



Comune di Livigno

P.Z.E.V.

Piano delle Zone Esposte a Valanga

Oggetto:

DESCRIZIONE METODOLOGICA

Committente:

COMUNE DI LIVIGNO

Plaza dal Comun, 93

23041 Livigno (SO)

Elaborato nr:

R01

Tipologia elaborato:

Relazione descrittiva

Commessa:

n. 627 del 10/10/2019

CIG:

Z329D2733

Professionisti:

Dott. Fabiano Monti

Ing. Luca Dellarole



ALPsolut S.r.l.

Sede legale: via Saroch, 1098/B
c/o Plaza Plachéda, 23041 Livigno (SO)
C.F. 00964580146
c.s. euro 10.000. Registro Imprese di Sondrio
www.alpsolut.eu

REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
0	Luglio 2020	Descrizione delle metodologie utilizzate per la redazione del PZEV	L. Dellarole	L. Dellarole	F. Monti

Indice

1 Metodologie di analisi per la redazione del PZEV.....	3
2 Definizione delle aree esposte a valanga.....	3
2.1 Linee guida AINEVA.....	3
2.2 Linee guida svizzere.....	5
2.3 Individuazione della metodologia per la perimetrazione.....	6
3 Procedure per la realizzazione delle perimetrazioni.....	7
4 Aggiornamento delle carte P.A.I. e delle carte di fattibilità geologica.....	8
5 Metodologie di analisi per la redazione delle mappe indicative del pericolo.....	9
5.1 Premessa.....	9
5.2 Metodologia utilizzata per la redazione delle mappe indicative del pericolo.....	10
6 Elenco degli elaborati e bibliografia.....	12

CARATTERIZZAZIONE NIVO-CLIMATICA, AGGIORNAMENTO DEI PIANI DI ZONA ESPOSTA A VALANGHE (P.Z.E.V) PER 5 SITI VALANGHIVI E REDAZIONE MAPPE INDICATIVE DEL PERICOLO VALANGHE PER IL TERRITORIO DEL COMUNE DI LIVIGNO

L'aggiornamento del PGT (Piano di Governo del Territorio) da parte del Comune di Livigno è stata l'occasione per l'aggiornamento e la stesura di un nuovo studio dei fenomeni valanghivi per la delimitazione delle aree con differente grado di esposizione al pericolo di valanghe.

Il territorio comunale di Livigno è interessato da numerosi fenomeni valanghivi che interferiscono con le zone antropizzate della valle. In passato, sono stati redatti i P.Z.E.V. (Piani di Zona Esposta a Valanga) relativi ai siti valanghivi ritenuti maggiormente rappresentativi e strategici, con lo scopo di definire la zonazione della pericolosità relativa alle valanghe.

La scrivente società Alpsolut S.r.l. è stata incaricata con determina n. 627 del 10/10/2019 (CIG: Z329D2733) dell'aggiornamento dei suddetti piani e della nuova perimetrazione delle aree in valanga per i siti valanghivi:

- nr. 212 – Costaccia;
- nr. 220 – Blesaccia;
- nr. 465 – Val di Clus/Spazzè di Clus;
- nr. 239 – Bosc da Li Resa;
- nr. 394 – Canale del Buon Curato.

Inoltre, sono state redatte le mappe indicative del pericolo valanghe per l'intero territorio Comunale.

Gli elaborati che compongono il lavoro svolto si suddividono in:

- 1) Metodologie di analisi per la redazione del PZEV e per le mappe indicative del pericolo valanghe
- 2) Analisi climatica e nivometeorologica
- 3) Caratterizzazione dei siti valanghivi
- 4) Simulazione di dinamica delle valanghe
- 5) Perimetrazione delle aree esposte a valanghe e confronto con le precedenti
- 6) Aggiornamento PAI e carta di fattibilità geologica
- 7) Elaborazione mappe indicative del pericolo

1 Metodologie di analisi per la redazione del PZEV

Il capitolo introduce la definizione delle aree esposte a valanga, specificando quali siano le differenze delle zone in funzione della relativa classe di pericolosità. Quindi, riassume le metodologie utilizzate per effettuare la mappatura delle zone esposte a valanga.

2 Definizione delle aree esposte a valanga

La realizzazione della nuova zonazione delle valanghe per l'area di Livigno è stata eseguita secondo quanto previsto all'interno dell'allegato 03 dei "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57 della L.R. 11 marzo 2005, n.12".

La suddetta Legge Regionale suddivide le aree in 4 classi di fattibilità così riassunte:

ZONA ROSSA (zona ad elevata pericolosità) = classe di fattibilità geologica 4 con asterisco

ZONA BLU (zona a moderata pericolosità) = classe di fattibilità geologica 3 con asterisco

ZONA GIALLA (zona a bassa pericolosità) = classe di fattibilità geologica 2

ZONA BIANCA

In funzione della classificazione, sono definiti i regimi di utilizzo delle stesse da applicarsi nell'ambito degli strumenti urbanistici. La classe di pericolosità è definita in funzione di tre differenti gradi di esposizione al pericolo di valanghe, che, per ogni singolo sito valanghivo, sono approfonditi nell'analisi di dettaglio.

Il grado di esposizione è stabilito tramite l'intensità e la frequenza degli eventi valanghivi attesi.

Allo stato attuale, sono utilizzabili due differenti approcci per la caratterizzazione delle aree esposte in valanga:

- 1) linee guida AINEVA
- 2) linee guida Svizzere

Di seguito si illustrano i criteri principali delle due normative.

2.1 Linee guida AINEVA

Le linee guida metodologiche per la perimetrazione delle aree esposte al pericolo valanghe sono state pubblicate nel 2004 dall'Associazione Interregionale di coordinamento e documentazione per i problemi inerenti alla neve e alle valanghe (AINEVA) e descrivono le diverse zone in funzione del grado di pericolosità.

ZONA ROSSA (Zona ad elevata pericolosità)

Sono classificate come zone rosse (zone ad elevata pericolosità) le porzioni di territorio che possono essere interessate o con una certa frequenza da valanghe, anche con modesto potenziale distruttivo o, più raramente, da valanghe altamente distruttive. In particolare, una porzione di territorio è attribuita alla zona rossa quando esiste la possibilità che in essa si producano:

- valanghe "frequenti" (per le quali si assume convenzionalmente un tempo di ritorno di riferimento pari a 30 anni) che esercitano una pressione uguale o superiore a 3 kPa;
- valanghe "rare" (per le quali si assume convenzionalmente un tempo di ritorno di riferimento pari a 100 anni) che esercitano una pressione uguale o superiore a 15 kPa.

Una sola di queste condizioni è di per sé sufficiente per attribuire la zona rossa alla porzione di area investigata.

ZONA BLU (Zona a moderata pericolosità)

Sono classificate come zone blu (zone a moderata pericolosità) le porzioni di territorio che possono essere interessate o con una certa frequenza dagli effetti residuali di valanghe o, più raramente, da valanghe moderatamente distruttive. In particolare, una porzione di territorio è attribuita alla zona blu quando esiste la possibilità che in essa si verifichino:

- valanghe "frequenti" (per le quali si assume convenzionalmente un tempo di ritorno di riferimento pari a 30 anni) che esercitano una pressione inferiore a 3 kPa;
- valanghe "rare" (per le quali si assume convenzionalmente un tempo di ritorno di riferimento pari a 100 anni) che esercitano una pressione compresa tra 3 e 15 kPa.

Una sola di queste condizioni è di per sé sufficiente per attribuire la zona blu alla porzione di area investigata.

ZONA GIALLA (Zona a bassa pericolosità)

Sono classificate come zone gialle (zone a bassa pericolosità) le porzioni di territorio che possono essere interessate dagli effetti residuali di valanghe di accadimento raro. In particolare, una porzione di territorio è attribuita alla zona gialla quando esiste la possibilità che in essa si verifichino valanghe "rare" (per le quali si assume convenzionalmente un tempo di ritorno di riferimento pari a 100 anni) che esercitino una pressione inferiore a 3 kPa.

Andranno altresì delimitate in giallo le porzioni di territorio interessate dall'arresto di eventi valanghivi di accadimento "eccezionale" (per le quali si può assumere indicativamente un tempo di ritorno di riferimento pari a 300 anni).

In linea generale, la zona rossa è contenuta nella zona blu e la zona blu è contenuta in quella gialla. Esternamente alla zona gialla si ha la zona bianca, dove si ritiene che il pericolo sia così esiguo da non richiedere nessun tipo di misura precauzionale.

2.2 Linee guida svizzere

Le linee guida svizzere sono state redatte dall'Istituto federale di ricerca per la foresta, la neve e il paesaggio (WSL) nel 1984. La suddivisione delle aree in funzione del grado di pericolosità riprende criteri leggermente differenti rispetto alla metodologia di AINEVA.

ZONA ROSSA (Zona ad elevata pericolosità)

Una porzione di territorio è attribuita alla zona rossa quando esiste la possibilità che in essa si producano:

- valanghe per le quali si assume convenzionalmente un tempo di ritorno di riferimento fino a 300 anni che esercitano una pressione uguale o superiore a 30 kPa.
- valanghe per le quali si assume convenzionalmente un tempo di ritorno di riferimento pari o inferiore a 30 anni che esercitano una pressione inferiore a 30 kPa;

Una sola di queste condizioni è di per sé sufficiente per attribuire la zona rossa alla porzione di area investigata.

ZONA BLU (Zona a moderata pericolosità)

Una porzione di territorio è attribuita alla zona blu quando esiste la possibilità che in essa si verifichino:

- valanghe con tempi di ritorno superiori ai 30 anni (fino a 300 anni) che esercitano una pressione inferiore a 30 kPa
- valanghe polverose con pressioni di impatto inferiori a 3 kPa e tempi di ritorno minori di 30 anni

Una sola di queste condizioni è di per sé sufficiente per attribuire la zona blu alla porzione di area investigata.

ZONA GIALLA (Zona a bassa pericolosità) - FALCOLTATIVO

Sono classificate come zone gialle (zone a bassa pericolosità) le porzioni di territorio che possono essere interessate dagli effetti residuali di valanghe di accadimento raro.

- valanghe polverose con pressioni di impatto minori o uguali a 3kPa e un tempo di ritorno maggiore di 30 anni
- valanghe estreme, particolarmente rare (tempi di ritorno superiori a 300 anni) e che non possono essere valutate statisticamente

ZONA BIANCA

Sono attribuite alla zona bianca quelle aree dove, per quanto si è potuto valutare, l'azione della valanga non sia da temere (se non è stata determinata una zona gialla, il rischio residuo è attribuito ad una zona marginale della zona bianca).

2.3 Individuazione della metodologia per la perimetrazione

Le principali differenze tra i due metodi riguardano i tempi di ritorno delle valanghe di riferimento e le rispettive soglie di pressione di impatto. Le linee guida svizzere utilizzano un valore temporale maggiore (eventi più rari) e una soglia di pressione di impatto maggiore. Diversamente, le linee guida AINEVA indicano un tempo di ritorno delle valanghe rare inferiore (100 anni) e una soglia di pressione minore.

Queste differenze metodologiche, in parte, si compensano rendendo i due metodi non molto difformi; infatti, l'aumento del tempo di ritorno per la riproduzione di valanghe estreme è compensato da una soglia di pressione maggiore.

Non è scontato definire quali siano le linee guida preferibili, soprattutto a causa delle molteplici variabili influenzate dalla scelta di un determinato tempo di ritorno (altezza di neve al suolo, altezza di neve accumulata dal vento, parametri utilizzati nei software di dinamica delle valanghe, etc) e delle intrinseche incertezze legate alle definizioni delle variabili stesse.

Per queste motivazioni la scelta della metodologia di analisi è stata decisa valutando anche le indicazioni riportate nel PAI e quanto definito nelle precedenti zonazioni. Per garantire la massima uniformità e coerenza tra le differenti perimetrazioni (P.Z.E.V., carte PAI, carte di fattibilità geologica) si è deciso di utilizzare le Linee Guida Svizzere. Le perimetrazioni dei siti valanghivi sono quindi state effettuate seguendo le indicazioni metodologiche svizzere descritte nel capitolo 2.2.

3 Procedure per la realizzazione delle perimetrazioni

La realizzazione del PZEV è stata approntata tramite i passaggi di lavoro descritti di seguito.

1 – Analisi degli studi pregressi e raccolta delle informazioni e dei dati necessari

Il primo aspetto ha visto l'approfondimento bibliografico della documentazione disponibile, in particolar modo del precedente Piano redatto dal Dott. Geol. Bariffi Aldo. Lo studio del documento ha fornito le informazioni generali dei siti valanghivi in esame e ha rivelato utili nozioni delle metodologie adottate per la redazione del Piano stesso.

In secondo luogo, sono stati raccolti tutti i dati, sia di carattere nivometeorologico sia di carattere storico documentale, in merito alle valanghe registrate in passato.

2 – Analisi nivometeorologica

L'analisi dei dati nivometeorologici ha lo scopo di identificare le condizioni climatiche di una determinata area e di approfondire i parametri nivometeorologici utili per le simulazioni di dinamica delle valanghe. Per il territorio di Livigno, si è deciso di approfondire se vi fosse un pattern climatico predominante e se fosse necessario suddividere il territorio in sotto-aree climatiche. Quindi, in funzione dei risultati, si è proceduto con le elaborazioni statistiche dei dati nivometeorologici; nello specifico della precipitazione nevosa in tre giorni consecutivi (DH3gg) e dell'altezza di neve al suolo (HS).

L'elaborazione di questi parametri ha permesso di determinare le altezze di distacco relative agli eventi di progetto che sono stati successivamente simulati tramite il software di dinamica delle valanghe RAMMS. L'analisi statistica di HS è stata utilizzata per la verifica dell'efficienza delle opere di protezione presenti lungo alcune aree di distacco.

3 – Caratterizzazione dei siti valanghivi

Lo studio dei siti valanghivi raccoglie tutte le informazioni necessarie per la caratterizzazione del sito: l'inquadramento territoriale, la tipologia di uso del suolo delle aree, le caratteristiche morfologiche del sito con le specifiche riguardanti le pendenze, l'esposizione, la rugosità e la valutazione dei cambiamenti di copertura forestale tramite l'analisi delle fotografie aeree (Ortofoto reperite dal Geoportale della Regione Lombardia) rilevate in differenti anni.

Per ogni sito si sono ricostruite le valanghe storiche o più significative, tramite la consultazione dei Catasti Valanghe, la testimonianza diretta o tramandata e la lettura di testi specifici.

L'analisi di dettaglio lungo i siti valanghivi è stata eseguita tramite sopralluoghi sia lungo il sito stesso sia tramite la realizzazione di fotografie dell'intero bacino valanghivo.

Infine si è proceduto con l'analisi delle opere di protezione eventualmente presenti; valutandone la tipologia, la funzionalità, lo stato di conservazione e la presenza di piani di monitoraggio e manutenzione "in atto e operativi" allo stato della redazione del Piano.

Come definito in precedenza, i siti valanghivi analizzati in questa prima fase sono:

- nr. 212 – Costaccia;
- nr. 220 – Blesaccia;
- nr. 465 – Val di Clus/Spazzè di Clus;
- nr. 239 – Bosc da Li Resa;
- nr. 394 – Canale del Buon Curato.

4 - Simulazioni di dinamica delle valanghe

Le informazioni raccolte ed elaborate nei precedenti capitoli sono state utilizzate per le simulazioni di dinamica delle valanghe; queste costituiscono una base importante per finalizzare la perimetrazione delle zone esposte al pericolo di valanga. I dati di ingresso, descritti nella specifica relazione, sono: le altezze di distacco (differenti in funzione dello scenario analizzato), l'estensione delle aree di distacco e i parametri inseriti nei modelli di calcolo, anch'essi definiti in funzione dell'evento di progetto.

5 – Nuove perimetrazioni e confronto con i precedenti

Basandosi sulle informazioni raccolte in sito, sui dati storici e sui risultati delle simulazioni di dinamica delle valanghe, si è proceduto alla mappatura delle zone esposte a valanga. La delimitazione delle aree è stata realizzata avendo come base le indicazioni illustrate nel capitolo 2 e definite nel dettaglio all'interno delle Linee Guida redatte dal WSL Istituto per la Ricerca Neve e Valanghe SLF di Davos (CH).

Seppur le norme facciano riferimento esclusivamente alla verifica dinamica di una potenziale valanga (pressioni dinamiche) si è deciso di tenere in considerazione il fatto che la componente statica della valanga possa, in alcune situazioni, essere predominante e determinare pressioni superiori rispetto alla componente dinamica, soprattutto in fase di arresto della valanga stessa.

Nel capitolo si illustrano gli aspetti salienti delle nuove perimetrazioni e si riassumono le differenze sostanziali con le perimetrazioni precedenti.

4 Aggiornamento delle carte P.A.I. e delle carte di fattibilità geologica

In parallelo alla perimetrazione delle zone esposte a valanga sono stati realizzati gli aggiornamenti delle mappature inerenti i contenuti per il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Bacino del Po (P.A.I.) e delle carte di fattibilità geologica. Le

elaborazioni hanno approfondito gli aspetti legati ai fenomeni di dissesto che caratterizzano il reticolo idrografico di montagna esclusivamente per quanto concerne la problematica legata alle valanghe. Sarà oggetto di una specifica valutazione geologica le delimitazioni delle aree di dissesto relativamente a conoidi, esondazioni di carattere torrentizio, ecc..

Nella specifica relazione sono riassunte le variazioni da apportare al P.A.I., le valutazioni generali per ogni sito valanghivo e gli aggiornamenti della carta di fattibilità geologica. A seconda della norma (P.A.I. o Norme Geologiche di Piano) sono definite le classificazioni delle aree esposte a valanga.

5 Metodologie di analisi per la redazione delle mappe indicative del pericolo

5.1 Premessa

Le mappe indicative del pericolo sono state realizzate grazie alla collaborazione con il WSL Istituto per la Ricerca Neve e Valanghe SLF di Davos (CH). Di seguito sono descritti i passaggi realizzati per la realizzazione del lavoro.

Il progetto consiste nella realizzazione di mappe di indicazione del pericolo basate sulla simulazione di dinamica delle valanghe. L'obiettivo è l'individuazione di tutte le zone potenzialmente esposte al pericolo valanghe che non sono riportate all'interno del catasto regionale valanghe (ossia nella C.L.P.V.) e per le quali non sono stati realizzati studi specifici. L'obiettivo è quello di fornire ai tecnici comunali uno strumento utile alla valutazione generale del pericolo valanghe in tutto il territorio. Questo strumento dovrebbe essere utilizzato per una prima valutazione della potenziale esposizione all'attività valanghiva di una determinata zona. Qualora dovesse nascere la necessità di realizzare delle infrastrutture ricadenti all'interno di una zona individuata dalle mappe indicative del pericolo come potenzialmente esposta al pericolo valanghe, l'effettiva pericolosità di tale area dovrà essere approfondita tramite studi di dettaglio dell'interferenza valanghiva (tramite, ad esempio, una P.Z.E.V., una P.I.V. o un P.I.S.T.E.).

Si noti espressamente che si tratta di carte di segnalazione di pericolo e non di carte di pericolo vere e proprie. L'intero processo è ampiamente automatizzato, le stime di esperti, che sono assolutamente necessarie per le mappe di pericolo, non sono incluse. Tutte le informazioni, sia alla base dell'individuazione delle zone potenziali di distacco valanghe (PRA) sia sulle caratteristiche della dinamica delle valanghe, si basano sul modello digitale del terreno; le uniche informazioni incluse riguardanti il manto nevoso sono quelle necessarie a ricavare gli spessori potenziali di distacco in funzione al tempo di ritorno di 300 anni.

5.2 Metodologia utilizzata per la redazione delle mappe indicative del pericolo

1 – Preparazione dati di input topografici

La realizzazione delle mappe indicative del pericolo è un procedimento semi-automatico; è però necessario predisporre tutti gli strati informativi topografici propedeutici alla loro realizzazione.

Alla base di tutti i calcoli è il modello digitale del terreno (quello a disposizione per questo lavoro è stato realizzato da Regione Lombardia ed ha una precisione di 5m).

Quindi, è necessario realizzare uno strato informativo riguardante la presenza di una copertura forestale in grado di prevenire il distacco di valanghe. In ultimo, è possibile specificare uno strato informativo riguardante la presenza di infrastrutture antropiche in modo da escludere le stesse dalle aree probabili di distacco valanghe.

2 – Analisi nivometeorologica

L'analisi dei dati nivometeorologici necessaria per le mappe indicative del pericolo è identica a quella utile per la realizzazione delle P.Z.E.V.. Non sono necessarie ulteriori elaborazioni o approfondimenti.

3 – Individuazione delle aree potenziali di distacco valanghe

L'analisi degli input topografici abbinati allo spessore di neve al solo (in funzione al relativo tempo di ritorno) permette di individuare i contorni delle potenziali zone di distacco valanghe (PRA). Ogni zona di distacco è indipendente l'una dall'altra e, anche nelle fasi successive di simulazione, sono trattate in modo indipendente (non è possibile prevedere il distacco simultaneo di più zone anche se poste una in prossimità dell'altra).

4 – Simulazioni di dinamica delle valanghe

Le informazioni raccolte ed elaborate nelle fasi precedenti sono utilizzate per effettuare le simulazioni della dinamica delle valanghe. La differenza massima di spessore di altezza neve in tre giorni, con tempo di ritorno trecentennale, derivati alla quota e alla pendenza media della rispettiva PRA, sono stati utilizzati come spessore di distacco per le simulazioni. Anche in questo caso è stato utilizzato il modello di simulazione della dinamica valanghe RAMMS.

I prodotti finali di queste elaborazioni sono: i) raster con le pressioni massime delle valanghe: per ogni pixel è riportato il valore massimo di pressione che è stata raggiunta dalle valanghe. Se per un pixel sono transitate più valanghe, è riportato il valore massimo di pressione raggiunto tra tutte le valanghe (non la somma). ii) raster con le velocità massime raggiunte dalle valanghe. Se per un pixel sono transitate più valanghe, è riportato il valore massimo di velocità raggiunta tra tutte le valanghe. iii) raster con lo spessore di neve massimo raggiunto dalle valanghe. Se

per un pixel sono transitate più valanghe, è riportato il valore di spessore massimo raggiunto confrontando singole valanghe.

Inoltre, è stato esportato uno strato informativo in forma di shape files contenente tutte le linee perimetrali delle singole valanghe. Questo strato informativo è utile per poter ricondurre una zona interessata da una valanga alla rispettiva area di distacco.

6 Elenco degli elaborati e bibliografia

Di seguito sono elencati gli elaborati prodotti e i riferimenti bibliografici consultati durante le elaborazioni e la stesura del presente lavoro.

ELENCO ELABORATI

Relazioni

R01 - Metodologie di analisi per la redazione del PZEV e per le mappe indicative del pericolo valanghe

R02 - Analisi climatica e nivometeorologica

R03 - Caratterizzazione dei siti valanghivi

R04 - Simulazione di dinamica delle valanghe

R05 - Nuove perimetrazioni e confronto con le precedenti

R06 - Aggiornamento PAI

R07 - Elaborazione mappe indicative del pericolo

Allegati

A01 - Schede CLPV

Tavole

T01 - Carta di localizzazione probabile delle valanghe (C.L.P.V.)

T02 - Vista generale C.L.P.V dei siti valanghivi approfonditi

T03 - Vista generale P.Z.E.V. con base C.T.R.

T04 - Vista generale P.Z.E.V. con base ortofoto

T05 - Vista di dettaglio P.Z.E.V., dettaglio delle aree urbanizzate

T06 - Vista 3D dei siti valanghivi, con base ortofoto

T07 - Aggiornamento P.A.I.

T08 - Carta di fattibilità geologica

T09 - Mappa indicativa del pericolo

Materiale cartografico digitale

Shp file delle nuove perimetrazioni

Shp file dell'aggiornamento PAI

Shp file e raster file con le mappe di indicazione del pericolo

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Barbero S, Faletti M., Prola M.C., Acquaotta F., Fratianni S., Terzago S., 2013. La neve sulle Alpi Piemontesi – quadro conoscitivo aggiornato al cinquennio 1961-2010: Progetto cofinanziato Strada-Interreg. Arpa Piemonte.

Barbolini M e Cappabianca F. 2002. Determinazione della relazione tra distanze di arresto e tempi di ritorno delle valanghe: un nuovo metodo basato sull'analisi statistica dei dati storici. *Neve e Valanghe*, 46, 14-23.

Barbolini M., Natale L., Barbero S., Prola M.C., Faletto M., Cordola M., Stefanini F., 2013. Linee di indirizzo operativo per l'attività delle commissioni locali valanghe in Piemonte. Ed. ARPA Piemonte.

Barbolini M., Natale L., Tecilla G., Cordola M., 2004. Linee Guida Metodologiche per la perimetrazione delle aree esposte al pericolo di valanghe. *Neve e Valanghe*.

Bariffi A., 2008 e precedenti. Redazione di P.Z.E.V. di base con relazioni e cartografie.

Bariffi A., 1998. Elaborazione statistica dei dati nivometeorologici per la stima degli spessori estremi al distacco da introdurre nei calcoli dinamici sulle valanghe radenti per la redazione di P.Z.E.V nella Valle di Livigno.

Bartelt P., Salm B., Gruber U., 1999. Calculating dense-snow avalanche runout using a voellmy-fluid model with active/passive longitudinal straining. *Journal of Glaciology* 45 (150), 242–254.

Blanchet J., Marty C., Lehning M., 2009. Extreme value statistics of snowfall in the Swiss Alpine region. *Water Resources Research*, 45(5).

Blaschke T., 2010. Object based image analysis for remote sensing. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 65(1): 2-16.

Bocchiola D., Bianchi Janetti E., Gorni E., Marty C., Sovilla B. 2008. Regional evaluation of three day snow depth for avalanche hazard mapping in Switzerland. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 8, 685-705.

Bühler Y., von Rickenbach D., Christen M., Margreth S., Stoffel L., Stoffel A. and Kühne R., 2018a. Linking modelled potential release areas with avalanche dynamic simulations: An automated approach for efficient avalanche hazard indication mapping, International Snow Science Workshop ISSW, Innsbruck, Austria.

Bühler Y., von Rickenbach D., Stoffel A., Margreth S., Stoffel L. and Christen M., 2018b. Automated snow avalanche release area delineation - validation of existing algorithms and proposition of a new object-based approach for large scale hazard indication mapping. *Natural Hazards and Earth System Science Discussion*.

Bühler Y., Kumar S., Veitinger J., Christen M., Stoffel A. and Snehmani, 2013. Automated identification of potential snow avalanche release areas based on digital elevation models. *Natural Hazards and Earth System Science*, 13(5): 1321-1335.

Bundesamt für Forstwesen Eidgenössisches Institut für Schnee- und Lawinenforschung. Richtlinien zur Berücksichtigung der Lawinengefahr bei raumwirksamen Tätigkeiten. 1984

Castellani P., 2002. 1951 - Cronaca dal paese bianco. Elio e le sie - nostre - storie. I Libri del Cervo.

Catasto Valanghe Arpa Lombardia, sede di Bormio.

Catasto Valanghe - Testorelli, Rovaris. Fonte Arpa Lombardia, sede di Bormio.

Catasto Valanghe Forestale. Fonte Arpa Lombardia, sede di Bormio.

Christen M., Kowalski J. and Bartelt P., 2010. RAMMS: Numerical simulation of dense snow avalanches in three-dimensional terrain. Cold Regions Science and Technology, 63: 1 – 14.

CLPV (Carta di Localizzazione Probabile di Valanga) - Regione Lombardia

Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e Sismica del Piano di Governo del Territorio. Regione Lombardia.

Cunnane C. 1989. Statistical Distribution for Flood Frequency Analysis. WMO-Operational Hydrology Report, No. 33, 61 pp.

Decreto Legge 11 giugno 1998, n. 180, art. 1, comma 1-bis, convertito, con modificazioni, con la legge di 3 agosto 1998, n. 267, il Piano Straordinario per le aree a rischio idrogeologico molto elevato (PS267)

Decreto Legge 18 maggio 1989, n. 183. Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo.

D.p.c.m. 24 maggio 2001. Approvazione del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologica del Bacino del Fiume Po (PAI)

D.g.r. 11 dicembre 2001, n. 7365. Attuazione del Piano Stralcio per l'Assetto idrogeologico del bacino del fiume Po (PAI) in campo urbanistico. Regione Lombardia.

D.g.r. 22 Dicembre 2005, n.8/1566. Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio. Regione Lombardia.

D.g.r.. 30 luglio 2007, n. 46-6578. Approvazione del nuovo disciplinare per la gestione organizzazione e funzionale del "Sistema di allertamento regionale ai fini di protezione civile". Regione Piemonte.

D.g.r. 30 dicembre 2011, n. 2616. Aggiornamento dei 'Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio. Regione Lombardia.

D.g.r. 17 dicembre 2015 - n. X/4599. Aggiornamento e revisione della direttiva regionale per la gestione organizzativa e funzionale del sistema di allertamento per i rischi naturali ai fini di protezione civile (d.p.c.m. 27 febbraio 2004). Regione Lombardia.

D.g.r. 19 giugno 2017 - n. X/6738. Disposizioni regionali concernenti l'attuazione del piano di gestione dei rischi di alluvione (PGR) nel settore urbanistico e di

pianificazione dell'emergenza, ai sensi dell'art. 58 delle norme di attuazione del piano stralcio per l'assetto idrogeologico (PAI) del bacino del Fiume Po così come integrate dalla variante adottata in data 7 dicembre 2016 con deliberazione n. 5 dal comitato istituzionale dell'autorità di bacino del Fiume Po. Regione Lombardia.

D.M. 17 Gennaio 2018, Norme Tecniche per le Costruzioni 2018.

Fioroni A., Menghi A., Songini G., 2018. Manutenzione straordinaria paravalanghe Blesaccia-Costaccia. Progetto definitivo-esecutivo.

Frehner, M., Brächt, W., Schwitter, R., 2005. Continuità nel bosco di protezione e controllo dell'efficacia (NaiS). Istruzioni per le cure nei boschi con funzione protettiva, Ambiente-Esecuzione. Ufficio federale dell'ambiente, delle foreste e del paesaggio, Berna, 564 p.

Geoportale Regione Lombardia. www.geoportale.regione.lombardia.it

Guidelines on Analysis of extremes in a changing climate in support of informed decisions adaptation. World Meteorological Organization, 2009.

Gruber U., 2001. Using GIS for avalanche hazard mapping in Switzerland, ESRI International User Conference, San Diego, USA.

Gruber U. and Baltensweiler A., 2004. SilvaProtect-CH, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf, Schweiz.

Grunewald T., Buhler Y., Lehning M. 2014. Elevation dependency of mountain snow depth. The Cryosphere, 8, 2381-2394.

Hosking J.M.R. and Wallis J.R. 1997. Regional Frequency Analysis. Cambridge University Press, Cambridge, U.K., 224 pp.

IGM Istituto Geografico Militare. www.igmi.org

Invernizzi T., 2005. Opere di difesa attiva e passiva per valanghe in loc. Blesaccia. Progetto definitivo- esecutivo.

Johannesson T., Gauer P., Issler P., Lied K., 2009. The design of avalanche protection dams. Recent Practical and Theoretical Developments, European Commission, 95-107.

L.R. 27 dicembre 2005, n. 20. Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell'Art. 57. Allegato B

Lehning M., Grunewald T., Schirmer M. 2011. Mountain snow distribution governed by an altitudinal gradient and terrain roughness. Geophysical research Letters, Vol 38, L19504

Lu L.H. and Stedinger R. 1992. Variance of Two- and Three- Parameter GEV/PWM Quantile Estimator: Formulae, Confidence Intervals and a Comparison. Journal of Hydrology, 138, 247-267.

- Kite G.W. 1988. Frequency and Risk analysis in Hydrology, Littleton, CO, Water Resources Publications, No. 224.
- Maione, U. and Moisello, U. 1993. Elementi di statistica per l'idrologia. La Goliardica Pavese Ed., Pavia, 299 pp.
- McClung D. M., 2005. Risk-based definition of zones for land-use planning in snow avalanche terrain. Canadian geotechnical journal, 42(4), 1030-1038.
- Maggioni, M., 2005. Avalanche Release Areas and Their Influence on Uncertainty in Avalanche Hazard Mapping. PhD Thesis, University of Zurich UZH, Zurich
- Maggioni, M. and Gruber, U., 2003. The influence of topographic parameters on avalanche release dimension and frequency. Cold Regions Science and Technology, 37(3): 407-419.
- Margreth, S., 2018. Rezoning after installing avalanche mitigation measures: case study of the Vallascia avalanche in Airolo, Switzerland. In International Snow Science Workshop ISSW, Innsbruck.
- Margreth S., and Romang H., 2010. Effectiveness of mitigation measures against natural hazards. Cold Regions Science and Technology, 64(2), 199-207.
- Margreth, S., 2007. Defense structures in avalanche starting zones. FOEN, Bern and SLF, Davos.
- Dott. Geol. Giovanna Sacchi e Dott. Geol. Dimitri Bassanelli. Piano di Governo del Territorio, Comune di Livigno. Componente geologica, idrogeologica e sismica. Novembre 2012
- Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale. 2010. Provincia di Torino.
- RAMMS (Rapid Mass Movements simulation). User Manual v1.7.0 AVALANCHE. WSL, ETH
- Salm B., Burkard, A. Gubler, H., 1990. Berechnung von Fließlawinen: eine Anleitung für Praktiker mit Beispielen. Mitteilung 47, Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF.
- Sappington, J.M., Longshore, K.M. and Thompson, D.B., 2007. Quantifying landscape ruggedness for animal habitat analysis: A case study using bighorn sheep in the Mojave Desert. Journal of Wildlife Management, 71(5): 1419-1426.
- Silvestri L. G. B., 1990. Le valanghe del gennaio 1951 a Livigno. Marazzi.
- Veitinger J., Purves R. S., Sovilla B., 2016. Potential slab avalanche release area identification from estimated winter terrain: a multi-scale, fuzzy logic approach. Natural Hazards and Earth System Sciences, 16(10), 2211.
- Veitinger J. 2015. Release areas of snow avalanches: new methods and parameters. PhD Thesis, University of Zurich UZH, Zurich

Wever N., Vera Valero C., Techel F., 2018. Coupled snow cover and avalanche dynamics simulations to evaluate wet snow avalanche activity. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, 123(8):1772-1796.