

ALLEGATO B



Provincia Autonoma di Trento

*Criteri e metodologia
per la redazione e l'aggiornamento
delle carte della pericolosità*

(art.10, comma 5, l.p. 1 luglio 2011, n. 9)

INDICE

<u>1. FINALITÀ.....</u>	<u>3</u>
<u>2. CRITERI GENERALI.....</u>	<u>5</u>
2.1 <i>Rappresentazione della pericolosità.....</i>	<i>5</i>
2.2 <i>Indicatori della pericolosità.....</i>	<i>9</i>
2.3 <i>Modalità di produzione delle carte.....</i>	<i>11</i>
<u>3. PERICOLOSITÀ IDROGEOLOGICHE.....</u>	<u>13</u>
3.1 <i>Pericolosità alluvionale.....</i>	<i>13</i>
3.2 <i>Pericolosità da processi franosi.....</i>	<i>17</i>
3.3 <i>Pericolosità valanghiva e glaciale.....</i>	<i>27</i>
3.4 <i>Caratteristiche lito-geomorfologiche.....</i>	<i>32</i>
<u>4. ALTRI TIPI DI PERICOLOSITÀ.....</u>	<u>37</u>
4.1 <i>Incendi boschivi.....</i>	<i>37</i>
4.2 <i>Pericolosità sismica.....</i>	<i>40</i>
4.3 <i>Ordigni bellici inesplosi.....</i>	<i>43</i>
4.4 <i>Cavi sospesi ed ostacoli alla navigazione aerea a bassa quota.....</i>	<i>44</i>
<u>5. DISPOSIZIONI ORGANIZZATIVE.....</u>	<u>46</u>
<u>6. SISTEMA INFORMATIVO.....</u>	<u>46</u>
<u>7. APPORTI ESTERNI.....</u>	<u>47</u>
<u>8. APPROVAZIONE E AGGIORNAMENTO DELLE CARTOGRAFIE.....</u>	<u>47</u>

1. FINALITÀ

Il presente documento è volto alla definizione dei criteri per la rappresentazione unificata e coerente delle carte della pericolosità, previste all'art. 10 della legge provinciale 1 luglio 2011, n. 9, quale strumento di rilevazione dei pericoli localizzati sul territorio.

In particolare si tratta di perimetrare e di classificare i fenomeni attesi in base ai diversi gradi di pericolosità. Tale attività permette di costituire un'adeguata base informativa per la salvaguardia del territorio.

Le tipologie di pericolo da rappresentare nelle Carte della Pericolosità (CaP), trattate in questo documento, sono le seguenti:

<p>PERICOLOSITÀ IDROGEOLOGICA</p>	<p>Pericolosità fluviale Pericolosità torrentizia Pericolosità lacuale Frane Crolli rocciosi Deformazioni gravitative profonde di versante (DGPV) Valanghe Ghiacciai e Piccola Età Glaciale (PEG) <i>Permafrost e Rock glacier</i> Caratteristiche lito-geomorfologiche</p>
<p>ALTRE PERICOLOSITÀ</p>	<p>Pericolosità sismica Incendi boschivi Ordigni bellici inesplosi Sostanze pericolose Cavi sospesi e ostacoli alla navigazione aerea</p>

Tab. 1.1: contenuti delle Carte della Pericolosità

Tutti gli eventi, seppure studiati con criteri diversi a seconda delle loro caratteristiche, devono essere rappresentati con riferimento a classi di pericolosità omogenee; le analisi devono avvalersi, dove possibile, di metodologie consolidate, assicurando la possibilità di sovrapporre le varie fonti di pericolo su un'unica base cartografica di riferimento; tutte le informazioni devono quindi essere organizzate su

un sistema informativo geografico (GIS) e comprendere un adeguato sistema di metadati.

Le carte della pericolosità sono quindi uno strumento di armonizzazione delle metodologie volte all'individuazione ed alla valutazione delle diverse tipologie di pericolo. Forniscono un quadro di riferimento organico per le attività di protezione civile e di pianificazione urbanistica.

Occorre tuttavia tenere presente che le carte della pericolosità non esauriscono le analisi necessarie a valutare le conseguenze sotto il profilo idrogeologico di usi del territorio capaci di modificare il normale regime delle acque e l'assetto generale di stabilità dei bacini idrografici e dei versanti.

Le valutazioni connesse a tali aspetti di tutela del territorio sono invece proprie di altri strumenti, tra cui soprattutto il vincolo idrogeologico, che ha come fine principale il raggiungimento ed il mantenimento di un assetto idrogeologicamente equilibrato dei bacini idrografici. Esso comporta la valutazione sia della situazione attuale che di quella che potrebbe determinarsi in seguito a modifiche del territorio che, alterando i deflussi idrici superficiali e sotterranei, incidono sulla stabilità locale o sull'equilibrio generale di un bacino idrografico.

2. CRITERI GENERALI

La pericolosità è intesa come la possibilità che in un certo punto del territorio si verifichi un evento di una data intensità (I) in un assegnato tempo di ritorno (T). Vi sono tuttavia tipologie di pericolo a cui non sono applicabili tali concetti e per questi vanno ricercati altri indicatori.

Per ciascuna delle tipologie elencate si dovranno quindi stabilire uno o più valori soglia, per variabili stimate di diverso tipo, da associarsi, ove possibile, ad un determinato tempo di ritorno o ad indicatori affini (es. stato di attività).

Le metodologie di analisi e di classificazione delle tematiche rappresentate nelle carte della pericolosità dipendono evidentemente dalla natura degli stessi ed in particolare dalle dinamiche con cui si generano e si evolvono; le indicazioni generali riportate nel presente capitolo riguardano specificamente gli eventi di natura idrogeologica per i quali sono identificabili importanti elementi comuni nella determinazione della pericolosità. Ciò non toglie che taluni aspetti possano essere riconducibili anche all'analisi delle altre tipologie di eventi pericolosi.

Per omogeneità di rappresentazione è necessario che tutti gli eventi attesi vengano inquadrati secondo le stesse classi di pericolosità, differenziate in base agli effetti prevedibili nonché al grado di studio e conoscenza, ferma restando la possibilità che per particolari fenomeni o contesti territoriali possano essere assunte disposizioni *ad hoc*.

2.1 Rappresentazione della pericolosità

La pericolosità (*Hazard - H*), nel contesto del presente documento è espressa in quattro classi ordinarie e quattro straordinarie. Nella stesura della CaP vanno quindi fornite precise indicazioni per l'intero territorio analizzato in base alla scala di valori riportata nella seguente tabella 2.1.1. Ciascun livello informativo va rappresentato mediante geometrie affiancate e non sovrapposte, alle quali vanno associati i criteri adottati per la perimetrazione e la classificazione. Tali livelli informativi fanno parte del sistema informativo territoriale provinciale.

	<i>pericolosità</i>	<i>simbolo</i>	<i>campitura</i>
classi ordinarie	elevata	H4	rosso
	media	H3	blu
	bassa	H2	giallo
	trascurabile	H1	verde chiaro
classi straordinarie	residua	HR4	tratteggio rosso a 45°
		HR3	tratteggio blu a 45°
		HR2	tratteggio giallo a 45°
	potenziale	HP	arancione

Tab. 2.1.1: classificazione e campitura della pericolosità

L'individuazione della pericolosità va effettuata tenendo conto delle indicazioni riportate di seguito, individuando per ciascun fenomeno studiato la classe che meglio si presta a rappresentarne le caratteristiche; nei casi dubbi tra due classi va fatto riferimento principalmente alla natura degli effetti previsti. Ciascuna classe di pericolosità ordinaria è separata dalle altre in base al superamento di valori soglia delle grandezze di riferimento (vedi cap. 2.2), anche secondo matrici di interazione del tipo riportato nella seguente figura 2.1.1 opportunamente adattate alle singole tipologie di pericolosità e tenendo conto della possibilità di attuare efficaci misure di mitigazione del pericolo.

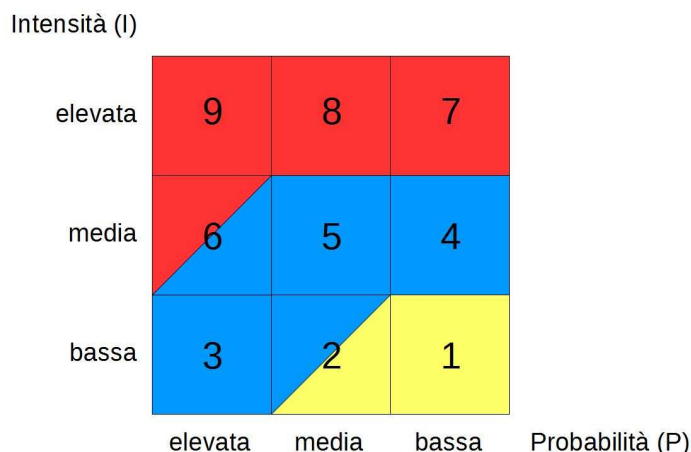


Fig. 2.1.1: esempio di matrice di interazione per la determinazione della pericolosità.

In termini qualitativi, a ciascuna classe di pericolosità corrispondono le caratteristiche schematizzate di seguito congiuntamente agli effetti che potenzialmente si possono verificare.

Pericolosità elevata (H4)

intensità / probabilità	aree in cui l'evento assume intensità elevata, indipendentemente dalla sua probabilità
massimi effetti previsti	<ul style="list-style-type: none"> - perdita di vite umane - distruzione (spesso immediata) di strutture e infrastrutture - esposizione delle persone a grave pericolo sia all'interno che all'esterno degli edifici
azioni di mitigazione	la valutazione della pericolosità tiene conto della difficoltà di attuare efficaci misure di mitigazione del pericolo

Pericolosità media (H3)

intensità / probabilità	aree in cui l'evento assume intensità media, o anche bassa se con probabilità di accadimento elevata
massimi effetti previsti	<ul style="list-style-type: none"> - gravi lesioni o forte disagio per le persone fino alla perdita di vite umane - danni gravi (senza distruzione) a strutture e infrastrutture - esposizione delle persone a grave pericolo prevalentemente all'esterno degli edifici
azioni di mitigazione	la valutazione della pericolosità tiene conto della possibilità di attuare efficaci misure di mitigazione del pericolo

Pericolosità bassa (H2)

intensità / probabilità	aree in cui l'evento assume bassa intensità la cui probabilità di accadimento non supera il valore medio
massimi effetti previsti	<ul style="list-style-type: none"> - lesioni o disagi di modesta entità per le persone con scarsa probabilità di perdita di vite umane - danni modesti a strutture e infrastrutture senza compromissione prolungata di funzionalità - assenza di grave pericolo sia all'esterno che all'interno degli edifici
azioni di mitigazione del pericolo	la valutazione della pericolosità tiene conto della possibilità di attuare efficaci misure di mitigazione del pericolo

Pericolosità trascurabile (H1)

intensità / probabilità	eventi con intensità decisamente modesta; la componente probabilistica è irrilevante o assente
massimi effetti previsti	danni o disagi (sia per le persone che per i beni) privi di particolare rilevanza e facilmente reversibili o assenti

Per le porzioni di territorio in cui non si è ancora resa possibile un'analisi dei livelli di pericolosità, ma nelle quali sono presenti condizioni tali da rendere fortemente plausibile il manifestarsi di eventi pericolosi, è possibile fare ricorso ad una delle due classi straordinarie indicate nelle tabelle successive.

Pericolosità residua (HR)

descrizione	<p>E' riferita alle porzioni di territorio che possono subire effetti dannosi per la presenza di particolari morfologie o strutture capaci di alterare la dinamica degli eventi e quindi di indurre un comportamento anomalo degli stessi che non trova adeguata rappresentazione con le classi di tipo ordinario.</p> <p>Le aree a pericolosità residua sono quindi individuate ad integrazione delle classi di pericolosità ordinarie, in particolare per rappresentare scenari che tengono conto dell'indeterminatezza e dei limiti delle metodologie analitiche applicate o anche dell'azione mitigante di particolari opere di difesa (vedi cap. 2.3).</p>
-------------	---

Pericolosità potenziale (HP)

descrizione	<p>È riferita alle porzioni di territorio provinciale, che per le sue caratteristiche naturali, presenta un fondo naturale di pericoli tipici dell'ambiente alpino, in relazione alle quali si riscontrano condizioni particolarmente favorevoli all'insorgenza di eventi pericolosi, per cui non è ancora disponibile la relativa classificazione ordinaria della pericolosità.</p> <p>Sono quindi aree con valenza di salvaguardia che richiedono successivi approfondimenti.</p>
-------------	---

2.2 Indicatori della pericolosità

Per le singole tipologie analizzate sono individuate una o più grandezze indicatrici della pericolosità il cui valore assoluto, derivante da analisi storiche, statistiche o da modelli numerici o fisici, è definito nel seguito come "intensità"; accanto ad essa va definita, ove possibile, anche la frequenza con cui gli eventi possono ripetersi ("probabilità").

In base alla classificazione della probabilità e dell'intensità andrà quindi definita la pericolosità con l'ausilio di metodologie analitiche o comunque il più possibile oggettive, ferma restando la possibilità di ricorrere a metodi empirici nei casi in cui ciò non risulti possibile in tempi ragionevolmente brevi; è infatti essenziale assicurare comunque una prima rappresentazione della pericolosità in attesa di un graduale affinamento delle analisi necessarie per descriverla più dettagliatamente.

Per assicurare questo obiettivo in mancanza di analisi o dati specifici è possibile recuperare il patrimonio informativo sulla pericolosità contenuto nella carta di sintesi geologica del PUP, nella pericolosità individuata dalla cartografia del PGUAP o in altri studi di settore opportunamente interpretati e adattati.

Intensità

Le intensità dei vari fenomeni variano in funzione della distribuzione spaziale e delle modalità di propagazione degli stessi, che a loro volta sono fortemente condizionate dalla morfologia del territorio e dalla presenza delle opere di difesa e prevenzione; particolare attenzione deve essere rivolta alla funzionalità di tali opere che può determinare effetti di dissipazione, di contenimento, di deviazione o trasferimento della pericolosità.

La determinazione dell'intensità è generalmente molto complessa e richiede la disponibilità di dati e di informazioni non sempre agevolmente reperibili; va quindi ricercata la migliore combinazione possibile tra i fattori indicati nella seguente tabella 2.2.1, ferma restando inoltre la necessità di un puntuale riferimento a quanto definito nel successivo capitolo 2.3 in merito alle priorità di indagine ed alle scale di rappresentazione.

- qualità dei dati e delle informazioni storicamente disponibili
- formulazione delle leggi fisiche che governano i fenomeni
- affidabilità delle metodologie di analisi
- affidabilità dei modelli numerici
- precisione della rappresentazione tridimensionale del territorio
- presenza, efficienza e manutenzione di opere di difesa
- possibilità di eseguire misure strumentali ad hoc
- costi e tempi per l'acquisizione di dati e informazioni *ad hoc*

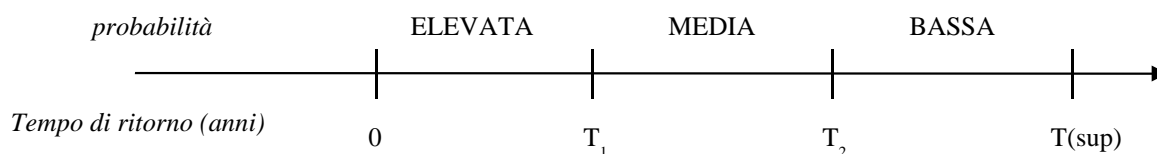
Tab. 2.2.1: principali fattori che condizionano l'analisi di intensità degli eventi.

Le intensità sono caratterizzate dalla definizione di valori soglia che consentono normalmente la distinzione di tre classi, a ciascuna delle quali corrisponde una diversa potenzialità distruttiva degli eventi.

Probabilità

L'intensità è affiancata, dove possibile, da un'indicazione di probabilità espressa in termini di frequenza con cui detti valori soglia possono essere uguagliati o superati. La frequenza di superamento può essere espressa con riferimento al tempo di ritorno degli eventi, T , ovvero all'intervallo di anni che, su basi statistico-probabilistiche, intercorre mediamente tra due successive manifestazioni aventi caratteristiche analoghe.

Nella scala dei tempi di ritorno è poi opportuno distinguere più classi (generalmente tre) a cui corrispondono livelli di probabilità decrescenti all'aumentare di T .



Come $T_{(\text{sup})}$ va assunto di norma il valore di 200 anni, oltre tale dimensione si riduce infatti significativamente l'affidabilità delle elaborazioni rispetto alle serie storiche di dati disponibili ed i risultati che ne conseguono sono di solito ascrivibili fra gli scenari estremi (e marcatamente incerti) cui si è già fatto cenno nel capitolo 1; nel caso in cui risulti possibile rappresentare con sufficiente affidabilità eventi di questo tipo, è comunque opportuno associarli eventualmente a classi di pericolosità residua.

Per alcune tipologie di pericolosità non sono direttamente applicabili i concetti di probabilità ed intensità per ricavare il grado di pericolo come in generale definito. Sarà dunque esplicitato nella sezione descrittiva di ciascuna tipologia la modalità di valutazione del pericolo.

2.3 Modalità di produzione delle carte

Le attività precedentemente descritte conducono alla creazione di più carte della pericolosità.

Nella sua rappresentazione informatica (tramite GIS) la carta deve contenere i diversi strati informativi o i dati relativi alla sua genesi (es. analisi storica, modellazione numerica, modellazione fisica, ecc.).

In linea generale sono da ritenersi efficaci, per la riduzione della pericolosità, le opere e i sistemi particolarmente solidi e duraturi, capaci di sopportare eventi rilevanti e che non richiedono interventi di manutenzione frequenti.

Diversa è la situazione delle opere meno stabili e durevoli, che richiedono più frequenti manutenzioni o che possono subire alterazioni dagli eventi più rilevanti con conseguente riduzione della funzionalità.

Questa seconda tipologia di opere fornisce quindi certamente condizioni di sicurezza aggiuntiva rispetto alle dinamiche naturali, anche se non equiparabili a quanto assicurato dalle citate opere più robuste.

Quindi, ai fini della classificazione della pericolosità, queste ultime possono essere utilmente considerate anche nell'individuazione delle classi ordinarie di pericolosità (elevata e media in particolare) mentre le opere meno stabili e durevoli possono concorrere all'individuazione di aree con pericolosità residua, associata alla parziale attenuazione della pericolosità che ne deriva.

Prodotti intermedi

Ciascuna delle carte di pericolosità relative ai singoli fenomeni studiati si avvale nella sua definizione di carte ed elaborati intermedi, comprendenti le carte delle grandezze indicatrici e quelle ottenute mediante i modelli e le procedure di valutazione specificati nei successivi capitoli 3 e 4.

Scale di rappresentazione delle cartografie e livelli di approfondimento delle indagini

A fronte delle citate complessità di analisi, classificazione e perimetrazione delle diverse tipologie di pericolosità, devono essere adottati accorgimenti che consentano di differenziare il livello di approfondimento in base alle caratteristiche del territorio e alle destinazioni d'uso in essere o prevedibili a breve-medio termine. A tal fine costituiscono documentazione tecnica di riferimento la carta di sintesi geologica del P.U.P., la carta delle valanghe storiche, la carta di pericolosità del PGUAP, il catasto dei dissesti derivante dal progetto ARCA, il catasto dei dissesti legato all'alluvione del 1966, la carta degli incendi boschivi e le altre banche dati specialistiche.

La pianificazione delle attività di analisi finalizzati alla classificazione della pericolosità e del relativo aggiornamento, dovranno quindi tener conto delle priorità e dei livelli di approfondimento descritti nella seguente tabella.

<i>priorità</i>	<i>contesto</i>	<i>livello di approfondimento minimo</i>
maggiore	aree densamente abitate o di espansione abitativa secondo i vigenti strumenti urbanistici; aree rurali residenziali o soggette ad attività intensive di carattere turistico, agricolo, ecc.	maggiore/intermedio
intermedia	aree ricreative, percorsi e mete turistiche, aree agricole estensive aree di fondovalle o poco acclivi con caratteristiche di pregio per futuri usi antropici di diversa natura aree destinate ad attività lavorative con presenza non continuativa di persone	intermedio/minore
minore	aree naturali poco frequentate, impervie o di alta quota con rara presenza di persone	minore

Tab. 2.2.1: priorità e livelli di approfondimento per la perimetrazione della pericolosità

I livelli di approfondimento sono classificati in:

- maggiore - valutazione analitica della pericolosità
- intermedio - assunzione della pericolosità da altre fonti cartografiche che consentano di classificare i diversi gradi di pericolosità
- minore - classificazione attraverso metodologie speditive che consentono una perimetrazione della pericolosità

La dimensione dei singoli ambiti geografici indagati può variare molto in funzione del tipo di pericolosità indagata, si deve infatti sempre garantire la completa rappresentazione di ciascun evento studiato, classificando tutte le aree in cui lo stesso può manifestarsi.

Tutti i livelli informativi che riguardano le Carte della Pericolosità devono essere contestualizzati con la Carta Tecnica Provinciale (CTP - 1:10.000); dettagli maggiori sono utilizzabili in relazione alla natura degli elementi presenti sul territorio.

Ciascuna base topografica utilizzata per indagare la pericolosità deve essere opportunamente indicata nei dati.

3. PERICOLOSITÀ IDROGEOLOGICHE

Ad integrazione di quanto definito in via generale nel capitolo precedente, si riportano di seguito gli elementi basilari per la classificazione e la perimetrazione della pericolosità associata ai principali fenomeni, precisando che ciascuna delle strutture provinciali competenti (vedi cap. 5) dovrà al riguardo adottare e mantenere aggiornate specifiche disposizioni operative per gli aspetti di maggior dettaglio.

3.1 Pericolosità alluvionale

Con il concetto di pericolosità alluvionale si vuole comprendere tutti i fenomeni che comportano la fuoriuscita di un fiume, di un torrente o di un lago in piena. A livello generale vengono presi in considerazione tutti i processi alluvionali che possono interessare i corpi idrici superficiali.

Piena liquida (o *water flood*): in questo caso la componente liquida è prevalente ed il materiale solido coinvolto nel processo non raggiunge percentuali significative (in genere inferiore all'1-2%).

Piena liquida con trasporto solido (o *bedload*): la miscela solido-liquida non può più essere considerata un fluido viscoso monofasico. Nelle piene idriche con trasporto solido infatti la frazione trasportata al fondo ha velocità diversa da quella con l'acqua con sedimento in sospensione in cui è immersa. In queste tipologie di pericolosità la concentrazione volumetrica dei sedimenti risulta inferiore al 15%.

Piena iperconcentrata (o *debris flood*): a differenza delle colate, nel caso di fluido iperconcentrato le interazioni granulari sono meno rilevanti, la concentrazione volumetrica è compresa generalmente tra il 15 e il 30% e vi può essere la presenza di materiale vegetale fluitato anche molto eterogeneo.

Colata di fango (o *mud flow*): si ha sempre una miscela solido-liquida di elevata concentrazione solida volumetrica come per le colate detritiche ma il processo è caratterizzato da un aumento del materiale fine a scapito di quello granulare.

Colata detritica (o *debris flow*): movimento di massa rapido costituito da una miscela ad alta concentrazione volumetrica composta da materiale eterogeneo (dalle argille sino ai massi metrici), acqua e materiale vegetale (anche alberi interi). La concentrazione volumetrica è generalmente variabile tra 30 e 70%.

Per la classificazione della pericolosità alluvionale va fatto ricorso all'impiego di matrici di interazione del tipo illustrato in fig. 2.1.1.

A prescindere dalle caratteristiche di intensità e probabilità, tutte le porzioni di territorio ricadenti all'interno delle sponde, comprese le eventuali opere di sistemazione devono essere classificate a pericolosità elevata (H4).

Diversamente si adotta una classe potenziale per rappresentare la pericolosità legata al reticolo idrografico, dove le dimensioni dell'alveo non sono rappresentabili alla scala di riferimento e non esistono approfondimenti specifici. In questi casi la perimetrazione avviene attraverso procedure di prossimità.

Anche per i tratti coperti, vista la difficoltà di valutazione delle caratteristiche idrauliche/strutturali delle opere, deve essere adottata la classe straordinaria di pericolosità potenziale.

In generale, per la pericolosità alluvionale, la probabilità va suddivisa nelle seguenti classi in funzione del tempo di ritorno degli eventi considerati:

- Elevata, per eventi con tempo di ritorno fino a 30 anni;
- Media, per eventi con tempo di ritorno tra 30 e 100 anni;
- Bassa, per eventi con tempo di ritorno tra 100 e 200 anni.

Le principali grandezze che rappresentano queste tipologie di pericolosità comprendono:

- altezza dei tiranti liquidi e/o solidi fuori dall'alveo (h)
- velocità dei deflussi liquidi e solidi fuori dall'alveo (v)
- effetto combinato di velocità del flusso (v) e tirante idrico, definito come prodotto tra le due grandezze (vh)
- spessore del deposito fuori dell'alveo (M)
- profondità dell'erosione fuori alveo (d)

L'intensità è definita in base alla combinazione di tali grandezze nel punto analizzato, secondo quanto descritto nelle tabelle di seguito riportate.

intensità	profondità della corrente - h (m)		prodotto tra la profondità e la velocità della corrente - vh (m^2/s)
Elevata	$h > 2$	oppure	$vh > 2$
Media	$0,5 < h < 2$	oppure	$0,5 < vh < 2$
Bassa	$h < 0,5$	oppure	$vh < 0,5$

Tab. 3.1.1: Intensità dell'evento per inondazione da piena.

intensità	profondità della corrente o del flusso detritico - h (m)		velocità della corrente fuori dall'alveo- v (m /s)		spessore del deposito fuori dall'alveo - M (m)
Elevata	$h > 1$	oppure	$v > 1$	oppure	$M > 1$
Media	$0,5 < h \leq 1$	oppure	$0,5 < v \leq 1$	oppure	$0,5 < M \leq 1$
Bassa	$H \leq 0,5$	oppure	$v \leq 0,5$	oppure	$M \leq 0,5$

Tab. 3.1.2: Intensità dell'evento per colate.

intensità	profondità dell'erosione - d (m)
Elevata	$d > 2$
Media	$0,5 < d < 2$
Bassa	$d < 0,5$

Tab. 3.1.3: Intensità dell'erosione fuori alveo.

Va comunque precisato che la valutazione della pericolosità deve considerare diversi scenari evolutivi del fenomeno condizionati dalla presenza delle opere (efficacia/efficienza) o delle infrastrutture (interferenza). Per la rappresentazione della pericolosità di tali scenari e per tenere conto dell'indeterminatezza/limiti delle metodologie analitiche applicate, si fa riferimento anche all'utilizzo delle classi di pericolosità residua.

Considerando che la transizione tra le diverse tipologie di esondazione è graduale, di seguito la pericolosità alluvionale è schematizzata facendo riferimento alla tipologia di corpo idrico superficiale interessato identificando le principali grandezze indicatrici di riferimento.

3.1.1 Fluviale

Eventi di interesse

Inondazioni del territorio per effetto di piene eccedenti la capacità dei corsi d'acqua. Si intende prevalentemente lo studio di piene in cui il trasporto solido sia trascurabile rispetto alla portata liquida.

Principali grandezze indicatrici

- profondità della corrente idrica o tirante idrico (h);

- effetto combinato di velocità del flusso (v) e tirante idrico, definito come prodotto tra le due grandezze (vh)

3.1.2 Torrentizia

Eventi di interesse

Eventi alluvionali delle aste torrentizie anche accompagnati da trasporto solido e di materiale vegetale più o meno intenso.

Principali grandezze indicatrici

Le grandezze di riferimento per definire l'intensità degli eventi variano a seconda del tipo di fenomeno torrentizio esaminato, quelle maggiormente rilevanti sono:

- altezza dei tiranti liquidi e/o solidi fuori dall'alveo (h)
- velocità dei deflussi liquidi e solidi fuori dall'alveo (v)
- effetto combinato di velocità del flusso (v) e tirante idrico, definito come prodotto tra le due grandezze ($f_t = vh$)
- spessore del deposito fuori dell'alveo (M)
- profondità dell'erosione fuori alveo (d)

3.1.3 Lacuale

Eventi di interesse

Eventi alluvionali per lo più statici per effetto di piene eccedenti la capacità dei corpi idrici lacuali o degli invasi artificiali.

Grandezze indicatrici

- tirante idrico (h).

3.2 Pericolosità da processi franosi

Con il termine processi franosi si indicano tutti i fenomeni di movimento o caduta di materiale roccioso o sciolto lungo un versante (Cruden, 1991) che avvengono in seguito all'azione della forza di gravità per superamento delle forze opposte di coesione e attrito del terreno.

I fattori o le cause che determinano una frana o un movimento in massa sono molteplici e si distinguono in:

- cause predisponenti
- cause preparatrici
- cause determinanti

In generale una frana è caratterizzata da tre parti fondamentali: la nicchia di distacco (superficie concava che indica il fronte di separazione tra la massa franata e quella in posto), il canale di trasporto o l'alveo di frana (solco lungo il quale avviene la traslazione verso valle del materiale) e l'accumulo di frana (materiale riportato su una precedente superficie topografica).

A partire dalla classificazione di Cruden & Varnes (1996), a seconda del tipo di movimento (cinematica del fenomeno) e del materiale coinvolto (roccia, detrito, terreno), i processi franosi sono distinti in: crolli, ribaltamenti, scorrimenti (traslativi o rotazionali), colate, espansioni laterali, *rock avalanche* (valanghe di roccia), movimenti complessi.

La pericolosità da processi franosi comprende anche le deformazioni gravitative profonde di versante (DGPV), le aree a franosità superficiale diffusa, le aree in erosione e le aree soggette a soliflusso e geliflusso.

In relazione alle finalità delle CaP e al tipo di approccio per la definizione della classe di pericolo, la pericolosità da processi franosi viene trattata secondo i seguenti gruppi di fenomeni franosi:

3.2.1 Frane

3.2.2 Crolli rocciosi

3.2.3 Deformazioni gravitative profonde di versante(DGPV)

Rispetto a tali fenomeni franosi, il tempo di ritorno degli eventi è spesso indefinibile ed è quindi necessario ricorrere a specifici criteri di classificazione della pericolosità che sono descritti di seguito per ciascuno di essi.

3.2.1 Frane

Elementi di interesse

Al gruppo Frane appartengono le seguenti tipologie di eventi franosi:

- ribaltamenti: frane in cui la forza di gravità, la pressione dell'acqua o la spinta dei blocchi adiacenti generano nel terreno o nella roccia un movimento rotazionale secondo un centro di rotazione posto al di sotto del baricentro della massa. Il tipo di deposito che generano è molto simile a quello dei crolli.
- scorrimenti: dissesti che a seconda delle caratteristiche geometriche della superficie di scivolamento si dividono in scorrimenti traslativi, quando il movimento avviene lungo superfici piane o leggermente ondulate inclinate a franapoggio (superfici di strato, di fratturazione o di scistosità), o in scorrimenti rotazionali (scoscendimenti) quando il movimento avviene lungo uno o più superfici arcuate, concave verso l'alto, prevalentemente in materiali coerenti o pseudo-coerenti.
- colate: frane che a seconda della dinamica di movimento si dividono in colate lente (soliflussi, geliflussi, *soil creep*), caratterizzate da masse di roccia o terreno in movimento per deformazione plastica che coinvolgono spessori di materiale estremamente variabili, e colate rapide (colate detritiche, colate di fango, *soil slip*) caratterizzate da una miscela di materiale scarsamente coesivo ed acqua che fluisce in maniera molto rapida lungo un versante o lungo linee di impluvio preesistenti. Le colate che si sviluppano lungo il reticolo idrografico non sono oggetto del presente gruppo ma sono trattate nel capitolo della Pericolosità alluvionale.
- espansioni laterali: frane che coinvolgono masse dal particolare assetto geologico in cui materiali a comportamento rigido sono sovrapposti a materiali a comportamento plastico. Il movimento disloca le masse rocciose più rigide che si fratturano a causa della deformazione e del flusso del materiale plastico sottostante.
- frane complesse: movimenti che derivano dalla combinazione di due o più tipologie di dissesto precedentemente descritti dei quali non emerge la prevalenza netta di un fenomeno rispetto ad un altro.
- rock avalanche: scivolamenti traslativi di enormi volumi di roccia che avvengono a grande velocità lungo estese superfici di discontinuità presenti in un ammasso roccioso .

La valutazione della pericolosità di un'area franosa, in alcuni casi, necessita dell'introduzione di due ulteriori elementi che ne completano la descrizione:

- zone di deformazione: si tratta di aree incluse o adiacenti a grosse frane o DGPV, spesso poste nella zona di transizione tra l'area stabile e quella instabile, caratterizzate da condizioni favorevoli allo sviluppo di movimenti differenziali con la conseguente formazione di campi di sforzo di taglio, compressione o trazione. Tali aree vengono definite in base a dati rilevati sul terreno e/o in base ai risultati di analisi aerofotografiche, lidar o interferometriche.
- aree di probabile espansione: sono aree che pur essendo stabili possono essere interessate da frane che generalmente si trovano a monte (espansione della frana verso valle) o, più raramente, a valle (evoluzione retrogressiva con arretramento della scarpata principale). Tali aree vengono delimitate, ove possibile, sulla base di criteri empirico-morfologici, formule empiriche, modellazione numerica o monitoraggio.

Completano il gruppo Frane alcune forme e processi geomorfologici che contribuiscono o hanno contribuito alla modellazione della superficie topografica attraverso azioni erosive, di trasporto e di deposito del sedimento spesso in presenza di acqua.

Si tratta dei fenomeni erosivi (erosioni di sponda, erosioni regressive, aree a calanchi), delle aree a franosità superficiale diffusa e delle aree soggette a soliflusso e/o geliflusso.

Grandezze indicatrici

Gli eventi sopra elencati sono differenziati sulla base del grado di attività che gli viene attribuito al momento del loro censimento.

Ogni frana è considerata **attiva** quando è in movimento allo stato attuale o comunque si è mobilizzata negli ultimi cinque cicli stagionali, **quiescente** se può essere riattivata in qualunque momento dalle sue cause originali (ossia permangono le cause del movimento), **stabilizzata** quando non può più essere riattivata dalle sue cause originali (ossia non sono più presenti le cause del movimento). In quest'ultima classe si distingue il caso **stabilizzato relitto** tipico di un fenomeno originato in condizioni geomorfologiche o climatiche diverse dalle attuali, di cui si ritiene impossibile una sua riattivazione per opera di quelle o altre cause.

Nei casi in cui non è possibile determinare il grado di attività ai fini dell'analisi della pericolosità il dissesto viene considerato quiescente.

Alle aree di deformazione viene attribuito un grado di attività pari o inferiore a quello del movimento franoso cui sono associate, mentre alle aree di probabile espansione il grado di pericolosità viene attribuito sulla base del loro grado di probabilità di accadimento.

Per determinare la classe di pericolosità di alcuni fenomeni, oltre al grado di attività si utilizza la velocità di deformazione attesa (riguardo la possibile evoluzione del fenomeno) secondo i parametri riportati nella Tab. 3.2.1.

velocità di deformazione	
lenta	veloce
≤ 3 cm/anno	> 3 cm/anno
≤ 3 cm/anno	> 3 cm/anno

Tab. 3.2.1 : velocità di deformazione attesa dei fenomeni franosi.

Determinazione del grado di pericolosità

Il grado di pericolosità degli elementi del gruppo Frane viene assegnato sulla base delle seguenti tabelle:

tipo	attivo		quiescente	stabilizzato	stabilizzato relitto
	veloce	lento			
ribaltamenti	elevata	media	media	bassa	trascurabile
scorrimenti traslativi o rotazionali	elevata	media	media	bassa	trascurabile
frane complesse	elevata	media	media	bassa	trascurabile
espansioni laterali	elevata	media	media	bassa	trascurabile
colate (*)	elevata	media	media	bassa	trascurabile

(*) le colate che si sviluppano lungo il reticolo idrografico non sono oggetto del presente gruppo ma sono trattate nel capitolo della Pericolosità alluvionale.

Tab. 3.2.2 : grado di pericolosità dei ribaltamenti, scorrimenti, frane complesse, espansioni laterali e colate.

I fenomeni attivi della Tab. 3.2.2 per i quali non è stata determinata la velocità di deformazione vengono considerati veloci.

Agli scorrimenti traslativi o rotazionali attivi con superficie complessiva inferiore o uguale a 3000 mq viene assegnata una pericolosità media.

tipo	attivo	quiescente	stabilizzato	stabilizzato reliitto
<i>rock avalanche</i>	elevata	media	bassa	trascurabile

Tab. 3.2.3 : grado di pericolosità delle rock avalanche.

tipo	attivo	quiescente	stabilizzato
aree calanchive	elevata	media	bassa
erosioni laterali (di sponda)	media	media	bassa
aree a franosità superficiale diffusa	elevata	media	bassa
aree ad erosione regressiva	elevata	media	bassa
aree soggette a soliflusso e/o geliflusso	bassa	bassa	bassa

Tab. 3.2.4: grado di pericolosità delle forme e dei processi geomorfologici.

tipo	attivo	quiescente
zone di deformazione	elevata	media

Tab. 3.2.5: grado di pericolosità delle zone di deformazione delle frane.

tipo	probabilità		
	elevata	media	bassa
aree di probabile espansione	elevata	media	bassa

Tab. 3.2.6: grado di pericolosità delle aree di probabile espansione delle frane.

3.2.2 Crolli rocciosi

Fenomeni di interesse

Il crollo è un fenomeno franoso, da rapido a estremamente rapido, caratteristico di pendii molto ripidi, fino ad aggettanti. Esso comporta il distacco improvviso di materiali di qualsiasi dimensione con spostamento in caduta libera, su una parte della traiettoria, e il successivo movimento a salti, rimbalzi e rotolamento lungo il versante.

Grandezze indicatrici

Le grandezze utilizzate per attribuire il grado di pericolosità degli eventi sono:

- **h** = altezza di volo delle traiettorie (m);
- **v** = velocità di caduta (m/sec);
- **f** = frequenza di passaggio dei blocchi (n. traiettorie che interessano ciascuna cella del DTM considerato).

Determinazione del grado di pericolosità da crolli rocciosi

L'analisi da caduta massi è condotta su tutto il territorio provinciale utilizzando modelli numerici tridimensionali applicati ad un DTM (*Digital Terrain Model* – Modello Digitale del Terreno) con risoluzione di cella pari a 5 m e alle informazioni contenute nella banca dati geologica provinciale.

A partire dal DTM viene costituita una banca dati delle aree sorgente di crollo definendo un punto sorgente per ciascuna delle celle che raggiunge o supera la soglia di pendenza di 44°.

I punti sorgente vengono depurati degli elementi generati in corrispondenza di strutture antropiche (es. muri di sostegno, spalle di ponti, dighe, ecc.) e di quelli che ricadono all'interno delle aree estrattive del Piano Cave provinciale (cfr. Piano Provinciale di utilizzazione delle sostanze minerali) in quanto la pericolosità da crolli che si genera all'interno di tali aree riguarda porzioni di territorio in continua e forte evoluzione morfologica dove le attività sono regolate da piani specifici di settore che tengono conto di questo tipo di pericolo.

A ciascun punto sorgente, in assenza di dati specifici, è assegnato un volume dei massi pari a 3,3 mc, mentre non si considerano i punti sorgente che costituiscono aree sorgenti con superficie inferiore a 50 mq.

Questi punti sono classificati a volumetria predefinita.

Ai punti sorgente con caratteristiche morfologiche e potenziali volumi di distacco determinati in base a sopralluoghi e indagini sul terreno (da parte di tecnici specializzati esterni o interni alla P.A.T.), sono attribuiti i valori medi dimensionali, di forma e densità derivati dalle indagini e vengono classificati a volumetria specifica.

I coefficienti di restituzione del suolo sono desunti dalla banca dati geologica provinciale.

Nell'analisi non si tiene conto dell'effetto di mitigazione della vegetazione e delle opere di difesa "meno durevoli" che richiedono frequenti manutenzioni o che

possono subire gravi danni al manifestarsi degli eventi. Le strutture di difesa del tipo vallo-tomo sono prese in considerazione nelle analisi in quanto sistemi solidi e duraturi nel tempo.

I modelli di calcolo restituiscono le mappe, in formato *raster* a celle, della velocità di caduta (v), delle altezze di volo (h) e delle frequenze di passaggio dei blocchi (f) ovvero del numero di traiettorie che interessano ciascuna cella del DTM.

La determinazione del grado di pericolosità da caduta massi segue un procedimento che prevede di applicare i modelli numerici tridimensionali di simulazione di crollo.

Si tratta di due elaborazioni distinte: una per le aree sorgente di crollo a volumetria predefinita e a volumetria specifica e una che considera le aree sorgenti di crollo con volumetrie eccezionali (blocchi da 50 m³).

Nella prima viene applicata una variazione di volume di $\pm 50\%$. In tal modo viene generato un intervallo del volume di simulazione dei blocchi che, nel caso delle volumetrie predefinite, è compreso tra 2 e 5 metri cubi.

Applicando le matrici riportate di seguito ai dati ricavati con le simulazioni, si determina il grado di pericolosità da assegnare ad ogni cella del *raster di sintesi*.

velocità (v) m/s				altezza (h) m
≥ 35	A	A	A	
$\geq 10 - < 35$	M	M	A	
< 10	B	M	A	
	≤ 3	$> 3 - \leq 5$	> 5	

Fig. 3.2.1 Matrice per valutare l'Intensità (Magnitudo) confrontando i dati di velocità di caduta **v** ed altezza di volo **h**.

intensità

A	media	media	elevata	elevata
M	bassa	media	media	elevata
B	bassa	bassa	media	media
	<20	≥20 - <200	≥200 - <400	≥400
	<1	≥1 - <10	≥10 - <20	≥20
	frequenza			
	f norm			

Fig. 3.2.2 Matrice per determinare il grado di pericolosità confrontando le Intensità (Magnitudo) con le frequenze dei passaggi dei blocchi **f**. La dizione “f_norm” in ascissa, indica il dato di frequenza normalizzato al numero di lanci per cella sorgente.

La soglia di velocità di 35 m/s corrisponde ad un'energia cinetica di circa 3000 kJ per un blocco con volume di 2 m³ (e massa pari a 5200 kg), mentre quella di 10 m/s corrisponde, per la medesima volumetria, ad un'energia cinetica di circa 260 kJ.

L'altezza di 3 m è indicativa di un moto dei blocchi tendenzialmente radente al suolo, mentre quella di 5 m corrisponde all'altezza di un'opera di difesa di dimensioni ordinarie.

La frequenza (valutata sul rilascio di 20 blocchi per cella sorgente) minore o uguale a 20 passaggi (1 passaggio normalizzato) corrisponde ad una situazione nella quale l'evento ha una probabilità di accadimento bassa, quella compresa tra 20 e 200 passaggi (10 passaggi normalizzati) corrisponde a situazioni nelle quali l'evento ha una probabilità di accadimento medio-bassa, quella tra 200 e 400 passaggi (20 passaggi normalizzati) probabilità media, quella superiore o uguale a 400 passaggi individua situazioni con probabilità di accadimento medio-alta.

Alle aree di transito dei blocchi determinate da aree sorgenti di crollo con superficie compresa tra 50 e 500 mq viene assegnato, in assenza di dati specifici, il grado di pericolosità basso.

Blocchi con volumetrie di 50 m³

Viene effettuata un'ulteriore simulazione di crolli rocciosi imponendo il distacco di blocchi con volumetria pari a 50 m³ da un sottoinsieme di punti sorgente selezionato su base litologica e dimensionale (aree sorgenti con superficie maggiore di 500 mq).

Alle aree di transito dei blocchi determinate dall'elaborazione viene assegnato il grado di pericolosità residua bassa per tenere conto di eventuali situazioni non note e particolarmente gravose.

Aree sorgenti di crolli

Ciascun punto sorgente rappresenta una cella del DTM con risoluzione di 5 metri e area pari a 25 m².

Il grado di pericolosità media viene assegnato all'aggregato di punti sorgente corrispondente ad una superficie minore o uguale a 1000 m², mentre il grado di pericolosità elevata viene assegnato all'aggregato di punti sorgente corrispondente ad una superficie maggiore di 1000 m².

Zonizzazione del grado di pericolosità

La zonizzazione del grado di pericolosità avviene unendo e vettorializzando i *raster* ottenuti in precedenza facendo prevalere il dato più gravoso e confrontando i risultati con le informazioni contenute nella CSG.

Ai poligoni con area inferiore ai 500 m² viene attribuito il grado di pericolosità del poligono che li comprende.

3.2.3 Deformazioni Gravitative Profonde di Versante (DGPV)

Fenomeni di interesse

La deformazione gravitativa profonda di versante, o DGPV è un fenomeno franoso che coinvolge il sistema crinale-versante-fondovalle. Viene catalogata tra i movimenti di frana in quanto comporta uno spostamento verso il "basso" di una porzione di pendio a seguito dell'azione della gravità con movimenti generalmente lenti o molto lenti, dell'ordine di millimetri annui o inferiori.

Nel territorio provinciale sono sviluppate generalmente su versanti costituiti da rocce metamorfiche con scistosità diffusa; sono comunque presenti fenomeni molto importanti anche su altre litologie quali le rocce sedimentarie caratterizzate da stratificazione a franappoggio e intercalazioni siltoso argillose.

Nelle parti medio-basse non si individua un vero piano di taglio. Questo si può trovare nella zona sommitale del fenomeno, in genere evidenziato da tutta una serie di fessurazioni (emersione dei tipici piani di movimento conosciuti anche come "doppie creste") trasversali alla linea di massima pendenza. Nella parte medio-bassa si verifica, di norma un "rigonfiamento" del pendio, a compensare la spinta verso il basso delle parti sommitali. Frequentemente, nella porzione inferiore o anche in alcune parti della zona centrale del fenomeno, si formano situazioni di locale disequilibrio che evolvono in vere e proprie frane per taglio (frane rotazionali), o in crolli.

Negli stadi evolutivi più avanzati i processi deformativi possono portare al collasso dell'intero versante coinvolto o di sue estese porzioni.

Il fenomeno si verifica solo in roccia ma coinvolge anche le coperture quaternarie che ricoprono il versante.

Come per i fenomeni del gruppo Frane anche alcune DGPV hanno delle zone di deformazione e le zone di probabile espansione associate.

Grandezze indicatrici

Le DGPV sono differenziate sulla base del **grado di attività** secondo le classi attiva, inattiva e attività non determinata.

La definizione del grado di attività è basata su informazioni di tipo bibliografico, cartografie geotematiche, ricerche di tipo archivistico, evidenze e indicatori cinematici visibili sul terreno per mezzo di rilevamenti di tipo geomorfologico, analisi aerofotogrammetriche, analisi di interferometria satellitare e dati di monitoraggio di tipo geodetico (topografia tradizionale, GPS).

Per i fenomeni attivi si definisce, ove possibile, anche l'elemento velocità di deformazione e la sua variazione nel tempo (accelerazione) secondo la Tab. 3.2.7. La velocità è desunta da dati di interferometria satellitare, da monitoraggi o da altre metodologie analitiche.

velocità di deformazione	caratteristiche	
velocità costante	lenta	≤ 0,3 cm/anno
	veloce	> 0,3 cm/anno
fenomeno in accelerazione	i valori di velocità, nel tempo, hanno un andamento in crescita	
velocità non nota	al momento della classificazione non si dispone di dati sulla velocità di deformazione	

Tab. 3.2.7: velocità di deformazione delle DGPV.

Determinazione del grado di pericolosità

Il grado di pericolosità delle DGPV viene assegnato sulla base delle seguenti tabelle:

tipo	attiva				inattiva	attività non determinata
	velocità costante		fenomeno in accelerazione	velocità non nota		
	veloce	lenta				
DGPV	media	bassa	elevata	media	trascurabile	bassa

Tab. 3.2.8: grado di pericolosità delle DGPV.

Alle aree di deformazione viene attribuito un grado di pericolosità pari o inferiore a quello del movimento franoso cui sono associate, mentre alle aree di probabile espansione il grado di pericolosità viene attribuito sulla base del loro grado di probabilità di accadimento.

tipo	attivo	quiescente
zone di deformazione	elevata	media

Tab. 3.2.9: grado di pericolosità delle zone di deformazione delle DGPV.

tipo	probabilità		
	elevata	media	bassa
aree di probabile espansione	elevata	media	bassa

Tab. 3.2.10: grado di pericolosità delle aree di probabile espansione delle DGPV.

3.3 Pericolosità valanghiva e glaciale

3.3.1 Valanghe

Fenomeni di interesse

Processi gravitativi di masse nevose sia di tipo denso (radenti) che polveroso (nubiformi), talvolta dall'elevata capacità di trascinamento di materiale solido. In Trentino le valanghe sono generalmente di tipo radente, a volte miste con modesta componente aeriforme e, solo in rari, casi tipicamente nubiformi.

Grandezze fisiche fondamentali

- velocità di scorrimento della valanga;
- altezza di scorrimento (tipicamente per le valanghe radenti);
- distanza di arresto (tipicamente per le valanghe radenti);
- densità di volume della valanga (tipicamente per le valanghe nubiformi).

Lo studio delle valanghe è condotto in maniera differenziata a seconda che si tratti di eventi nubiformi o radenti secondo quanto di seguito specificato.

Per le valanghe radenti, le cui dimensioni geometriche sono generalmente minori di quelle degli ostacoli su cui le valanghe stesse possono impattare, si procede alla classificazione della *pericolosità* con l'ausilio di modelli numerici mono- o bidimensionali che simulano la dinamica dell'evento valanghivo nello specifico contesto territoriale considerano tre diversi valori di altezze di neve al distacco associate ai seguenti tempi di ritorno:

- inferiore a 30 anni;
- compreso fra 30 e 100 anni;
- superiore a 100 anni (fino a un massimo di circa 300 anni in relazione alla disponibilità di dati storici sufficientemente attendibili).

Per ciascuna di queste tre classi si procede poi, sempre con l'ausilio del modello, alla determinazione delle distanze di arresto nella zona di deposito della valanga ed alla conseguente perimetrazione della pericolosità, che assume evidentemente livello decrescente al crescere del tempo di ritorno.

Per le valanghe nubiformi, le cui dimensioni geometriche sono generalmente molto maggiori rispetto ai comuni ostacoli su cui possono impattare, si procede analogamente con adeguati modelli numerici di simulazione con cui vengono distinte tre classi di *intensità* in funzione della pressione di impatto, P , dovuta alla velocità ed alla densità della valanga stessa; tale pressione esprime la forza per unità di superficie esercitata dalla valanga su di un ostacolo piatto, di grandi dimensioni e disposto perpendicolarmente rispetto alla traiettoria di avanzamento della massa nevosa. Le tre classi citate sono:

- intensità elevata, con $P > 15$ kPa;
- intensità media, con $3 < P < 15$ kPa;
- intensità bassa, con $P < 3$ kPa.

Va inoltre differenziata anche la *probabilità* dell'evento considerato, utilizzando le stesse classi del tempo di ritorno indicato per le valanghe radenti, a cui sono associate rispettivamente le probabilità elevata, media e bassa.

Infine si procede alla classificazione della *pericolosità* mediante combinazione dei valori di intensità e probabilità secondo matrici di interazione del tipo "Buwal" già descritte precedentemente.

Per entrambe le tipologie di valanghe il livello di approfondimento e di analiticità degli studi, nonché la scelta dei tempi di ritorno superiori a cento anni, possono essere adattati al grado di antropizzazione del territorio interessato ed alle informazioni disponibili riguardo alle valanghe storicamente accertate nello stesso. Qualora non siano disponibili dati territoriali che possano garantire un'adeguata analisi statistica degli eventi analizzati si può fare ricorso ad analisi a scala di valle (o più ampia), anche finalizzate alla definizione dei parametri fisici dei modelli di dinamica utilizzati.

In presenza di opere di difesa attiva (quali reti, ponti o rastrelliere da neve) la perimetrazione della pericolosità può essere effettuata secondo i due diversi scenari, caratterizzati rispettivamente dalla presenza e dall'assenza delle stesse opere. Le differenti perimetrazioni che ne derivano sono utilizzabili per l'individuazione di aree con pericolosità residua, secondo quanto definito nei criteri generali (cap. 2).

Le valanghe per le quali non può essere correttamente applicato il modello numerico di simulazione (tipicamente i flussi incanalati privi di una vera e propria area di distacco) sono classificate generalmente con pericolosità potenziale, nei casi in cui esse risultino particolarmente frequenti può anche essere adottato il livello di pericolosità elevata.

Le valanghe per le quali non è ancora disponibile una classificazione della pericolosità secondo quanto sopra indicato sono inserite nelle carte della pericolosità adottandone la classificazione già assunta nella vigente carta di sintesi geologica del Piano urbanistico provinciale.

3.3.2 Ghiacciai e Piccola Età Glaciale (PEG)

Fenomeni di interesse

Aree che sono occupate da ghiaccio (ghiacciai attuali) o sono state occupate dai ghiacciai durante l'ultima pulsazione glaciale avvenuta in epoca storica (dal 1300 al 1850) e denominata Piccola Età Glaciale (PEG).

Durante questo periodo i ghiacciai hanno conosciuto una fase di espansione che ha determinato un avanzamento del fronte glaciale. Tale pulsazione è generalmente testimoniata dai depositi glaciali frontali e laterali del ghiacciaio (morene) caratterizzati da una scarsa colonizzazione vegetale.

Grandezze indicatrici e classificazione della pericolosità dei ghiacciai e della Piccola Età Glaciale

Le caratteristiche fisiche di questi tipi di fenomeni sono derivate dai risultati di specifiche analisi geomorfologiche, studi sulle dinamiche glaciali dal termine dell'era terziaria fino ad oggi (quaternario), datazioni di vario tipo, mappe storiche, verifiche in campagna dei depositi e delle forme tipiche dell'ambiente glaciale.

Vengono distinte le aree occupate dal ghiaccio all'epoca della PEG, i depositi glaciali e le forme ad essa associati e le aree attualmente occupate dal ghiaccio.

La delimitazione dei ghiacciai attuali viene desunta dalle banche dati provinciali sull'ambiente, aggiornate da periodici rilievi aereo-fotogrammetrici e laser-altimetrici (Lidar). La loro attualità è legata al momento di ripresa delle foto aeree e delle scansioni laser utilizzate per le analisi.

Determinazione del grado di pericolosità

La perimetrazione delle aree a pericolosità da PEG è definita dalla sovrapposizione delle aree occupate dal ghiaccio all'epoca della PEG e delle aree occupate dai depositi glaciali associati alla PEG.

Il grado di pericolosità viene assegnato sulla base della seguente tabella.

tipo	pericolosità
aree attualmente occupate dai ghiacciai	media
aree occupate dai ghiacciai e relativi depositi durante la PEG (1300 - 1850)	bassa

Tab. 3.3.1: grado di pericolosità delle aree occupate dai ghiacciai.

3.3.3 Permafrost e Rock glacier

Fenomeni di interesse

Alle latitudini della catena Alpina, con il termine *permafrost* (suolo permanentemente gelato) si fa riferimento a quelle porzioni di suolo o roccia che, per le particolari condizioni climatiche in cui si trovano, determinate essenzialmente dalla quota e dall'esposizione, rimangono sempre a temperatura inferiore a 0°C per tutto il periodo dell'anno.

Le variazioni delle condizioni climatiche attuali tendono a provocare una generale diminuzione delle aree a *permafrost* favorendo il verificarsi di potenziali condizioni di instabilità.

I *rock glacier* sono corpi geologici costituiti da ghiaccio e detrito sciolto cementati assieme (*permafrost*) con una caratteristica morfologia superficiale fatta di rughe, solchi e scarpate ben definite.

Il ghiaccio presente al loro interno può essere interstiziale (riempire i pori) o concentrato in lenti e corpi.

I *rock glacier* indicano la presenza di *permafrost* in ambiente alpino e possono essere dotati di movimento come conseguenza della deformazione plastica del *permafrost*. Vengono distinti in intatti (attivi o inattivi) e relitti a seconda delle evidenze di movimento e della presenza o meno di *permafrost*.

Determinazione della pericolosità da Permafrost

La determinazione della pericolosità da permafrost è definita a partire dalla mappa del *permafrost* realizzata nell'ambito del progetto europeo PermaNET.

Tale mappa deriva dall'applicazione di un modello matematico che tiene conto degli aspetti relativi all'esposizione e alla quota del territorio esaminato e restituisce un *raster* con risoluzione 10 m che definisce la probabilità di presenza di *permafrost* e le aree potenzialmente interessate dal fenomeno, con valori compresi tra 0.1 e 1.

La pericolosità è assegnata secondo la seguente Tab. 3.3.2.

probabilità di presenza di Permafrost	descrizione	pericolosità
0.77 - 1.00	<i>permafrost</i> in quasi tutte le condizioni	bassa
0.55 - 0.77	<i>permafrost</i> prevalentemente in condizioni di temperature basse	trascurabile
0.10 - 0.55	<i>permafrost</i> solo in condizioni di temperature molto basse	trascurabile

Tab. 3.3.2: grado di pericolosità delle aree soggette a permafrost.

Le aree interessate dalla presenza di *rock glacier* sono definite sulla base delle informazioni del catasto dei *rock glacier* della PAT realizzato a partire dai risultati dei lavori del progetto PermaNET.

Agli elementi appartenenti a questo tema viene assegnata la relativa classe di pericolosità in base alla seguente tabella.

tipo	pericolosità
<i>rock glacier</i> intatto	media
<i>rock glacier</i> relitto	trascurabile

Tab. 3.3.3: grado di pericolosità dei *rock glacier*.

3.4 Caratteristiche lito-geomorfologiche

Fenomeni di interesse

Propensione al dissesto del territorio.

Processi geomorfologici che individuano le forme che risultano dall'azione di modellazione operata dagli agenti esogeni che contribuiscono o hanno contribuito alla modellazione della superficie topografica attraverso azioni erosive, di trasporto e di deposito del sedimento spesso in presenza di acqua.

Questi fenomeni naturali e l'attività antropica, producono particolari forme del territorio tra cui depressioni chiuse di origine gravitativa (naturali o di origine antropica), tracce di paleoalveo, doline, inghiottitoi, aree di cava, accumuli di origine antropica in genere (es: discariche), ecc.

Grandezze indicatrici

Le caratteristiche fisiche su cui basare l'attribuzione del grado di pericolosità sono:

- pendenza del terreno;
- classe litotecnica di appartenenza del substrato o dei depositi di materiale sciolto;
- grado di attività delle forme o dei processi (attivo, quiescente, stabilizzato);

Classificazione della pericolosità

La classificazione della pericolosità lito-geomorfologica del territorio parte da un'analisi comparata delle caratteristiche litotecniche dei terreni affioranti e delle condizioni di pendenza del suolo, la quale viene successivamente integrata dal dato geomorfologico e dalle aree subsidenti o geotecnicamente scadenti.

Caratteristiche litotecniche dei terreni e pendenza

Il territorio, anche in relazione alle caratteristiche litotecniche dei terreni presenti, viene suddiviso nelle seguenti classi di pendenza:

classe di pendenza	intervallo di pendenza
1	0° - ≤18°
2	>18° - ≤25°
3	>25° - ≤30°
4	>30° - ≤43°
5	>43°

Tab. 3.4.1: classi ed intervalli di pendenza.

Le classi di pendenza sono definite a partire dal DTM con risoluzione di 5 m e vengono confrontate con la mappa delle classi litotecniche del substrato roccioso e delle coperture derivate dalla banca dati geologica provinciale.

Il grado di pericolosità viene attribuito secondo la seguente tabella.

codice	classe litotecnica	classe di pendenza				
		1	2	3	4	5
111	Rocce coerenti massicce magmatico-metamorfiche acide (plutoniti acide, ortogneiss, quarziti, porfiroidi, vulcaniti acide)	trascurabile	trascurabile	residua bassa	bassa	media
112	Rocce coerenti massicce intrusivo-metamorfiche basiche (plutoniti basiche (1), pirosseniti, anfiboliti, porfiroidi basici,)	trascurabile	trascurabile	residua bassa	bassa	media
113	Rocce coerenti massicce costituite da ruditi cementati a clasti magmatico-metamorfiche (breccie, conglomerati poligenici cementati)	trascurabile	trascurabile	residua bassa	bassa	media
121	Rocce coerenti massicce carbonatiche (calcari, dolomie, marmi)	trascurabile	trascurabile	residua bassa	bassa	media
122	Rocce coerenti massicce costituite da ruditi cementate a clasti carbonatici (breccie, conglomerati carbonatici)	trascurabile	trascurabile	residua bassa	bassa	media
131	Rocce coerenti massicce a celle (calcari a cellette scarsamente stratificate)	trascurabile	trascurabile	residua bassa	bassa	media
132	Rocce coerenti massicce a celle (travertino)	trascurabile	trascurabile	residua bassa	bassa	media
210	Rocce coerenti stratificate carbonatiche (calcari, dolomie)	trascurabile	trascurabile	residua bassa	bassa	media
221	Rocce coerenti stratificate effusive acide stratificate e/o metamorfiche scistose di medio alto grado (vulcaniti acide, gneiss)	trascurabile	trascurabile	residua bassa	bassa	media
222	Rocce coerenti scistose metamorfiche di medio grado (scisti, micascisti)	trascurabile	residua bassa	residua bassa	bassa	media
311	Rocce coerenti massicce alterabili (vulcaniti basiche od intermedie)	trascurabile	residua bassa	residua bassa	bassa	media
312	Rocce coerenti massicce costituite da ruditi cementate terrigene o vulcaniche alterabili (breccie vulcaniche basiche od intermedie)	trascurabile	residua bassa	residua bassa	bassa	media
320	Rocce coerenti stratificate alterabili (vulcaniti basiche od intermedie)	trascurabile	residua bassa	residua bassa	bassa	media
411	Alternanze di prevalenti rocce coerenti carbonatiche, con livelli semicoerenti (dolomie, calcari, prevalenti con interstrati arenacei, siltitici, marnosi o ruditi carbonatiche a matrice siltitica, marnosa)	trascurabile	residua bassa	bassa	bassa	media
412	Alternanze di prevalenti rocce coerenti non carbonatiche, con livelli semicoerenti (gneiss, anfiboliti, scisti con livelli filladici, vulcaniti con livelli di tufi, ruditi poligenici a matrice siltitica, marnosa)	trascurabile	residua bassa	bassa	bassa	media

codice	classe litotecnica	classe di pendenza				
		1	2	3	4	5
421	Alternanze di prevalenti rocce semicoerenti con livelli coerenti (siltiti, marne prevalenti con dolomie o calcari, filladi con subordinati scisti, micascisti, gneiss)	trascurabile	residua bassa	bassa	bassa	media
422	Rocce semicoerenti metamorfiche scistose di basso grado (metamorfiti filladi)	trascurabile	residua bassa	bassa	bassa	media
431	Rocce semicoerenti stratificate (marne)	residua bassa	residua bassa	bassa	media	media
432	Rocce semicoerenti stratificate in alternanza (alternanze di arenarie, marne, siltiti)	trascurabile	residua bassa	bassa	bassa	media
441	Rocce semicoerenti stratificate (arenarie, tufi)	trascurabile	residua bassa	bassa	bassa	media
442	Rocce semicoerenti stratificate (siltiti, argilliti)	residua bassa	residua bassa	bassa	media	media
511	Alternanze di rocce coerenti prevalenti con livelli pseudocoerenti (dolomie o calcari prevalenti con interstrati limosi o argillosi)	trascurabile	residua bassa	bassa	media	media
512	Alternanze di rocce semicoerenti prevalenti con livelli pseudocoerenti (alternanze di arenarie, siltiti, marne prevalenti con interstrati limosi o argillosi)	trascurabile	residua bassa	bassa	media	media
521	Alternanze di rocce pseudocoerenti prevalenti con livelli coerenti (argille o limi prevalenti con dolomie o calcari)	trascurabile	residua bassa	bassa	media	media
522	Alternanze di rocce pseudocoerenti prevalenti con livelli semicoerenti (argille o limi prevalenti con marne, siltiti, arenarie)	trascurabile	residua bassa	bassa	media	media
611	Alternanze di livelli granulari prevalenti con livelli pseudocoerenti (ghiaie, sabbie prevalenti con livelli limosi o argillosi)	trascurabile	residua bassa	bassa	media	media
612	Alternanze di livelli pseudocoerenti prevalenti con livelli granulari (limi o argille prevalenti con livelli ghiaie e/o sabbie)	residua bassa	residua bassa	bassa	media	media
621	Terre pseudocoerenti (argille, limi argillosi)	residua bassa	residua bassa	bassa	media	media
622	Terre pseudocoerenti (limi)	residua bassa	residua bassa	bassa	media	media
623	Torbe	bassa	bassa	bassa	media	media
710	Depositi granulari sciolti a struttura caotica o debolmente stratificati con clasti prevalentemente carbonatici (nivomorene, detriti di versante o misti carbonatici)	trascurabile	trascurabile	residua bassa	bassa	media
720	Depositi granulari sciolti a struttura caotica o debolmente stratificati con clasti prevalentemente di origine intrusiva e/o effusiva acida (2) (nivomorene, detriti di versante o misti intrusivi e/o effusivi acidi)	trascurabile	trascurabile	residua bassa	bassa	media
731	Depositi granulari sciolti a struttura caotica o debolmente stratificati con clasti prevalentemente di origine terrigena e/o effusiva basica (2) (nivomorene, detriti di versante o misti terrigeni e/o effusivi basici)	trascurabile	residua bassa	residua bassa	bassa	media
732	Depositi granulari sciolti a struttura caotica o debolmente stratificati con clasti prevalentemente di origine metamorfica (nivomorene, detriti di versante o misti metamorfici)	trascurabile	trascurabile	residua bassa	bassa	media

codice	classe litotecnica	classe di pendenza				
		1	2	3	4	5
741	Depositi granulari sciolti a struttura caotica granulometricamente eterogenea ed a clasti poligenici (depositi di frana, marocche)	trascurabile	trascurabile	residua bassa	bassa	media
742	Depositi granulari sciolti a struttura caotica granulometricamente eterogenea ed a clasti poligenici (dep. di debris flow, rock glacier, antropici, nivomorene poligeniche, det. di versante o misti poligenici)	trascurabile	trascurabile	residua bassa	bassa	media
743	Depositi granulari sciolti a struttura caotica granulometricamente eterogenea ed a clasti poligenici (depositi glaciali)	trascurabile	trascurabile	residua bassa	bassa	media
744	Depositi granulari sciolti a struttura caotica granulometricamente eterogenea ed a clasti poligenici (depositi glaciali) a matrice argillosa e/o saturi	trascurabile	residua bassa	bassa	media	media
750	Depositi granulari sciolti stratificati (depositi alluvionali, depositi colluviali)	trascurabile	trascurabile	residua bassa	bassa	media
9997	Discariche di inerti	bassa	bassa	bassa	media	media
9998	Discariche di RSU	bassa	bassa	bassa	media	media
9999	Altro	residua bassa	residua bassa	bassa	media	media

Tab. 3.4.2: grado di pericolosità in funzione della classe litotecnica e della pendenza.

Elementi geomorfologici

Il grado di pericolosità degli elementi geomorfologici è determinato sulla base del tipo di forma o del tipo di processo e al suo grado di attività.

I processi sono attivi quando esercitano la loro azione di rimodellazione della superficie del terreno, quiescenti quando si presume che possano essere riattivati in qualunque momento dalle loro cause originali, stabilizzati quando le morfologie e le forme appaiono immutate da lungo periodo. In alcuni casi per determinare l'attività del processo è possibile utilizzare le informazioni derivanti dai rilievi interferometrici satellitari e/o particolari analisi geomorfologiche di dettaglio.

Per definire il grado di pericolosità dei processi si utilizzano le tabelle 3.4.3 e 3.4.4.

codice	tipo	pericolosità
1060	depressione chiusa di origine gravitativa	media
50010	traccia di paleoalveo	residua bassa
3030	dolina	media
50050-3030	inghiottitoio (?dolina)	elevata
1110-1120	area di cava	residua bassa
3010	principale cavità ipogea	media

Tab. 3.4.3: grado di pericolosità degli elementi geomorfologici.

codice	tipo	attivo	quiescente	stabilizzato
3020	spfondamenti naturali o indotti	elevata	media	bassa

Tab. 3.4.4: grado di pericolosità degli sprofondamenti.

Ai processi con geometria puntuale la pericolosità viene applicata su un intorno di raggio pari a 15 m.

4. ALTRI TIPI DI PERICOLOSITÀ

Ad integrazione di quanto riportato nei capitoli precedenti per quanto riguarda lo studio dei fenomeni di tipo idrogeologico, si descrivono di seguito gli elementi basilari per la rappresentazione della pericolosità dovuta ad eventi di altra natura, ovvero non riconducibili a cause di innesco tipicamente meteorologiche o a modalità di manifestazione/propagazione strettamente dipendenti dalla morfologia del territorio.

Anche per questo tipo di fenomeni è opportuno che le strutture provinciali competenti (vedi cap. 5) adottino ed aggiornino disposizioni operative di maggior dettaglio.

4.1 Incendi boschivi

La Carta della Pericolosità da incendi boschivi si basa sulle elaborazioni effettuate per la redazione del “Piano per la difesa dei boschi dagli incendi”, approvato nel 2010. Questo rappresenta il quarto aggiornamento del primo piano di settore, redatto nel 1978 in applicazione della L.P. 30/1977, ed ha lo scopo di prevedere, prevenire e combattere gli incendi boschivi al fine di evitare la perdita di aree boscate, nonché, in casi particolarmente gravi, di vite umane ed infrastrutture.

Elaborato ai sensi dell’art. 86 della L.P. 11/2007, anche in relazione a quanto previsto dalla legge quadro nazionale in materia di incendi boschivi n. 353/2000, il Piano contiene la Carta del Pericolo di incendio boschivo, che individua, per le sole aree boscate, tre diversi gradi di pericolo: elevato, medio, scarso. Detta carta costituisce il punto di partenza per la pianificazione delle opere di prevenzione e difesa dagli incendi boschivi nonché per la lotta attiva, ed esprime il Pericolo di incendio boschivo come probabilità che una determinata area boschiva sia soggetta ad incendio di intensità più o meno elevata.

La zonazione del pericolo effettuata dalla carta si basa sulla ponderazione dei fattori che contribuiscono a provocare l’innesco e la successiva propagazione di un incendio boschivo e che possono essere ricondotti ai concetti di probabilità e di intensità dell'evento.

Nell’analisi tali fattori predisponenti vengono suddivisi in tre componenti:

- il pericolo storico, riconducibile al concetto di probabilità, è determinato in base all’analisi dei parametri di frequenza ed estensione degli incendi boschivi negli ultimi 30 anni;
- il pericolo territoriale, riconducibile ai concetti di probabilità e di intensità, è determinato in base all’analisi dei parametri di pendenza, esposizione, udometria e tipo vegetazionale;

- il pericolo antropico, riconducibile al concetto di probabilità, è determinato in base all'analisi della distanza rispetto alle possibili aree di innesco quali strade principali e linee ferroviarie, zone agricole, aree di interfaccia urbano-foresta.

L'applicazione del modello consente una prima valutazione della predisposizione delle aree boscate all'innesco e alla propagazione degli incendi boschivi, adeguato alla programmazione delle opere e degli interventi di prevenzione contenuti nel piano per la difesa dei boschi dagli incendi, laddove i boschi rappresentano il valore da proteggere sotto l'aspetto ambientale e per il loro ruolo ai fini della sicurezza del territorio.

Un ulteriore passaggio consiste nell'analizzare la probabilità che dai possibili incendi boschivi derivi un pericolo per le infrastrutture e gli insediamenti umani.

Per quanto riguarda l'aspetto della pericolosità è essenziale infatti la valutazione della tipologia di interfaccia possibile tra aree boscate soggette al pericolo di incendio e insediamenti umani, che può essere classica o mista. Tale fattore è riconducibile sia al concetto di probabilità, in quanto la presenza di insediamenti intensamente abitati ed accessibili riduce il rischio di passaggio dalla fase di innesco a quella di propagazione, sia al concetto di intensità, in quanto, soprattutto in caso di interfaccia mista, il carattere della matrice principale (boscata o non boscata) condiziona il quantitativo di possibile combustibile e quindi l'intensità dell'incendio in caso di propagazione.

Con interfaccia classica, il limite tra l'area boscata soggetta a pericolo e gli insediamenti umani è lineare e continuo. Le due aree sono chiaramente distinte e compatte. Le operazioni di prevenzione, avvistamento e spegnimento di inizi di incendio nell'area boscata sono facilitate dalla vicinanza di centri abitati e dalla migliore accessibilità, e ciò comporta una riduzione del pericolo da elevato a medio, da medio a basso o da basso a trascurabile.

Con interfaccia mista possono verificarsi due situazioni opposte. Nel caso di frammenti di aree boscate compresi in una matrice agricola o urbana l'innesco di un incendio non trova sufficiente spazio per propagarsi in maniera pericolosa sugli insediamenti circostanti, sia per l'accessibilità facilitata che consente un intervento tempestivo di spegnimento, sia per la scarsità del combustibile che ne riduce il potenziale effetto distruttivo, e ciò consente una riduzione del pericolo analogamente a quanto avviene nel caso precedente.

Nel caso invece di insediamenti di limitata estensione compresi in una matrice forestale a pericolo di incendio, se il rischio rimane poco significativo nel caso del pericolo medio o basso, in aree a pericolo elevato l'alta probabilità di innesco combinata con la facilità di propagazione con intensità elevate comportano una pericolosità elevata per le infrastrutture e gli insediamenti stessi.

In vista dell'applicazione alla Carta della Pericolosità e quindi alla Carta di Sintesi della Pericolosità, alle elaborazioni originariamente effettuate per la carta del pericolo di incendio boschivo sono state quindi apportate le seguenti modifiche:

- a) ad un aggiornamento delle superfici, con correzione delle aree boscate dovute alla modifica dell'uso del suolo intervenuto nel frattempo;
- b) alla classificazione della pericolosità sulle piccole superfici non boscate incluse in una matrice boscata estesa;
- c) all'adeguamento della zonizzazione alla geomorfologia definita dal nuovo modello digitale del terreno su base LiDAR;
- d) all'introduzione di classi residuali, elevata, media e bassa, per tener conto dell'effetto dell'interfaccia sulla classificazione di pericolosità. Nelle aree a pericolosità residuale è più elevata la possibilità di innesco per cause antropiche, ma è minore la probabilità di propagazione e quindi il valore di pericolosità viene parzialmente ridotto.

Nella tabella che segue si riportano le modalità di rappresentazione della pericolosità dovuta a questi fenomeni.

pericolosità	campitura classi ordinarie	campitura classi straordinarie (residuali)
elevata	H4	HR4
media	H3	HR3
bassa	H2	HR2
trascurabile	H1	

Tab. 4.1.1: rappresentazione della pericolosità da incendi boschivi.

4.2 Pericolosità sismica

La pericolosità sismica è data dalla stima quantitativa dello scuotimento alla superficie terrestre (roccia o terreno/suolo) a seguito di un evento sismico, per una determinata area. Se si adotta un approccio di tipo probabilistico, tale scuotimento atteso viene valutato considerando le incertezze dovute alla grandezza, alla localizzazione ed al tempo di occorrenza del terremoto. La pericolosità sismica comprende due componenti: la pericolosità sismica di base e la pericolosità sismica locale.

La pericolosità sismica di base stima i valori dei parametri descrittivi dello scuotimento (es. velocità, accelerazione, ordinate spettrali) per il cosiddetto "terremoto di riferimento", in condizioni di sottosuolo rigido (es. roccia sub-affiorante) e senza irregolarità morfologiche (es. superficie pianeggiante). Poiché generalmente si utilizzano metodologie di tipo probabilistico, la pericolosità sismica di base definisce il terremoto di riferimento, per l'area considerata, in base ad un prefissato tempo di ritorno dell'evento.

La pericolosità sismica locale deriva dalle specifiche caratteristiche locali del sito considerato, in particolare quelle di tipo stratigrafico e topografico. È quindi possibile stimare gli effetti locali (es. modificazioni dello scuotimento in termini di ampiezza, durata e contenuto in frequenza) dovuti ai caratteri geologici e topografici del sito, adottando analisi di microzonazione sismica e di risposta sismica locale.

Pericolosità sismica di base

Con l'Ordinanza PCM 3274/2003 (pubblicata nella Gazzetta Ufficiale n.105 dell'8 maggio 2003) e la successiva Ordinanza PCM 3519/2006 (pubblicata nella Gazzetta Ufficiale n.108 dell'11 maggio 2006) si stabilisce che l'intero territorio nazionale è sismico e viene adottata la mappa di pericolosità sismica di riferimento a scala nazionale. Quest'ultima descrive la pericolosità sismica di base attraverso il parametro dell'accelerazione massima attesa su suolo rigido (a_g) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, ossia per tempo di ritorno pari a 475 anni. I valori di a_g sono calcolati secondo una griglia di punti con spaziatura non superiore a 0,05°. A seguito di tale normativa nazionale, il territorio provinciale è suddiviso in zone a sismicità trascurabile (zone sismiche 4) ed a sismicità bassa (zone sismiche 3).

La normativa tecnica riguardante le costruzioni (Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008 e relativa Circolare 2 febbraio 2009, n. 617, Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici; NTC nel seguito) definisce la pericolosità sismica di base integrando la pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale (da Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia), dove lo scuotimento è descritto tramite lo spettro di risposta elastico in accelerazione. Tale spettro è univocamente determinato tramite l'accelerazione a_g e le ordinate spettrali, una volta determinato il tempo di ritorno dell'evento sismico di riferimento.

La carta di pericolosità sismica della P.A.T. riporta i valori di a_g per tempo di ritorno pari a 475 anni, secondo griglie con spaziatura 0,05° e 0,02° (dati da pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale). È possibile calcolare il valore di

accelerazione per qualsiasi sito del territorio applicando un'interpolazione numerica, tramite media pesata, dei valori posti ai quattro vertici del poligono di riferimento contenente il punto considerato (cfr. allegato A delle NTC).

Pericolosità sismica locale

Gli effetti sismici locali sono valutati adottando le metodologie proprie degli studi di microzonazione sismica (Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica, 2008 e successive integrazioni; ICMS nel seguito) o, analogamente, le analisi di risposta sismica locale (NTC). Inoltre, le NTC permettono di adottare un cosiddetto approccio semplificato per la valutazione delle amplificazioni, tramite coefficienti correttivi della pericolosità sismica di base riguardanti l'amplificazione stratigrafica (coefficiente S_S) e topografica (coefficiente S_T), selezionati in base alla categoria di sottosuolo specifica (cfr. sezione 3.2 delle NTC).

La carta di pericolosità sismica della P.A.T. valuta gli effetti locali secondo tre approcci differenti.

Nelle aree dove sono disponibili studi quantitativi di microzonazione sismica, in accordo a quanto riportato negli ICMS, le aree caratterizzate da differenti effetti locali sono classificate come descritto in Tab. 4.2.1. In particolare, l'amplificazione è descritta da fattori di amplificazione in termini di intensità spettrale di Housner, nell'intervallo di periodi 0,1-2,5 s (F_H). Tali fattori si applicano alla pericolosità sismica di base al fine di ottenere la pericolosità sismica al sito.

fattore di amplificazione F_H	classificazione degli effetti locali
$F_H \geq 2,0$	area suscettibile di alte amplificazioni
$1,5 \leq F_H < 2,0$	area suscettibile di medie amplificazioni
$1,0 < F_H < 1,5$	area suscettibile di basse amplificazioni
$F_H = 1,0$	area non suscettibile di amplificazioni o deamplificazioni
$F_H < 1,0$	area suscettibile di deamplificazioni

Tab. 4.2.1: Classificazione degli effetti locali sulla base di analisi quantitative di microzonazione sismica.

Nelle aree dei principali fondovalle o ad essi prossime, dove non sono però disponibili studi quantitativi di microzonazione sismica, le aree caratterizzate da differenti effetti locali sono classificate come descritto in Tab. 4.2.2. Ad ogni categoria di sottosuolo, ricavata dalla Carta delle caratteristiche sismiche dei sottosuoli della P.A.T., viene fatto corrispondere un valore di coefficiente di amplificazione stratigrafica S_S (cfr. NTC) e quindi una classificazione areale in termini di effetti locali di tipo stratigrafico. Le aree così definite non considerano quindi i possibili effetti locali di tipo topografico. Va sottolineato che la suddivisione dei valori dei

coefficienti S_S in Tab. 4.2.2 è compatibile con la pericolosità sismica di base all'interno del territorio P.A.T., per tempo di ritorno pari a 475 anni.

categoria di sottosuolo	coefficiente di amplificazione stratigrafica S_S	classificazione degli effetti locali
C, D, E	$S_S > 1,40$	area suscettibile di medie amplificazioni stratigrafiche
B	$S_S = 1,20$	area suscettibile di basse amplificazioni stratigrafiche
A	$S_S = 1,00$	area non suscettibile di amplificazioni stratigrafiche
S1, S2	non definito	area potenzialmente suscettibile di alte amplificazioni stratigrafiche

Tab. 4.2.2: Classificazione degli effetti locali sulla base delle categorie di sottosuolo.

Nelle zone dove non sono disponibili studi quantitativi di microzonazione sismica e non sono state assegnate le categorie di sottosuolo, le aree caratterizzate da differenti effetti locali sono classificate come descritto in Tab. 4.2.3, in base ad analisi qualitative di microzonazione sismica. Va comunque ricordato che le aree così definite sono suscettibili non solo di fenomeni di amplificazione, come riportato in tabella, ma anche di possibile deamplificazione. Il valore di acclività discriminante per l'insorgere di amplificazioni topografiche è definito pari a 15° , in accordo alle NTC.

tipologia di sottosuolo	topografia	classificazione degli effetti locali
terreno di copertura o substrato roccioso molto fratturato/alterato	qualsiasi acclività	area suscettibile di amplificazioni stratigrafiche ed eventualmente anche topografiche
substrato roccioso massivo o poco fratturato/alterato	acclività $> 15^\circ$	area suscettibile solamente di amplificazioni topografiche

Tab. 4.2.3: Classificazione degli effetti locali sulla base di analisi qualitative di microzonazione sismica.

4.3 Ordigni bellici inesplosi

Informazioni disponibili

Il territorio del Trentino è stato bombardato dalle forze alleate nel periodo fine 1943 aprile 1944 che avevano l'obiettivo principale di interrompere le vie di comunicazione principali, in particolare la ferrovia del Brennero, quella della Valsugana, quella della Trento-Malè e la zona portuale di Riva del Garda.

Il rischio è provocato dal fatto che per motivi attribuibili sia a difetti di costruzione che alla tipologia del terreno su cui le bombe sono cadute, una parte di queste non sono esplose. Il numero di bombe cadute che non sono esplose sono state stimate in circa il 10% del numero di quelle sganciate, con punte che arrivano al 15% in dipendenza delle caratteristiche litologiche/geotecniche dei terreni.

A fine anni novanta si è potuto avere accesso agli archivi nazionali degli USA (NARA) in cui erano conservati i dati dei rapporti degli attacchi aerei e le fotografie dei ricognitori effettuate dopo ogni attacco. La interpretazione di questi dati, effettuata nell'ambito di un progetto di ricerca con l'IRST, ha consentito di redigere una cartografia del territorio e di un data base che indica la probabilità di ritrovamento su ogni porzione di territorio di un ordigno inesplosi di quelli sganciate sul Trentino durante la fase finale della seconda guerra mondiale

Dai dati raccolti negli archivi NARA risulta che il numero di bombe sganciate sul territorio del Trentino ha raggiunto il numero di 37.410 a cui corrisponde un numero probabile di circa 3.700 ordigni inesplosi. Una parte, probabilmente importante di questi ordigni, sono stati disinnescati e recuperati durante le operazioni di bonifica effettuate alla fine della guerra, una altra parte sono stati ritrovati e disinnescati durante vari interventi di scavo eseguiti negli anni successivi e fino ai giorni nostri, ma considerato che ancora occasionalmente vengono effettuati ritrovamenti, non è possibile affermare che il rischio sia totalmente eliminato e quindi per interventi che interessano terreni di nuovo utilizzo o che comportino scavi a profondità maggiori di quelli precedentemente fatti è opportuno che il rischio venga, opportunamente tenuto in considerazione dal progettista e dagli operatori.

La cartografia deve indicare quali sono le porzioni del territorio interessate da questa particolare tipologia di pericolo; la pericolosità associata è di tipo elevato (H4).

4.4 Cavi sospesi ed ostacoli alla navigazione aerea a bassa quota

Criteria per definire la carta di pericolosità connessa all'esistenza di ostacoli al volo

Il pericolo connesso alla presenza è quello causato dalla presenza di cavi sospesi e di altri ostacoli al volo non segnalati durante i voli aerei a bassa quota.

Si intende volo aereo a bassa quota quel volo che, per esigenze operative degli aeromobili, deve essere condotto al di sotto delle quote minime indicate dalla competente Autorità nazionale in campo aeronautico (AIP - Italia ENR 1.2 - 3).

Non si tratta di un pericolo generico verso la collettività, ma di un pericolo specifico rappresentato dal rischio di una collisione con tali ostacoli da parte di mezzi aerei nello svolgimento di compiti di protezione civile, di antincendio boschivo e di ricerca e soccorso sanitario (HEMS), attività che impongono fasi di volo a bassa quota con interferenza di ostacoli naturali e artificiali.

Il pericolo consiste nella difficoltà, da parte del pilota, di individuare l'ostacolo in tempo utile per attivare efficaci manovre di scampo.

La conoscenza dell'ostacolo è quindi elemento imprescindibile per attenuare il rischio di incidente o inconveniente grave in quelle aree operative, apparentemente libere da ostacoli artificiali.

Tipologia di ostacoli e loro conoscibilità

Una delle maggiori insidie è rappresentata dalla categoria degli ostacoli orizzontali/lineari: cavi elettrici e telefonici nonché teleferiche, cabinovie e fili a sbalzo per l'esbosco del legname, che attraversano le valli o salgono lungo le pendici collinari e montane oltre la cima della vegetazione

Altra categoria di ostacoli alla navigazione aerea è quella delle infrastrutture/costruzioni/manufatti verticali come tralicci di supporto alle linee elettriche, antenne, sostegni/piloni, ciminiere, serbatoi sopraelevati, pale eoliche e manufatti simili, sia permanenti che temporanei che costituiscono il rischio di incidenti o inconvenienti gravi nei voli a bassa quota.

Parametri indicatori della pericolosità

- altezza del cavo sospeso e/o della infrastruttura verticale;
- ubicazione dell'ostacolo;
- segnaletica a terra e aerea;
- temporaneità dell'ostacolo.

Possibili azioni al fine della rappresentazione della carta

- richiesta dati ai gestori/concessionari dell'ostacolo;
- rilevazione digitale attraverso il sistema LiDAR;
- comunicazione di installazione di teleferiche, fili a sbalzo etc da parte dei gestori/concessionari alla PAT.

4.5 Sostanze pericolose

Le sostanze pericolose presenti sul territorio provinciale ricadono sostanzialmente nelle seguenti fattispecie: infiammabili, comburenti, esplosive, tossiche e nocive per l'ambiente. Tali sostanze sono utilizzate per specifici processi produttivi e al fine della realizzazione della Carta della Pericolosità vengono considerate solamente quando si ha il superamento di specifiche soglie come regolamentato dalla "Direttiva Seveso" di cui al D.Lgs. 334/99. La presenza di sostanze pericolose è legata anche al transito sulle principali infrastrutture viarie quali, ad esempio, le strade statali e le ferrovie della Valsugana e del Brennero, l'autostrada. Il transito delle sostanze pericolose è governato da norme di carattere internazionale (ADR e RID) e non è soggetto a specifiche autorizzazioni da parte dell'Amministrazione provinciale; non potendone quindi conoscere preventivamente la presenza non è possibile definirne la pericolosità specifica.

Procedura per la definizione della pericolosità

La Carta della Pericolosità per le sostanze pericolose presenti sul territorio provinciale, per le quali è previsto l'uso e il deposito, individua le seguenti classi:

- tutte le attività rientranti con obbligo di Notifica, come previsto dall'art. 6 D.Lgs. n. 334/99. Per queste attività vanno riportate le aree di isodanno previste nel rapporto di sicurezza o nella documentazione tecnica allegata alla notifica.
- reti di distribuzione gas metano di 1° e 2° specie e relative a cabine di decompressione. Per queste infrastrutture vanno riportate le aree di servitù già previste.

Per le attività sopra riportate la pericolosità è da ritenersi elevata per l'elevata intensità di eventuali incidenti anche se la frequenza di accadimento è estremamente bassa.

5. DISPOSIZIONI ORGANIZZATIVE

Lo svolgimento delle attività tecniche finalizzate alla redazione e all'aggiornamento delle Carte della Pericolosità, fatti salvi gli eventuali contributi esterni descritti nel successivo capitolo 7, spetta alle diverse strutture provinciali competenti che, con riferimento all'attuale assetto organizzativo, sono:

- Servizio Bacini Montani per la pericolosità fluviale, torrentizia e lacuale;
- Servizio Geologico per le frane, i crolli rocciosi, le deformazioni gravitative profonde di versante, i ghiacciai e la Piccola Età Glaciale, le aree soggette a *permafrost*, i *rock glacier*, le caratteristiche lito-geomorfologiche e la pericolosità sismica;
- Servizio Prevenzione Rischi per le valanghe e per gli ordigni bellici inesplosi;
- Servizio Foreste e Fauna per gli incendi boschivi;
- Servizio Antincendi e Protezione Civile per le sostanze pericolose e i cavi sospesi e gli ostacoli alla navigazione aerea.

Al fine di assicurare organicità allo svolgimento delle diverse attività settoriali il Dirigente generale del Dipartimento competente in materia di Protezione Civile svolge funzioni di coordinamento di tutte le strutture operative coinvolte, raccordandosi con il Dirigente generale del Dipartimento competente in materia di foreste e di sistemazione idraulica e forestale per gli aspetti ad esse relativi.

Ciascuna struttura opera nel rispetto delle indicazioni fornite dal presente documento che stabilisce i criteri generali, integrandoli, se necessari, con disposizioni operative di maggior dettaglio che devono essere adottate dal Dirigente generale competente in materia di Protezione Civile, anche su proposta del Dirigente del servizio competente.

Le carte della pericolosità costituiscono elemento di riferimento per la redazione e l'aggiornamento della carta di sintesi della pericolosità di cui alla L.P. 15/2015, nonché per tutte le analisi di pericolosità del territorio attinenti alla protezione civile ed in generale alla sicurezza dei cittadini.

6. SISTEMA INFORMATIVO

Tutte le informazioni relative alla perimetrazione della pericolosità devono essere opportunamente organizzate da ciascuna struttura competente all'interno di *geodatabase* secondo strutture dati condivise.

Il sistema deve consentire alle strutture interessate di avere costante accesso a tutti i tematismi delle CaP, assicurando che gli stessi possano essere aggiornati solo dalla struttura responsabile del dato e resi disponibili in tempo reale.

Le CaP devono inoltre essere accessibili via *web*, tramite *web-gis* dedicato, per le parti ufficialmente approvate; quest'ultime sono parte integrante del Sistema Informativo Ambientale e Territoriale (SIAT) della Provincia.

7. APPORTI ESTERNI

E' facoltà di qualsiasi soggetto pubblico o privato formulare proposte di modifica o aggiornamento delle Carte della pericolosità anche sulla base di studi conformi ai criteri e alle disposizioni operative adottate nel presente documento.

Le perimetrazioni (o ripерimetrazioni) proposte possono essere inserite nelle CaP previa verifica di congruità da parte della struttura provinciale responsabile, alla quale devono quindi essere forniti tutti gli elementi, i dati e i metadati (anche su supporto informatico) che hanno riguardato lo studio e la rappresentazione dell'evento.

8. APPROVAZIONE E AGGIORNAMENTO DELLE CARTOGRAFIE

Le Carte della pericolosità sono approvate dalla Giunta Provinciale secondo quanto disposto dall'art.10, comma 7 della l.p. 9/2011 e sono aggiornate in relazione all'evoluzione delle conoscenze, delle metodologie di indagine, della trasformazione del territorio e delle azioni intraprese a difesa dello stesso.

Nell'ambito di queste ultime va prestata particolare attenzione alla realizzazione di nuove opere ed allo stato di efficienza e di manutenzione di quelle esistenti, in quanto, come già precisato, le stesse possono incidere significativamente sull'estensione e sulla pericolosità degli eventi.

I progetti di nuove opere di difesa o di prevenzione devono analizzare l'azione di mitigazione delle stesse e devono essere trasmessi alle strutture competenti ai fini dello svolgimento delle attività tecniche finalizzate all'aggiornamento delle Carte della Pericolosità.

Pur assicurando una costante attività di analisi della pericolosità, è opportuno che gli aggiornamenti delle Carte della pericolosità vengano adottati periodicamente, fatti salvi i casi in cui si debba provvedere con urgenza per quanto riguarda la sicurezza delle persone e dei beni.

In relazione a quanto sopra le richieste di modifica possono essere presentate dalle strutture provinciali, dai comuni e da altri soggetti pubblici o privati e vanno inoltrate al Dipartimento competente in materia di protezione civile.

Le domande di modifica, presentate da soggetti diversi dalle strutture provinciali competenti, devono essere accompagnate da una relazione firmata da un tecnico abilitato.

Tale relazione deve motivare la richiesta di modifica delle carte, analizzando in maniera esaustiva le specifiche problematiche e proponendo la modifica delle Carte della pericolosità, elaborata secondo i presenti criteri.

Le proposte di modifica, ottenute dalle istruttorie condotte dalle strutture provinciali competenti, sono inoltrate dal Dipartimento competente in materia di protezione civile ai comuni territorialmente interessati che, entro i successivi sessanta giorni, comunicano le proprie eventuali osservazioni.

Le strutture provinciali di merito, tenuto conto delle osservazioni delle amministrazioni comunali, inoltrano l'aggiornamento delle Carte della pericolosità di propria competenza al Dipartimento competente in materia di protezione civile al fine dell'approvazione da parte della Giunta provinciale.

L'approvazione dell'aggiornamento delle Carte della pericolosità, quando le singole tematiche lo consentono, sarà condotto contestualmente al relativo aggiornamento della Carta di sintesi della pericolosità, anche nell'ambito dell'approvazione degli strumenti di pianificazione territoriale.