, RS 921.0)

Art. 1: Scopo

[1] La presente legge ha lo scopo di:
a) garantire la conservazione della foresta nella sua estensione e ripartizione geografica;
b) proteggere la foresta come ambiente naturale di vita;
c) garantire che la foresta possa svolgere le sue funzioni, in particolare protettive, sociali ed economiche (funzioni della foresta);
d) promuovere e tutelare l'economia forestale.

[2] Deve inoltre contribuire a proteggere la vita umana e beni materiali considerevoli da valanghe, scoscendimenti, erosione e cadute di pietre (catastrofi naturali).

Art. 19: Protezione dalle catastrofi naturali

Se la protezione della vita umana o di beni materiali considerevoli lo esige, i Cantoni provvedono alla sicurezza delle zone di stacco di valanghe e delle zone soggette a scoscendimento di terreno, erosione o cadute di pietre, come pure ad indigare il corso dei torrenti in foresta. Per quanto possibile sono utilizzati metodi rispettosi della natura.

Art. 36: Protezione da catastrofi naturali

[1] La Confederazione accorda ai Cantoni sulla base di accordi di programma indennità globali per provvedimenti intesi a proteggere la vita umana e beni materiali considerevoli contro le catastrofi naturali, segnatamente per:
a) la costruzione, il ripristino e la sostituzione di opere e impianti protettivi;
c) l'istituzione di catasti e di carte dei pericoli, l'allestimento e la gestione di stazioni di misurazione nonché l'organizzazione di servizi di preallarme per garantire la sicurezza di insediamenti e di vie di comunicazione.

Ordinanza del 30 novembre 1992 sulle foreste (OFo, RS 921.01)

Art. 15: Documenti di base

[1] I Cantoni elaborano i documenti di base per la protezione dalle catastrofi naturali. Essi:
a) tengono inventari riguardanti opere e installazioni importanti per la protezione dalle catastrofi naturali (catasto delle opere di protezione);
b) documentano gli eventi dannosi (catasto degli eventi) e, se necessario, analizzano gli eventi dannosi di maggiore entità;
c) allestiscono carte dei pericoli e pianificazioni d'emergenza in caso di eventi dannosi e le aggiornano periodicamente.

[2] Nell'elaborazione dei documenti di base, i Cantoni tengono conto dei lavori svolti dai servizi specializzati della Confederazione e delle loro direttive tecniche.

[3] I Cantoni tengono conto dei documenti di base in ogni attività d'incidenza territoriale, segnatamente nella pianificazione direttrice e d'utilizzazione.

[4] Su richiesta, i Cantoni mettono i documenti di base a disposizione dell'Ufficio federale e li rendono accessibili al pubblico in forma adeguata.

Art. 16: Servizi di preallarme

[1] Se la protezione della vita umana o di beni materiali considerevoli lo esige, i Cantoni istituiscono servizi di preallarme. Essi provvedono all'allestimento e alla gestione delle pertinenti stazioni di misurazione e sistemi d'informazione.

[2] Nell'istituzione e nella gestione dei servizi di preallarme, i Cantoni tengono conto dei lavori svolti dai servizi specializzati della Confederazione e delle loro direttive tecniche.

[3] I Cantoni provvedono affinché i dati delle stazioni di misurazione e dei sistemi d'informazione siano messi a disposizione dell'Ufficio federale, se quest'ultimo li richiede, e resi accessibili al pubblico in forma adeguata.

Art. 17: Premunizione di zone soggette a catastrofi naturali

[1] La premunizione di zone soggette a catastrofi naturali comprende:
a) provvedimenti selvicolturali;
b) provvedimenti edilizi per impedire danni causati da valanghe e, eccezionalmente, l'istallazione d'impianti per lo stacco preventivo di valanghe;
c) provvedimenti concomitanti negli alvei, in relazione alla conservazione della foresta (sistemazione idraulico-forestale);
d) opere contro frane e scoscendimenti di terreno, corrispondenti drenaggi nonché provvedimenti di protezione contro l'erosione;
e) opere contro la caduta di pietre o massi, incluse le opere di contenimento ed eccezionalmente il brillamento preventivo di materiale pericolante;
f) spostamento d'edifici ed impianti minacciati in luoghi sicuri.

[2] I lavori vanno combinati possibilmente con provvedimenti selvicolturali e di bioingegneria.

[3] I Cantoni provvedono ad assicurare una pianificazione integrale che tenga conto segnatamente degli interessi di gestione della foresta, di protezione della natura e del paesaggio, della sistemazione dei corsi d'acqua, dell'agricoltura e della pianificazione del territorio.

Art. 39: Protezione da catastrofi naturali

[1] Le indennità per i provvedimenti e per l'allestimento dei documenti di base sui pericoli sono di norma accordate globalmente. L'ammontare delle indennità globali è negoziato tra l'Ufficio federale e il Cantone interessato ed è stabilito in base:
a) al potenziale di pericolo e di danno;
b) all'entità e alla qualità dei provvedimenti e della pianificazione.

[2] Le indennità possono essere accordate nel singolo caso se i provvedimenti:
a) interessano più di un Cantone;
b) riguardano zone protette od oggetti registrati in inventari nazionali;
c) richiedono una valutazione tecnica particolarmente complessa o specifica a causa delle possibili alternative o per altri motivi; oppure
d) non erano prevedibili.

[3] I contributi ai costi dei provvedimenti secondo il capoverso 2 sono compresi tra il 35 e il 45 per cento e sono stabiliti in base:
a) al potenziale di pericolo e di danno;
b) al grado di attuazione di un esame completo dei rischi;
c) all'entità e alla qualità dei provvedimenti e della pianificazione.

[4] Qualora un Cantone debba adottare provvedimenti di protezione straordinari e particolarmente onerosi, segnatamente in seguito a danni causati dal maltempo, il contributo della Confederazione secondo il capoverso 3 può, in via eccezionale, essere aumentato sino a un massimo del 65 per cento dei costi dei provvedimenti.

[5] Non è accordata alcuna indennità per:
a) provvedimenti necessari per proteggere costruzioni e impianti che al momento della loro realizzazione:
1. sono stati edificati in zone già delimitate quali pericolose o in regioni notoriamente pericolose, e
2. non erano necessariamente legati a tale ubicazione;

b) provvedimenti volti a proteggere costruzioni e impianti turistici come teleferiche, sciovie, piste da sci e sentieri che si trovano al di fuori degli insediamenti.

Art. 66a: Geoinformazione

L'Ufficio federale stabilisce i modelli di geodati e i modelli di rappresentazione minimi per i geodati di base ai sensi della presente ordinanza per i quali è designato quale servizio specializzato della Confederazione nell'allegato 1 dell'ordinanza del 21 maggio 2008 sulla geoinformazione.

Legge federale del 21 giugno 1991 sulla sistemazione dei corsi d'acqua (LSCA, RS 721.100)

Art. 3: Provvedimenti

[1] I Cantoni garantiscono la protezione contro le piene in primo luogo tramite lavori di manutenzione e misure pianificatorie.

[2] Non bastando tali misure, si eseguiranno correzioni, arginature, ripari, bacini di raccolta e di ritenzione, nonché altri lavori atti a prevenire i movimenti del terreno.

[3] Ogni intervento dev'essere valutato globalmente e nel suo interagire con misure simili, dipendenti da altri ambiti.

Art. 6: Indennità per misure di protezione contro le piene

[1] Nei limiti dei crediti stanziati, la Confederazione promuove le misure atte a proteggere la vita umana e i beni materiali considerevoli dai pericoli delle acque.

[2] Essa accorda indennità segnatamente per:
b) l'allestimento di catasti e di carte dei pericoli, l'approntamento e l'esercizio di stazioni di misurazione, nonché la creazione di sistemi d'allarme per la sicurezza di centri abitati e vie di comunicazione.

Ordinanza del 2 novembre 1994 sulla sistemazione dei corsi d'acqua (OSCA, RS 721.100.1)

Art. 20: Direttive

L'UFAM emana direttive segnatamente in materia di:
b) allestimento di catasti di carte dei pericoli;

Art. 21: Regioni pericolose e spazio riservato alle acque

[1] I Cantoni designano le regioni pericolose.

[3] Nei piani direttori e di utilizzazione nonché nelle loro altre attività d'incidenza territoriale tengono conto delle regioni pericolose […].

Art. 22: Sorveglianza

I Cantoni esaminano periodicamente la situazione di pericolo delle acque nonché l'efficacia delle misure prese per la protezione contro le piene.

Art. 27: Studi di base dei Cantoni

[1] I Cantoni elaborano i documenti di base per la protezione dalle catastrofi naturali. Essi:
a) tengono inventari riguardanti opere e installazioni importanti in materia di sicurezza contro le piene (catasto delle opere di protezione);
b) documentano gli eventi dannosi (catasto degli eventi) e, se necessario, analizzano gli eventi dannosi di maggiore entità;
c) allestiscono carte dei pericoli e pianificazioni d'emergenza in caso di eventi dannosi e le aggiornano periodicamente;
d) rilevano lo stato delle acque e la loro evoluzione;
f) approntano e gestiscono le stazioni di misurazione necessarie nell'interesse della protezione contro le piene.

[2] Tengono conto dei lavori e delle direttive tecniche realizzati dalla Confederazione.

[3] Su richiesta, mettono i dati a disposizione dell'UFAM e li rendono accessibili al pubblico in forma adeguata.

Legge federale del 1° ottobre 2010 sugli impianti di accumulazione (LImA, RS 721.101)

Art. 2: Campo d'applicazione

[1] La presente legge si applica agli impianti di accumulazione che adempiono uno dei requisiti seguenti:
a) l'altezza d'invaso è di almeno 10 m sul livello di magra del corso d'acqua o sul terreno d'impostazione.
b) l'altezza d'invaso è di almeno 5 m e la ritenuta è superiore a 50 000 m^3.

[2] L'autorità di vigilanza della Confederazione (art. 22) può:
a) assoggettare alla presente legge gli impianti di accumulazione di dimensioni inferiori che presentano un potenziale di pericolo particolare;
b) escludere dal campo d'applicazione della presente legge gli impianti di accumulazione per i quali è provato che non presentano un potenziale di pericolo particolare.

Art. 3: Definizioni

[1] Per impianti di accumulazione s'intendono gli impianti per la ritenzione o l'accumulazione di acqua o fango. Sono considerati impianti di accumulazione anche i manufatti per la ritenuta di materiale detritico, ghiaccio e neve o per la ritenuta a breve termine di acqua (bacini di ritenuta).

Art. 10: Provvedimenti per i casi d'emergenza

[1] Il gestore adotta provvedimenti per il caso in cui non sia più garantito un esercizio sicuro dell'impianto di accumulazione a causa di un comportamento anomalo, di eventi naturali o di atti di sabotaggio.

[2] In caso d'emergenza, il gestore deve prendere tutte le misure atte a evitare la messa in pericolo di persone, di beni e dell'ambiente.

Art. 12: Protezione della popolazione in caso d'emergenza

[1] In caso d'emergenza la Confederazione, i Cantoni e i Comuni provvedono, mediante i mezzi e le strutture della protezione della popolazione, alla diffusione di istruzioni sul comportamento da adottare e all'eventuale evacuazione della popolazione.

Ordinanza del 17 ottobre 2012 sugli impianti di accumulazione (OImA, RS 721.101.1)

Art. 1: Definizioni

[1] Un impianto di accumulazione è composto da:
a) l'opera di sbarramento;
b) la relativa ritenuta;
c) le opere ausiliarie.

[2] Le opere di sbarramento sono:
a) dighe in calcestruzzo o dighe in muratura;
b) dighe in materiale sciolto;
c) traverse mobili per lo sbarramento di fiumi, con relativi argini laterali.

Art. 2: Impianti di accumulazione che presentano un potenziale di pericolo particolare

[1] Esiste un potenziale di pericolo particolare se la rottura dell'opera di sbarramento può mettere in pericolo vite umane o causare danni materiali maggiori.

[2] I Cantoni interessati annunciano all'autorità di vigilanza della Confederazione (Ufficio federale dell'energia, UFE) gli impianti di accumulazione che presumibilmente presentano un potenziale di pericolo particolare malgrado non sottostiano alla LImA a causa delle loro dimensioni.

Art. 3: Impianti di accumulazione che non presentano un potenziale di pericolo particolare

[1] Il gestore allega alla domanda di escludere il suo impianto di accumulazione dal campo d'applicazione della LImA tutti i documenti necessari a esaminare il potenziale di pericolo.

A2 Identificazione dei processi dei movimenti di versante

Per proteggersi in modo efficace dai movimenti di versante è molto importante conoscerne i processi determinanti. Ogni fenomeno ha le sue caratteristiche in termini di cause, meccanismi di frattura, velocità, dinamica, superfici interessate e volumi. Capire i processi e i meccanismi consente di valutare i pericoli e di pianificare le misure di protezione con cognizione di causa. La carta dei pericoli, che fornisce le informazioni sul pericolo al quale è esposto un settore, è indispensabile per assumere decisioni sulle misure da intraprendere. I prossimi paragrafi spiegano brevemente le principali tipologie di movimenti di versante.

A2-1 Definizione dei movimenti di versante

La legge forestale si occupa di valanghe, scoscendimenti, erosione e cadute di pietre (catastrofi naturali) (art. 1 cpv. 2 LFo). Il presente aiuto all'esecuzione tiene conto, per analogia, di tutti i processi di crollo: caduta di sassi, blocchi e massi, crollo di roccia, valanga di roccia, caduta di ghiaccio e sprofondamento.

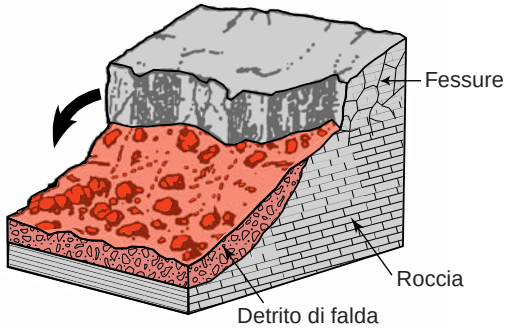
Oltre alla definizione è importante il concetto di transizione di processo. La stessa massa è a volte soggetta a diversi processi consecutivi. Per esempio, al fronte ripido di uno scivolamento continuo e lento (primo evento, «first move») può formarsi successivamente uno scivolamento spontaneo, che si stacca su un piano di scivolamento secondario e si riversa a valle come colata detritica di versante (secondo evento, «second move»). Tutti i processi o la loro evoluzione sono importanti per la valutazione del pericolo e devono essere giudicati nel loro insieme (Varnes 1978, Turner e Schuster 1996).

A2-2 Processi di crollo

Il distacco di roccia e/o di materiale sciolto in un terreno ripido è chiamato processo di crollo. Il materiale precipita a valle per lo più in caduta libera o rimbalzando (fig. 19). I processi di crollo sono movimenti di versante rapidi che si suddividono in quattro categorie secondo il volume e le dimensioni dei loro componenti (tab. 5). Le dimensioni e la forma dei blocchi che cadono sono determinate essenzialmente dalla struttura della massa rocciosa (fessurazione ecc.). Se le fratture sono molto attive e interessano masse rocciose vicine alla superficie, la caduta di sassi e il crollo di roccia possono essere dovuti a un fenomeno di uncinamento.

Fig. 19 > Processo di crollo

Nei processi di crollo una parte del movimento è in caduta libera. Seguono poi rimbalzi e processi secondari di rotolamento fino all'arresto.



Modificato secondo Amanti et al. 1992

Tab. 5 > Classificazione dei processi di crollo in base al diametro e ai volumi

Processo	Diametro componenti	Volumi	Velocità	Osservazione
Caduta di sassi	<50 cm	-	<30 m/s	Di solito caduta di singoli sassi per evento
Caduta di massi	≥50 cm	Vol.<100 m³	<30 m/s	Di solito caduta di singoli blocchi e massi per evento
Crollo di roccia	-	Vol.>100 m³ e Vol.<1 mio m³	10–40 m/s	Di solito caduta di numerosi massi o blocchi che si frammentano nel corso del loro spostamento. I crolli di roccia possono comprendere diverse fasi (distacchi parziali)
Valanga di roccia	-	Vol.>1 mio m³	>40 m/s	Fase iniziale con massa franosa compatta. L'area interessata, compresa la zona di deposito, può coinvolgere grandi superfici

A2-3

Processi di scivolamento

Gli scivolamenti sono movimenti verso valle di materiale roccioso e/o detritico (nonché terroso) su un piano di scivolamento. In casi particolari si può osservare una serie di piani di scivolamento all'interno di una zona di taglio di diversi metri. Questa tipologia di instabilità naturale è molto frequente in Svizzera e si manifesta con grande varietà di forme. La più grave devastazione subita in tempi recenti dovuta a scivolamento risale al 1994. A Falli Hölli, nel Cantone di Friburgo, una quarantina di case e un albergo scivolarono in direzione del ruscello Höllbach a una velocità di 6 metri al giorno e furono completamente distrutti (Raetzo 1997). L'attività di una massa in movimento è influenzata dalle condizioni idrogeologiche. Le acque sotterranee e superficiali svolgono quindi un ruolo importante per quanto riguarda il meccanismo e l'attività. Per capire il processo occorre considerare i seguenti criteri:

A2-3.1 Meccanismo

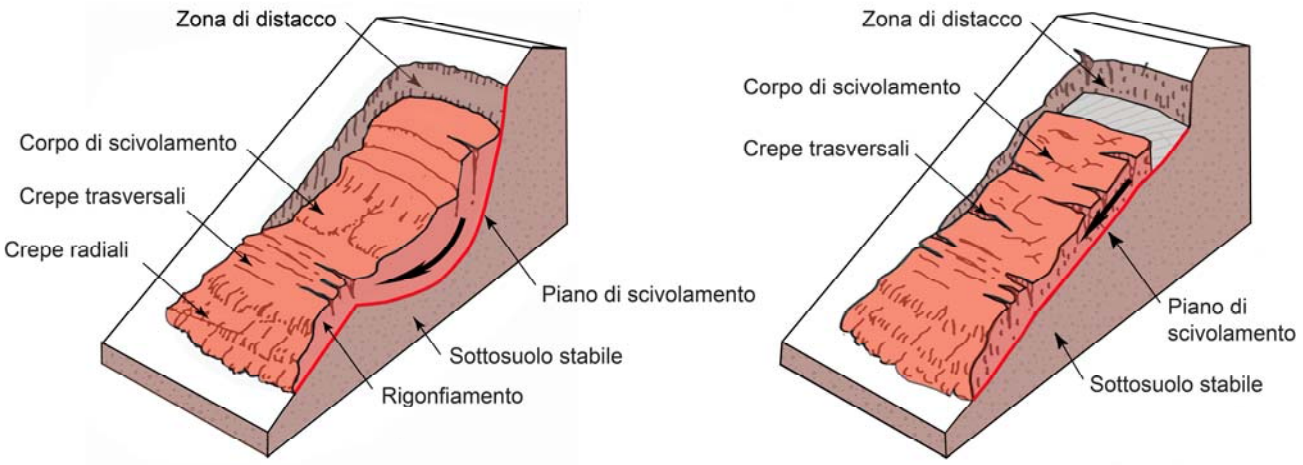
Le deformazioni gravitative profonde di versante sono movimenti gravitativi di terreni rocciosi caratterizzate da una componente verticale preponderante. La transizione a un fenomeno di scivolamento è graduale e i due processi hanno un meccanismo simile. Per questi motivi vengono valutati con gli stessi criteri.

Negli *scivolamenti rotazionali* la massa scorre a valle per effetto gravitativo lungo una superficie di frattura concava (fig. 20, a sinistra). Nella parte superiore dello scivolamento sono spesso visibili avvallamenti e crepe. Al fronte il materiale mobilizzato viene compresso, dando luogo a un rigonfiamento, fenomeno tipico di questo processo. Lo scivolamento rotazionale si verifica in materiale detritico omogeneo, principalmente argilloso e siltoso.

Si parla di *scivolamenti traslazionali* quando strati o interi pacchetti di strati scorrono lungo una zona di debolezza preesistente quasi piana (fig. 20, a destra). La loro superficie è molto variabile e può raggiungere diversi chilometri quadrati; in Svizzera in un caso si arriva addirittura a 45 km². Lo spessore delle masse in scivolamento può raggiungere diverse decine di metri. Le zone di flysch o di scisti marnoso-calcarei sono particolarmente soggette a questo tipo di movimenti. Sul terreno si osservano frequentemente forme miste di scivolamenti rotazionali e traslazionali.

Fig. 20 > Scivolamenti rotazionali (sinistra) e traslazionali (destra)

Gli scivolamenti rotazionali sono caratterizzati da una superficie di scivolamento circolare. Gli scivolamenti traslazionali, che si manifestano su superfici sensibilmente piane, possono raggiungere velocità massime di spostamento più elevate.



Modificati secondo Varnes, 1978; USGS, 2004

Il «creeping» è un caso particolare di movimenti di versante assimilabile per semplificazione, in questo aiuto all'esecuzione, agli scivolamenti. I meccanismi non sono sempre identici o la loro definizione varia secondo le regioni.

«Creeping»

In questi movimenti, la velocità di movimento in superficie è paragonabile a quella di uno scivolamento di terreno, ma è dovuta essenzialmente a una deformazione di taglio della massa mobilizzata (non esiste un piano di scivolamento in senso stretto). Queste deformazioni diminuiscono con l'aumentare della profondità.

I movimenti di «creeping» si verificano nelle formazioni sciolte e negli strati di suolo. Le deformazioni di taglio sono dovute a una perdita di coesione del materiale sciolto in seguito a una saturazione di acqua o ghiaccio. Un «creeping» superficiale può essere provocato anche dai cicli di gelo e disgelo. Nelle Alpi i processi di «creeping» possono interessare vaste superfici di diversi chilometri quadrati.

Dal punto di vista geotecnico, il termine «creeping» designa essenzialmente i movimenti superficiali. Talvolta è utilizzato però anche per certi scivolamenti o deformazioni di versante lenti e profondi. Tra i movimenti di «creeping» vengono classificate talvolta anche le frane di roccia per ribaltamento che non hanno un piano di scivolamento continuo. Le frane per ribaltamento sono invece nette quando un sistema ben sviluppato di diaclasi permette movimenti di corpi rocciosi in prossimità della superficie.

A2-3.2 Velocità di scivolamento

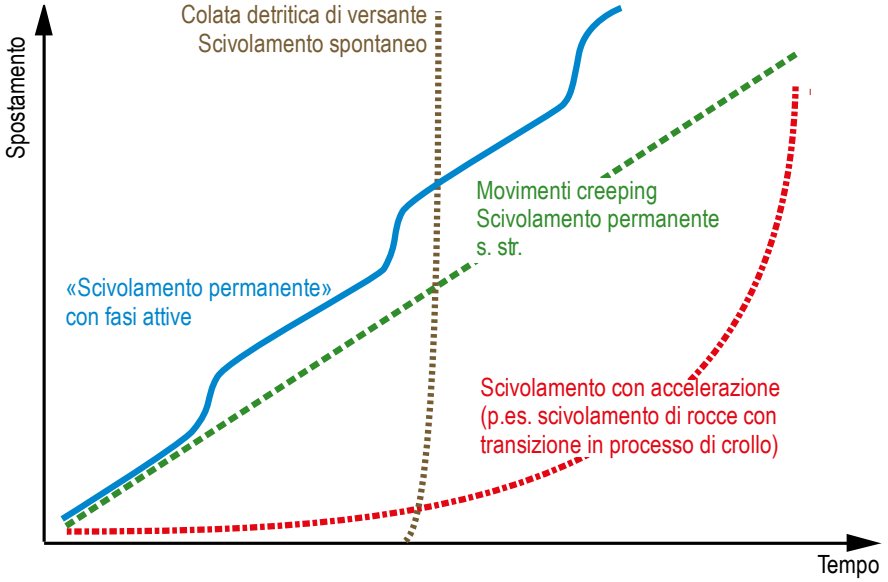
Nel corso di un lungo periodo di osservazione, la velocità di uno scivolamento attivo risulta soggetta a oscillazioni variabili e continue. Per la valutazione dei pericoli è quindi opportuno calcolare la velocità media (v) su base pluriennale. In caso di spostamenti regolari si usa il termine di «scivolamento permanente», anche se esiste sempre una variabilità minima dovuta alle oscillazioni naturali del livello delle acque di falda, di fessurazione o di versante. Quando si verificano delle accelerazioni (fino a v_{max}), aumenta l'intensità dello scivolamento. In casi estremi, una forte accelerazione può innescare un cambiamento di processo e uno scivolamento attivo può improvvisamente dare origine a una colata detritica di versante. I cambiamenti di velocità costituiscono pertanto un criterio importante per la valutazione del potenziale di rischio (cfr. cap. 2 e par. 2.5 e seg.).

La variazione della velocità (v_{max}) può essere messa in relazione con la probabilità. Quest'ultima dipende da diversi fattori, di cui i principali sono le precipitazioni, le proprietà meccaniche della roccia, il livello della falda, la pressione dell'acqua interstiziale, il meccanismo, la profondità e i volumi. Per la valutazione di v_{max} occorre considerare questi e altri fattori. Nel caso ideale, per la valutazione di v_{max} si dovranno utilizzare le variazioni di velocità effettivamente misurate.

Quando si registrano spostamenti dell'ordine di decimetri in una fase di crisi o di un metro per evento, in linea generale va scelta un'intensità forte, perché il rischio al quale persone e beni materiali sono esposti è elevato nell'immediato. In casi estremi, il cambiamento della velocità (v_{max}) può crescere da zero a diversi metri all'anno. In questo caso si parla di «riattivazione» (cfr. cap. 2.9).

Fig. 21 > Relazione tempo/spostamento per diverse tipologie di scivolamento

Solo nella curva verde si può parlare di uno scivolamento «permanente» in senso stretto. In tutte le altre curve la velocità è variabile.



Modificato secondo Romang, Ed., 2008

A2-3.3 Piano di scivolamento

In generale, la profondità del piano di scivolamento ha un influsso diretto sulla predisposizione di uno scivolamento alla riattivazione e a movimenti differenziali. Gli scivolamenti superficiali reagiscono più rapidamente di quelli profondi alle variazioni di singoli parametri (p. es. presenza di una falda, caratteristiche della superficie, interazioni con i corsi d'acqua). Per questo motivo i versanti in equilibrio precario o apparentemente stabili possono perdere spontaneamente la loro stabilità in caso di intemperie. Soprattutto negli scivolamenti superficiali, possono così verificarsi degli improvvisi smottamenti e rapidi processi di colata.

Negli scivolamenti di media e grande dimensione esistono spesso diversi piani di scivolamento; in questi casi tutte le deformazioni e discontinuità sono decisive ai fini della valutazione dei pericoli. La pericolosità e le deformazioni sono spesso indotte da piani di scivolamento secondari che si trovano ad alcuni metri di profondità. Negli scivolamenti molto profondi occorre considerare che accanto al piano di scivolamento basale possono esistere piani di scivolamento secondari.

In base alla profondità (p) gli scivolamenti sono classificati come segue:

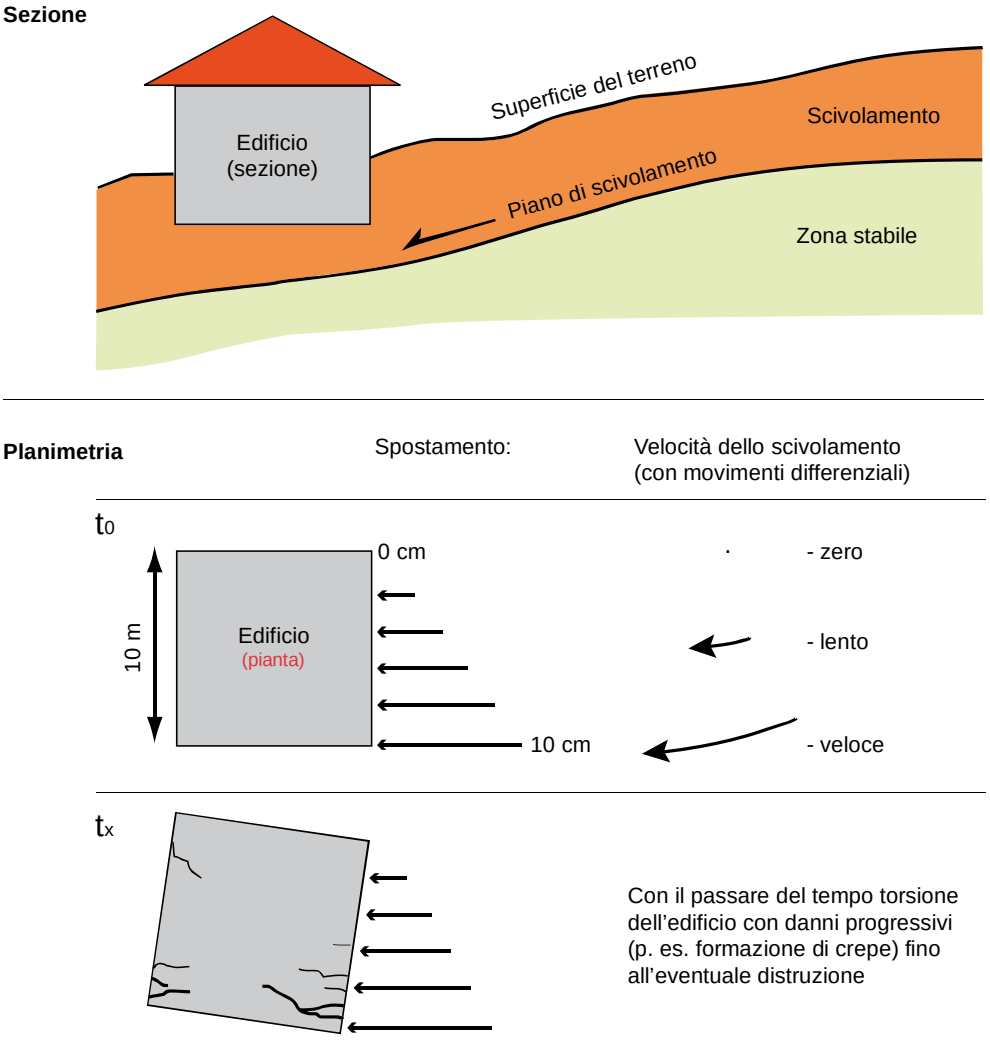
- 0–2 m: scivolamento superficiale;
- 2–10 m: scivolamento medio;
- 10–30 m: scivolamento profondo;
- >30 m: scivolamento molto profondo (nuova classificazione).

A2-3.4 Movimenti differenziali

Nelle aree di contatto tra zone che si spostano con velocità o direzioni diverse si manifestano delle forze di taglio, che possono provocare danni agli edifici e alle infrastrutture (fig. 22).

Fig. 22 > Effetti dei movimenti differenziali

Torsione e inclinazione di edifici, formazione di crepe nei muri, distacco di parti dell'edificio.



Particolare attenzione meritano anche le zone soggette a estensione (fessure di trazione) e a compressione (rigonfiamenti). Questi movimenti differenziali (md) possono provocare ingenti danni e sono quindi un importante criterio per la valutazione dei pericoli. I movimenti differenziali devono essere presi in considerazione nell'elaborazione della carta dei pericoli (cfr. cap. 2).

A2-4

Processi di colata (colate detritiche di versante)

I processi di colata comprendono:

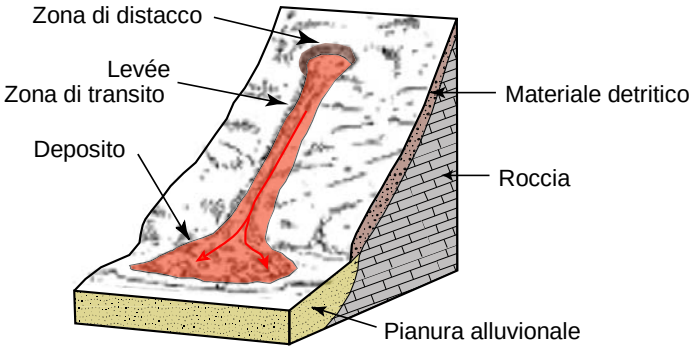
> le colate detritiche di versante, composte da un miscuglio di terra, sassi e acqua, che scorrono lungo un versante;
> i flussi detritici, composti da un miscuglio di terra, sassi e acqua, che scorrono lungo l'alveo di un corso d'acqua.

I flussi detritici e i relativi metodi di valutazione dei rischi non sono integrati nel presente aiuto all'esecuzione, perché questo processo è già stato trattato nelle Direttive per la protezione contro le piene (UFEA et al. 1997; UFAEG 2001).

Alla categoria dei processi di colata appartengono i movimenti superficiali che non presentano alcun piano di taglio, se non nella loro fase iniziale. La distribuzione della velocità nella massa mobilizzata è uguale a quella di uno scorrimento viscoso. Abbondanti precipitazioni e l'afflusso di acque sotterranee svolgono un ruolo decisivo nell'innesco dei processi di colata.

Fig. 23 > Processo di colata detritica di versante

Se i processi di colata si formano al di fuori di un alveo, ossia su un versante, prendono il nome di colate detritiche di versante. I processi incanalati in un alveo sono chiamati flussi detritici.



Modificato secondo Amanti et al. 1992

Le colate detritiche di versante sono caratterizzate dallo scorrimento di una massa viscosa formata da un miscuglio di terreni sciolti e acqua. Ai lati della colata la velocità è inferiore e questo comporta talvolta la formazione di piccoli argini («levées»). Ai piedi del pendio le colate rallentano, si allargano fino a formare un'unghia e infine si arrestano. A causa dell'elevato tenore di acqua, questo processo è molto veloce e può avere effetti disastrosi. I versanti ripidi caratterizzati da una copertura quaternaria nettamente meno permeabile (morena argillosa o limi di versante) del substrato sono particolarmente esposti a questo tipo di instabilità. Questi contrasti di permeabilità tra i diversi orizzonti consentono infatti la formazione di pressioni idriche elevate e sono pertanto una causa frequente degli scivolamenti che evolvono in colate detritiche di versante.

L'intensità di una colata detritica di versante è valutata in funzione dello spessore dello strato mobilizzabile e dell'altezza del suo deposito.

A2-5 Movimenti di versante nel permafrost

Il permafrost è un terreno perennemente gelato (T≤0 °C). Ciò significa che nei suoi pori e fessure si forma del ghiaccio, nonostante il terreno sia sensibilmente impermeabile all'acqua. Nelle Alpi si stimano grandi superfici di permafrost a un'altitudine di 2500–3000 m s.l.m., a seconda dell'esposizione del versante. Lo strato superficiale, che poggia sul permafrost, chiamato strato attivo o mollisol, è caratterizzato da un disgelo stagionale e presenta un tenore d'acqua idrica spesso elevato.

Il termine «permafrost» è utilizzato qui in forma generica per tutti i movimenti di versante che si verificano in aree perennemente gelate. In queste zone si possono manifestare diversi movimenti di «creeping» (p. es. ghiacciai rocciosi). La presenza di permafrost favorisce anche i movimenti di «creeping» subsuperficiali fino a una profondità nell'ordine del metro (soliflussione), perché lo strato attivo presenta spesso una saturazione d'acqua a causa dell'impermeabilità del permafrost sottostante.

Sia i movimenti di «creeping» sia altri movimenti di versante che si verificano nelle zone di alta montagna sono sensibili alle variazioni della temperatura: la viscosità del ghiaccio e la sua resistenza alla frattura dipendono in grande misura dalle temperature, mentre l'estensione di un corpo di permafrost si adegua al cambiamento delle temperature superficiali solo con un certo ritardo. Un aumento di temperatura può così provocare accelerazioni dei ghiacciai rocciosi e scivolamenti, una maggiore attività di flussi detritici o la destabilizzazione di masse rocciose.

A2-6 Processi di sprofondamento e cedimento

Nelle regioni carsiche si incontrano spesso doline. In seguito alla lisciviazione di una roccia idrosolubile (calce, dolomite, gesso e anche dolomia cariata), all'erosione e a cavità sotterranee preesistenti, si possono verificare dei processi di sprofondamento e cedimento. Nelle rocce gessose la lisciviazione può avanzare rapidamente in poco tempo, in funzione della disponibilità di acqua. Nel corso degli anni, questi fenomeni carsici possono creare cavità problematiche anche nelle rocce calcaree e dolomitiche. In tali casi, una frattura può provocare un improvviso sprofondamento. Il momento della frattura è difficile da prevedere (ingl. «sudden collapse»). Queste rocce idrosolubili sono diffuse nel massiccio del Giura, nelle coltri calcaree elvetiche e nelle Prealpi. La predisposizione all'instabilità è favorita in presenza di zone di faglia e pieghe.

A3 Determinazione delle probabilità di accadimento dei processi di colata

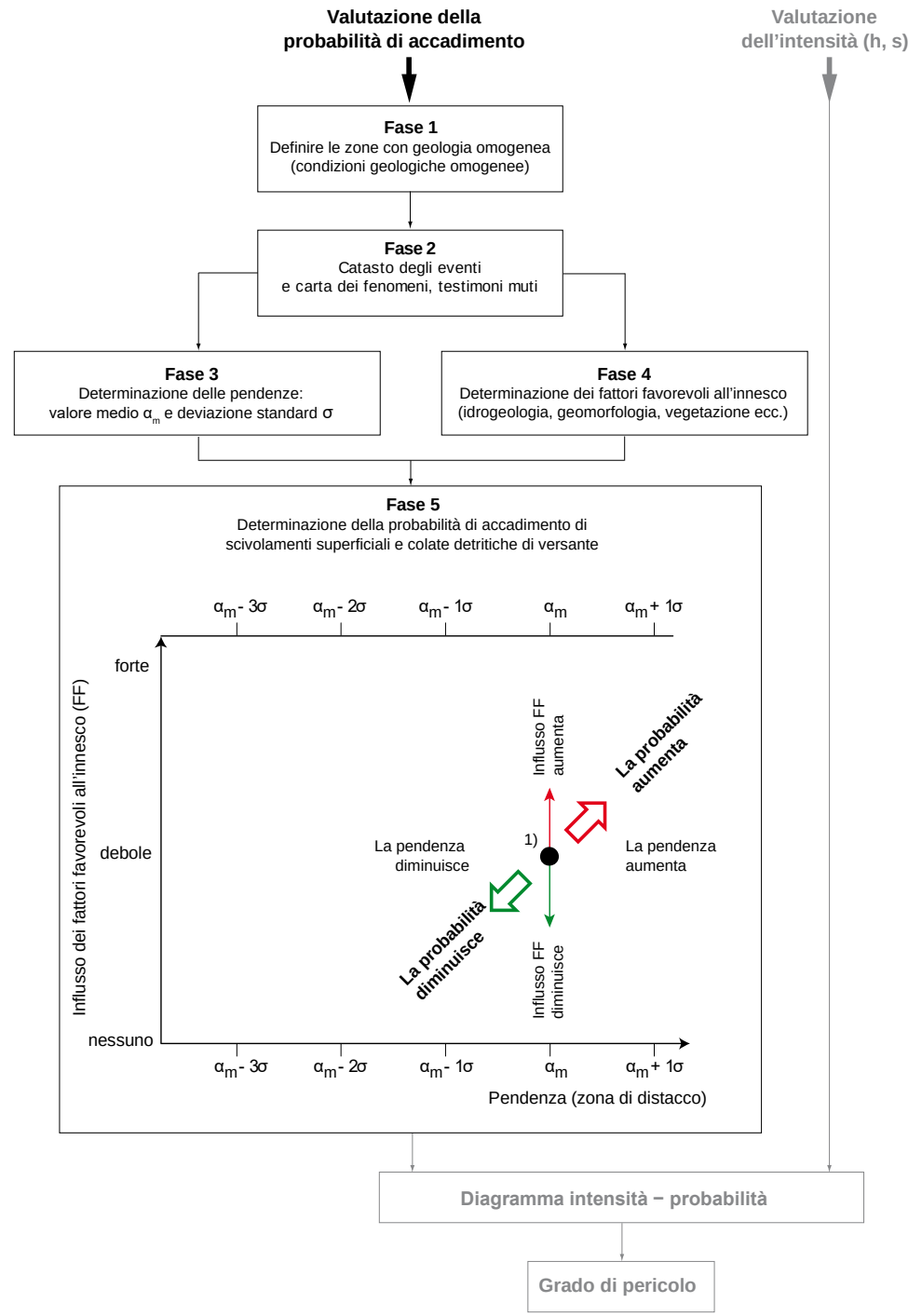
L'allegato 3 è un complemento ai criteri elencati nei paragrafi 2.8.2 e 2.8.3 per la valutazione della probabilità di accadimento nei processi di colata e nei processi di scivolamento. Per determinare la probabilità nei processi di colata vengono qui presentati due possibili metodi: quello del diagramma di probabilità e quello del diagramma di flusso.

A3-1 Determinazione con il diagramma di probabilità di accadimento

Questo metodo tiene conto, da un lato, della pendenza media del versante derivante dall'analisi statistica (fase 3, fig. 24) e, dall'altro, dell'influsso dei fattori favorevoli all'innesco (fase 4). Ai versanti caratterizzati da pendenze nettamente inferiori ai valori critici è attribuita, in assenza di fattori favorevoli all'innesco, una probabilità di accadimento annua inferiore a 0,003; in queste situazioni si parla di pericolo residuo.

Fig. 24 > Determinazione della probabilità di occorrenza di una colata detritica di versante

Fasi della procedura e diagramma delle probabilità. La posizione del punto 1) nel grafico della fase 5 corrisponde per esempio a una probabilità media. Questo punto di riferimento si situa su un valore di pendenza limite (pendenza media secondo gli eventi analizzati) e tiene conto di un lieve influsso dei fattori favorevoli all'innesco. Per determinare il grado di pericolo occorre valutare, accanto alla probabilità di accadimento, anche l'intensità. αm = pendenza media; σ = deviazione standard.

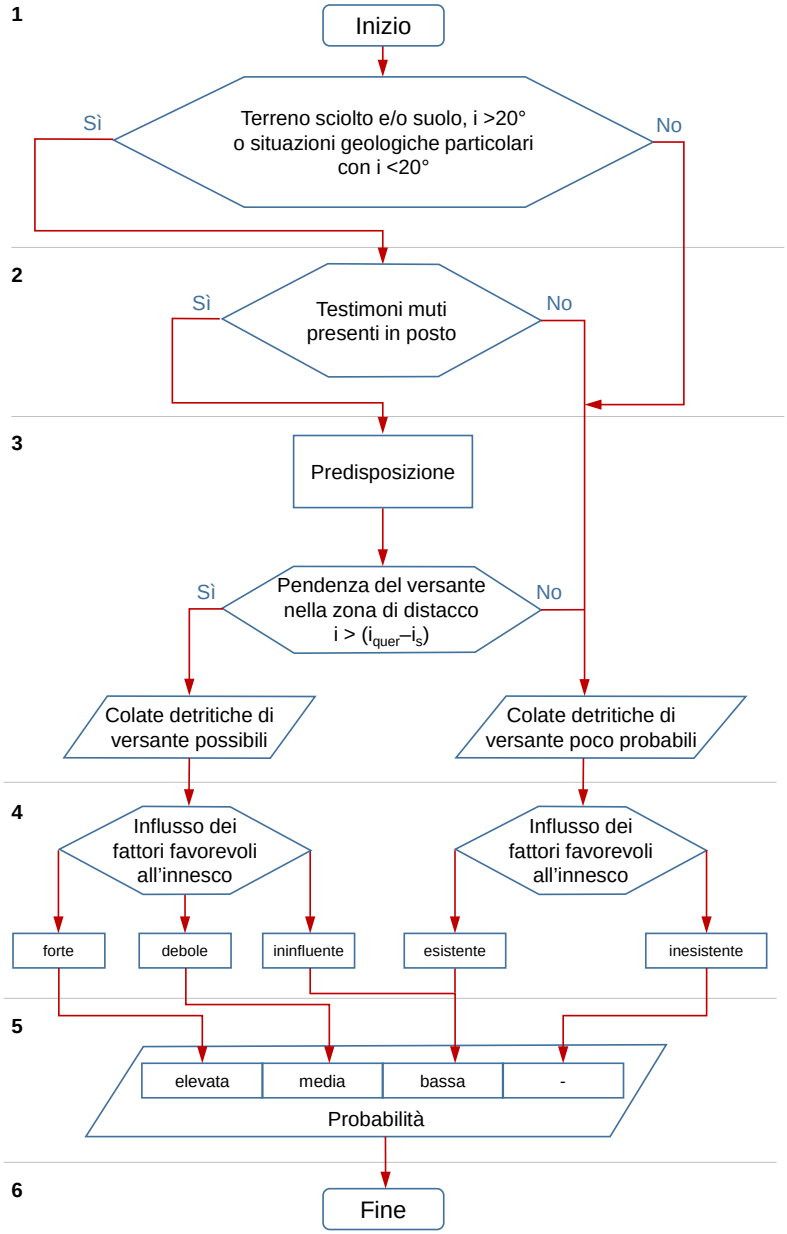


A3-2

Determinazione con il diagramma di flusso

Il metodo del diagramma di flusso è basato sulla proposta dell'AGN (AGN 2004). Alcuni Cantoni lo hanno utilizzato dal 2004 per determinare le probabilità di accadimento di colate detritiche di versante. Il metodo si basa sui fattori favorevoli all'innesco e sulla pendenza critica nell'area di distacco (all'incirca compresa tra 20° e 28°). La pendenza del versante in esame è data dalla differenza tra la pendenza critica media (i_{quer}) e la deviazione standard (i_s).

Fig. 25 > Diagramma di flusso per la determinazione della probabilità di accadimento



AGN 2004

A4 Trasposizione dei documenti di base sui pericoli nella pianificazione territoriale

Tab. 6 > Conseguenze dei gradi di pericolo sulla delimitazione delle zone e sul regolamento edilizio

Oltre ai pianificatori-urbanisti e alle autorità cantonali e comunali preposte all'approvazione, occorre coinvolgere altri attori, come assicuratori, architetti, ingegneri, forze d'intervento ecc. soprattutto nelle misure che non riguardano la pianificazione territoriale.

	Zone di pericolo	Delimitazione delle zone	Regolamento edilizio e di zona	Altri provvedimenti, non riguardanti la pianificazione del territorio
	Zona di divieto (pericolo elevato, rosso)	• nessuna delimitazione di nuove zone edificabili; • dezonamento o cambio di zona per le zone edificabili non edificate	• nessuna costruzione o ampliamento di edifici e impianti; • emanazione delle necessarie limitazioni all'utilizzazione negli edifici esistenti; • ristrutturazioni e cambiamenti di destinazione vincolati a prescrizioni volte a ridurre i rischi; • ricostruzione degli edifici distrutti solo in casi eccezionali e vincolati a prescrizioni	• informazione tempestiva dei proprietari dei fondi interessati sul pericolo esistente e sulle misure richieste; • se necessario iscrizione delle limitazioni all'utilizzazione nel registro fondiario; • rapida pianificazione e applicazione dei necessari provvedimenti di protezione tecnici e organizzativi
	Zona di regolamentazione (pericolo medio, blu)	• delimitazione di nuove zone edificabili solo in base a prescrizioni e dopo aver vagliato alternative e ponderato gli interessi	• nessuna costruzione di oggetti sensibili; • licenza di costruzione vincolata a prescrizioni; • emanazione delle necessarie limitazioni d'utilizzazione per gli edifici esistenti; • definizione di requisiti per la disposizione territoriale, l'utilizzazione, la struttura (ed eventualmente l'urbanizzazione) di edifici e strutture; • prescrizioni dettagliate devono prevedere misure di protezione a seconda del tipo di pericolo e dell'intensità; • in casi motivati, rifiuto del permesso di ricostruzione identica di edifici distrutti e richiesta di ottimizzazioni	• informazione dei proprietari dei fondi sul pericolo esistente
	Zona di sensibilizzazione (pericolo esiguo, giallo)	• evitare le zone in cui possono essere costruiti impianti con un elevato potenziale di danno • segnalazione della situazione di pericolo	• raccomandazioni per gli edifici esistenti • valutare eventuali vincoli per le utilizzazioni sensibili o grandi complessi in funzione del rischio	• informazione dei proprietari di fondi sulla minaccia esistente • consulenza su possibili misure di prevenzione dei danni in collaborazione con le compagnie di assicurazione • speciali misure tecniche e organizzative per oggetti sensibili, abbinate ai vincoli delle compagnie di assicurazione
	Pericolo residuo (giallo/bianco)	• grande cautela nell'estensione delle attuali zone edificabili e nella delimitazione di nuove zone edificabili; • evitare zone in cui possono essere costruiti impianti con elevato potenziale di danno • segnalazione della situazione di pericolo	• raccomandazioni per gli edifici esistenti; • valutare eventuali vincoli per le utilizzazioni sensibili o grandi complessi in funzione del rischio	• informazione dei proprietari di fondi sulla minaccia esistente • consulenza su possibili misure di prevenzione dei danni in collaborazione con le compagnie di assicurazione • speciali misure tecniche e organizzative per oggetti sensibili, abbinate ai vincoli delle compagnie di assicurazione
	Nessun pericolo (bianco)	• Prima di stabilire che una determinata area non presenta una minaccia in base ai metodi diffusi per la valutazione dei pericoli, occorre avere esaminato tutti i processi parziali e le rispettive fonti.		

Da ARE et al. 2005, completato

Tab. 7 > Possibili vincoli e misure nell'ambito della procedura di autorizzazione edilizia

Processo	Limitazioni di utilizzazione e condizioni	Misure edili sull'edificio	Area circostante/accesso
Caduta di sassi, blocchi e massi	• per ridurre il rischio corso dalle persone, vietare che nelle parti dell'edificio più esposte al pericolo siano predisposti locali a uso abitativo (come soggiorni e camere da letto), balconi e giardini attrezzati; il lato esposto deve essere riservato a locali per attrezzi, ripostigli, cantine, corridoi ecc. (breve durata di occupazione)	• attenta scelta dell'ubicazione all'interno della particella edificabile • progettazione dell'edificio e adeguamento al terreno, in modo tale che solo poche parti dell'edificio siano esposte al pericolo (per ridurre la probabilità di impatto) • piano interrato e piano terra in cemento armato • rinforzo delle pareti esterne esposte al pericolo (in cemento armato o rivestimenti con caratteristiche di ammortizzazione) • protezione con terrapieni, muri, barriere • evitare le aperture come finestre e porte nelle parti esposte dell'edificio o prevedere dimensioni contenute o rinforzi	• vietare l'accesso e le aree esterne di gioco e di svago nei settori più esposti
Scivolamento profondo permanente		• attenta scelta dell'ubicazione all'interno della particella edificabile • configurare il terreno in modo tale che il materiale di scavo e di riporto abbiano un effetto frenante sullo scivolamento (anche nella fase di costruzione) • platea di fondazione con soletta rinforzata; piano interrato in cemento armato rigido e monolitico; evitare geometrie sensibili (p. es. forme a L o U); fondazione su terreni sufficientemente portanti • allacciamenti a condotte estensibili e deformabili • raccolta ed evacuazione controllata dell'acqua superficiale (proveniente dai tetti, dai posteggi ecc..); rinuncia all'infiltrazione delle acque meteoriche nel sottosuolo	• raccolta, captazione ed evacuazione dell'acqua (in superficie e nel sottosuolo; vedi capitolo 4.7 per le possibili misure)
Colata detritica di versante e scivolamento spontaneo (superficiale)	• per ridurre il rischio corso dalle persone, vietare che nelle parti dell'edificio più esposte al pericolo siano predisposti locali a uso abitativo (come soggiorni e camere da letto), balconi e giardini attrezzati; il lato esposto deve essere riservato a locali per attrezzi, ripostigli, cantine, corridoi ecc. (breve durata di occupazione)	• attenta scelta dell'ubicazione all'interno della particella edificabile • progettazione dell'edificio e adeguamento al terreno, in modo tale che solo poche parti dell'edificio siano esposte al pericolo (per ridurre la probabilità di impatto) • piano interrato e piano terra in cemento armato • rinforzo delle pareti esterne esposte al pericolo (in cemento armato o rivestimenti con caratteristiche di ammortizzazione) • protezione con terrapieni, muri, barriere • evitare le aperture come finestre e porte nelle parti esposte dell'edificio o prevedere dimensioni contenute o rinforzi; i rinforzi possono essere impiegati anche temporaneamente, per esempio durante una fase di maltempo • raccolta ed evacuazione controllata dell'acqua superficiale (proveniente dai tetti, dai posteggi ecc..); rinuncia all'infiltrazione delle acque meteoriche nel sottosuolo	• vietare l'accesso e le aree esterne di gioco e di svago nei settori più esposti • raccolta, captazione ed evacuazione dell'acqua (in superficie e nel sottosuolo; vedi capitolo 4.7 per le possibili misure)

Informazioni supplementari

> *La pianificazione del territorio e i pericoli naturali (ARE et al. 2005)*
> *Guida «Objektschutz gegen gravitative Naturgefahren» (Egli 2005)*
> *Norme SIA 260, 261 e 261/1*

A5 Esempio di matrice degli obiettivi di protezione

Fig. 26 > Esempio di matrice degli obiettivi di protezione destinata alla prevenzione per la gestione del territorio, simile a quella in uso nei Cantoni

Aiuto alla lettura: per le zone residenziali (categoria d'oggetti 3.2) è necessario perseguire una protezione completa fino a un periodo di ritorno di 100 anni. Fra 100 e 300 anni sono tollerabili intensità deboli. Per eventi ancora più rari sono tollerabili intensità medie.

Leggenda

=	protezione totale	= nessuna intensità ammessa	= 0
=	protezione contro intensità media e forte	= intensità debole ammessa	= 1
=	protezione contro intensità forte	= intensità media ammessa	= 2
=	nessuna protezione	= forte intensità ammessa	= 3

Categorie di oggetti				Obiettivi di protezione			
				Periodo di ritorno [anni]			
N.	Beni materiali	Infrastrutture	Beni naturali	1–30 frequente	30–100 raro	100–300 molto raro	>300 rarissimo
1		Sentieri escursionistici (secondo carte CAS ecc.)	Paesaggi naturali	3	3	3	3
2.1		Sentieri e tracciati commerciali, strade agricole, condotte di importanza comunale		2	3	3	3
2.2	Edifici disabitati (rimesse, fienili ecc.)	Vie di comunicazione comunali, condotte di importanza cantonale	Bosco con funzioni di protezione, suolo a sfruttamento agricolo	2	2	3	3
2.3	Singoli edifici o gruppi isolati di case abitati in permanenza o saltuariamente, stalle	Vie di comunicazione di importanza cantonale o grande importanza comunale, condotte di importanza nazionale, ferrovie di montagna, regioni sciistiche	Bosco con funzioni di protezione per zone residenziali	1	1	2	3
3.1		Vie di comunicazione di importanza nazionale o grande importanza cantonale, sci lift, seggiovie		0	1	2	3
3.2	Raggruppamenti di edifici, zone industriali e artigianali, zone residenziali, campeggi, strutture per il tempo libero e lo sport	Stazioni di diversi mezzi di trasporto		0	0	1	2
3.3	Rischi speciali o particolare vulnerabilità o danni secondari	Rischi speciali o particolare vulnerabilità o danni secondari		**Da stabilire caso per caso**			

secondo ARE et al. 2005

Informazioni supplementari

> *Pianificazione del territorio e pericoli naturali (ARE et al. 2005)*
> *Achtung Naturgefahr! Verantwortung des Kantons und der Gemeinden im Umgang mit Naturgefahren (Arbeitsgruppe Naturgefahren des Kantons Bern 2011)*

> Bibliografia

AGN 2004: Gefahreneinstufung Rutschungen i. w. S. Arbeitsgruppe für Naturgefahren AGN. Arbeitsbericht zu Handen des BWG, Bern.

Amanti M., Castaldo G., Marchionna G., Pecci M. 1992: Proposta di una nuova classificazione dei fenomeni franosi, ai fini del rilevamento geologico-tecnico e della corretta prevenzione del dissesto del territorio. Bollettino del Servizio Geologico d'Italia, Vol. CXI, 3–20.

Arbeitsgruppe Naturgefahren des Kantons Bern (AG NAGEF): Achtung Naturgefahr! Verantwortung des Kantons und der Gemeinden im Umgang mit Naturgefahren.

ARE, UFAEG, UFAFP 2005: Raccomandazioni concernenti la pianificazione del territorio e i pericoli naturali. Ufficio federale dello sviluppo territoriale ARE, Ufficio federale delle acque e della geologia UFAEG, Ufficio federale dell'ambiente, delle foreste e del paesaggio UFAFP. Collana Pericoli naturali, Berna.

ASTRA 2008: Einwirkungen infolge Steinschlags auf Schutzgalerien. Richtlinie. Bundesamt für Strassen.

Bezzola G.R., Hegg C. (Ed.) 2008: Ereignisanalyse Hochwasser 2005, Teil 2 – Analyse von Prozessen, Massnahmen und Gefahrengrundlagen. Bundesamt für Umwelt BAFU, Eidgenössische Forschungsanstalt WSL. Umwelt-Wissen Nr. 0825: 427 S.

BFF, EISLF 1984: Richtlinien zur Berücksichtigung der Lawinengefahr bei raumwirksamen Tätigkeiten. Bundesamt für Forstwesen BFF, Eidgenössisches Institut für Schnee und Lawinenforschung EISLF, Bern.

Bommer C., Phillips M., Keusen H.-R., Teysseire P. 2009: Bauen im Permafrost: Ein Leitfaden für die Praxis. Eidgenössische Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf: 126 S.

Bonzanigo L. 1999: Lo slittamento di Campo Vallemaggia. Dissertation, ETH Zürich No 13 387.

Bonzanigo L., Eberhardt E. & Loew S. 2007: Long-term investigation of a deep-seated creeping landslide in crystalline rock – Part 1: Geological and hydromechanical factors controlling the Campo Vallemaggia landslide. Canadian Geotechnical Journal 44 (10): 1157–1180.

BRP, BWW, BUWAL 1997: Empfehlungen 1997: Berücksichtigung der Massenbewegungsgefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten. Bundesamt für Raumplanung BRP, Bundesamt für Wasserwirtschaft BWW, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL. Reihe Naturgefahren, Bern: 42 S.

Bründl, M. (Ed.) 2009: Risikokonzept für Naturgefahren – Leitfaden (Testversion, Februar 2009). Nationale Plattform Naturgefahren PLANAT, Bern: 420 S.

BWW, BRP, BUWAL 1997: Empfehlungen 1997: Berücksichtigung der Hochwassergefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten. Bundesamt für Wasserwirtschaft BWW, Bundesamt für Raumplanung BRP, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL. Reihe Naturgefahren, Bern: 32 S.

BWW, BUWAL 1995: Empfehlungen – Symbolbaukasten zur Kartierung der Phänomene. Bundesamt für Wasserwirtschaft BWW, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL. Reihe Naturgefahren, Bern: 60 S.

Cruden D.M., Varnes D.J. 1996: Landslide types and processes. In: A. Keith Turner & Robert L. Schuster (eds), Landslide investigation and mitigation: 36–75. Transportation Research Board, special report 247. Washington: National Academy Press.

Eberhardt E., Bonzanigo L., Loew S. 2007: Long-term investigation of a deep-seated creeping landslide in crystalline rock – Part 2: Mitigation measures at Campo Vallemaggia and numerical modeling of deep drainage. Canadian Geotechnical Journal 44(10): 1181–1199.

Egli Eng. 2011: Die Einwirkung von Hangmuren auf Gebäude – Analyse, Dokumentation und Interpretation von Schadenfällen. Auftrag des Bundesamts für Umwelt BAFU. Bern (unveröffentlicht). Zusammenfassung der Studie in: Loup et al. 2012: Impact pressures of hillslope debris flows – back-calculation and simulation (RAMMS). Interpraevent Grenoble, Conference Proceedings 1, 225–236.

Egli T. 2005: Wegleitung Objektschutz gegen gravitative Naturgefahren. Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen (Hrsg.), Bern: 109 S.

Frehner M., Wasser B., Schwitter R. 2005: Continuità nel bosco di protezione e controllo dell'efficacia – Cure nei boschi con funzione protettiva: istruzioni pratiche «NAIS». Ufficio federale dell'ambiente, delle foreste e del paesaggio UFAFP, Berna: 564 pagine.

Gerber W. 2001: Direttiva per l'omologazione delle reti paramassi. Ufficio federale dell'ambiente, delle foreste e del paesaggio UFAFP, Istituto federale di ricerca per la foresta, la neve e il paesaggio WSL. Collana Pratica ambientale. Berna: 39 pagine.

Hübl J., Habersack H., Kienholz H., Agner P., Ganahl E., Moser M., Scheidl Ch., Kerschbaumsteiner W., Schmid F. 2006: Disaster Information Sytem of Alpine Regions (DIS-ALP): Methodik Teil 1, Appendix 2: Definitions, IAN Report 101, Institut für Alpine Naturgefahren, Universität für Bodenkultur, Wien.

Humair F., Pedrazzini A., Epard J.L., Froese C.R., Jaboyedoff M. 2013: Structural characterization of Turtle Mountain anticline (Alberta, Canada) and impact on rock slope failure. Tectonophysics 605, 122–148.

Hutchinson J.N., Gostelow P.T. 1976: The development of an abandoned cliff in London Clay at Hadleigh, Essex, Phil. Tran. Roy. Soc. A283, 557–604.

Ingensand H. 2006: Metrological aspects in terrestrial laser-scanning technology. 3rd IAG / 12th FIG Symposium, Baden, Austria.

IUGS 1995: A suggested method for describing the rate of movement of a landslide. International Union of Geological Sciences IUGS. Working Group on Landslides, Bulletin of the International Association of Engineering Geology, IAEG 52, 75–78.

Loat R., Meier E. 2003: Wörterbuch Hochwasserschutz, Bundesamt für Wasser und Geologie (Hrsg.), Bern, Haupt.

Parriaux A., Bonnard Ch., Tacher L. 2010: Rutschungen. Hydrogeologie und Sanierungsmassnahmen durch Drainage. Leitfaden. Bundesamt für Umwelt BAFU. Umwelt-Wissen Nr. 1023, Bern: 182 S.

PLANAT 2013: Livello di sicurezza per i pericoli naturali. Piattaforma nazionale «Pericoli naturali» PLANAT, Berna.

Raetzo H. 1997: Massenbewegungen im Gurnigelflysch und Einfluss der Klimaänderung. Arbeitsbericht NFP 31. vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich: 256 S.

Raetzo H., Rickli C. 2007: Rutschungen. In: Bezzola G.R., Hegg C. (Ed.) 2007: Ereignisanalyse Hochwasser 2005, Teil 1 – Prozesse, Schäden und erste Einordnung. Bundesamt für Umwelt BAFU, Eidgenössische Forschungsanstalt WSL. Umwelt-Wissen Nr. 0707: 215 S.

Raetzo H., Wegmüller U., Strozzi T., Marks F., Farina P. 2006: Monitoring of Lumnez landslide with ERS and ENVISAT SAR data, ESA ENVISAT Symposium, Montreux: 5p.

Reuter F., Klengel K.J., Pasek J. 1992: Ingenieurgeologie. 3. Auflage, Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie GmbH, Leipzig, Stuttgart.

Romang Hans (Ed.) 2008: Wirkung von Schutzmassnahmen (Strategie Naturgefahren Schweiz), Einzelprojekt A 3 2008: Piattaforma nazionale «pericolil naturali» PLANAT, Berna. Versione italiana abbreviata: Romang Hans (Ed.) 2008: Effetti delle misure di protezione (Strategia «Pericoli naturali» Svizzera), Progetto A 3 2008:, Piattaforma nazionale «pericoli naturali», Berna.

Rouiller J.D., Jaboyedoff M., Marro Ch., Philippossian F., Mamin M. 1998: MATTEROCK: une méthodologie d'auscultation des falaises et de détection des éboulements majeurs potentiels. Rapport final PNR 31. vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich, 239 p.

Rovina H., Liniger M., Jordan P., Gruner U., Bollinger D. 2011: Empfehlungen für den Umgang mit Sturzmodellierungen. Swiss Bull. Angew. Geol. 16/1, 57–79.

Sättele M., Bründl M. 2015: Praxishilfe für den Einsatz von Frühwarnsystemen für gravitative Naturgefahren. WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF, Bundesamt für Bevölkerungsschutz BABS, Bern: 64 S.

Swisstopo – Bundesamt für Landestopografie 2003: GA25-Manuskriptvorlage: Anweisungen zur Darstellung des quartären Formenschatzes sowie weiterer Zeichen bei der Reinzeichnung der Manuskriptkarten des Geologischen Atlas der Schweiz 1:25 000, Bern.

Turner A.K., Schuster R.L. (eds) 1996: Landslide investigation and mitigation. Transportation Research Board, special report 247. Washington: National Academy Press.

UFAEG 2001: Protezione contro le piene dei corsi d'acqua – Direttive 2001. Ufficio federale delle acque e della geologia UFAEG, Bienne: 72 pagine.

UFAM 2011: Manuale NPC nel settore ambientale. Comunicazione dell'UFAM in veste di autorità esecutiva ai richiedenti. Collana Pratica ambientale n° 1105. Ufficio federale dell'ambiente, Berna: 261 pagine.

UFAM 2015: Manuale Accordi programmatici nel settore ambientale 2016–2019. Comunicazione dell'UFAM quale autorità esecutiva ai richiedenti. Collana Pratica ambientale n° 1501. Ufficio federale dell'ambiente, Berna: 266 pagine.

UFAM 2015: Modello di dati per la cartografia dei pericoli. Ufficio federale dell'ambiente, www.bafu.admin.ch/geodatenmodelle.

USGS 2004: Landslide types and processes. United States Geological Survey, Fact sheet 2004–3072, www.pubs.usgs.gov.

Varnes D.J. 1978: Slope movement types and processes. In: Schuster R.L., Krizek R.J. (eds): Landslides – Analysis and control. National Research Council, Washington D.C., Transportation Research Board, Special Report 176, p. 11–33.

WP/WLI 1993: Multilingual Landslide Glossary. Bitech, Richmond, British Columbia.

Norme (elenco aggiornato al 30 aprile 2014)

Norma SIA 103, Regolamento per le prestazioni e gli onorari nell'ingegneria civile. Società svizzera degli ingegneri e degli architetti SIA. Zurigo, 2003.

Norma utile alla comprensione SIA 112, Modell Bauplanung. Società svizzera degli ingegneri e degli architetti SIA. Zurigo, 2014.

Norma SIA 260: Basi per la progettazione di strutture portanti. Società svizzera degli ingegneri e degli architetti SIA. Zurigo, 2013.

Norma SIA 261, Azioni sulle strutture portanti. Società svizzera degli ingegneri e degli architetti SIA. Zurigo, 2003.

Norma SIA 261/1, Azioni sulle strutture portanti – disposizioni complementari. Società svizzera degli ingegneri e degli architetti SIA. Zurigo, 2003.

Norma SIA 269: Basi per il mantenimento di strutture portanti. Società svizzera degli ingegneri e degli architetti SIA. Zurigo, 2011.

Norma SIA 269/1: Mantenimento di strutture portanti – azioni. Società svizzera degli ingegneri e degli architetti SIA. Zurigo, 2011.

Norma SIA 269/2: Mantenimento di strutture portanti – strutture in calcestruzzo. Società svizzera degli ingegneri e degli architetti SIA. Zurigo, 2011.

Siti

Allerte pericoli naturali della Confederazione:
www.naturgefahren.ch/

Carte dei pericoli:
www.bafu.admin.ch/naturgefahren > Carte dei pericoli

EconoMe:
www.econome.admin.ch

GIN:
www.gin.admin.ch

Modelli di dati:
www.bafu.admin.ch/geodatenmodelle

NaiS:
www.bafu.admin.ch > Bosco di protezione > NaiS

OWARNA:
www.planat.ch/de/behoerden/im-ereignisfall/owarna

PLANAT:
www.planat.ch

SilvaProtect:
www.bafu.admin.ch > Bosco di protezione > SilvaProtect

UFAM:
www.bafu.admin.ch

> Elenchi

Figure

Fig. 1
Procedura di gestione dei pericoli naturali 12

Fig. 2
Catasto degli eventi naturali 17

Fig. 3
Rete paramassi 18

Fig. 4
Carta dei fenomeni 19

Fig. 5
Carta indicativa dei pericoli per processi di crollo 26

Fig. 6
Carta d'intensità per caduta di sassi 27

Fig. 7
Carta dei pericoli per processi di crollo 28

Fig. 8
Diagramma intensità-probabilità per processi permanenti (sinistra) e movimenti di versante spontanei (destra) 30

Fig. 9
Fasi di valutazione della probabilità di occorrenza di colate detritiche di versante 37

Fig. 10
Percentuale degli scivolamenti superficiali per classe di pendenza nell'area di distacco 38

Fig. 11
Criteri per la determinazione delle intensità 39

Fig. 12
Distribuzione dell'intensità in funzione di una data probabilità di accadimento 46

Fig. 13
Distribuzione della probabilità di accadimento in funzione di una data intensità 46

Fig. 14
Livello di sicurezza perseguito, obiettivo di protezione, obiettivo delle misure e rischio prima e dopo l'attuazione delle misure 51

Fig. 15
Procedura per pianificare ed eseguire le misure 53

Fig. 16
Energia di traslazione nei processi di crollo e campi di applicazione dei diversi tipi di ripari 60

Fig. 17
Schema comparativo dei principali metodi di risanamento idrogeologico 63

Fig. 18
Dimensionamento di una misura in funzione della fascia d'incertezza 66

Fig. 19
Processo di crollo 80

Fig. 20
Scivolamenti rotazionali (sinistra) e traslazionali (destra) 81

Fig. 21
Relazione tempo/spostamento per diverse tipologie di scivolamento 83

Fig. 22
Effetti dei movimenti differenziali 84

Fig. 23
Processo di colata detritica di versante 85

Fig. 24
Determinazione della probabilità di occorrenza di una colata detritica di versante 88

Fig. 25
Diagramma di flusso per la determinazione della probabilità di accadimento 89

Fig. 26
Esempio di matrice degli obiettivi di protezione destinata alla prevenzione per la gestione del territorio, simile a quella in uso nei Cantoni 92

Tabelle

Tab. 1
Significato dei gradi di pericolo 30

Tab. 2
Rapporto tra probabilità di accadimento e periodo di ritorno 32

Tab. 3
Livelli di sorveglianza 68

Tab. 4
Esempi di valori soglia 71

Tab. 5
Classificazione dei processi di crollo in base al diametro e ai volumi 80

Tab. 6
Conseguenze dei gradi di pericolo sulla delimitazione delle zone e sul regolamento edilizio 90

Tab. 7
Possibili vincoli e misure nell'ambito della procedura di autorizzazione edilizia 91