

**Università degli Studi di Milano Bicocca**  
**Facoltà di Scienze Matematiche Fisiche e Naturali**  
**Corso di Laurea Specialistica in Scienze e Tecnologie Geologiche**

Alessia ERRERA

Relatore: Prof. Giovanni Battista CROSTA

Correlatore: Dott. Dieter ISSLER

**Riassunto della Tesi di Laurea Specialistica**

Questo lavoro di tesi è stato sviluppato in un più ampio progetto di ricerca, promosso dagli studi professionali NaDesCor di Altendorf (CH) e Tur di Davos (CH).

Il progetto, dal titolo “*Avalanche Dynamics: On-site studies, Modeling and Practical Applications*”, è stato accettato e finanziato dal Fondo Nazionale Svizzero (SNF) a partire dal 2003 con il Dott. Dieter Issler come responsabile scientifico.

Il principale obiettivo comune è stata la volontà di migliorare la comprensione delle complesse dinamiche delle valanghe di neve e di contribuire allo sviluppo di alcuni aspetti dei modelli numerici volti a migliorare la cartografia di pericolosità vigente. Inoltre la particolarità del progetto è stata l'utilizzo di metodi scientifici piuttosto semplici. Il progetto infatti non implicava l'utilizzo di canalette o siti sperimentali, ma un semplice lavoro di campo, al fine di poter analizzare diversi tipi di evento.

L'attività di tesi è composta da tre fasi principali.

La prima è stata incentrata prevalentemente su di una attenta e continuativa attività di terreno, svolta nella stagione invernale 2005/2006, più precisamente tra la metà di gennaio e la metà di aprile 2006. L'area scelta per il lavoro è stata il comune di Davos, posto a 1543 m s.l.m. nel Cantone dei Grigioni, Svizzera. I comprensori sciistici presenti sono, infatti, regolarmente caratterizzati da numerosi eventi valanghivi sia spontanei che artificiali, facilmente raggiungibili tramite le piste da sci.

Le osservazioni hanno riguardato anche due delle valli laterali della zona di Davos: la Val Sertig e la Val Dischma. Queste sono state interessate da eventi talmente significativi, soprattutto da un punto di vista dimensionale, da non poter essere trascurate.

Davos, caratterizzata dalla presenza dell'Istituto Federale per lo Studio della Neve e delle Valanghe (SLF), rappresentava anche un'ottima occasione per collaborare con i principali esperti del settore.

L'obiettivo fondamentale del lavoro di terreno è stato la raccolta del maggior numero di dati possibile sugli eventi valanghivi avvenuti durante la stagione invernale. In particolare sono stati raccolti i principali parametri geografici, geometrici e tipologici degli eventi osservati, unitamente ai dati ricavati da analisi approfondite effettuate in corrispondenza dei depositi.

L'attenzione è stata principalmente concentrata sulla raccolta dei dati relativi alle valanghe caratterizzate dalla presenza di uno strato fluidizzato e da evidenze di ripresa di neve durante il moto. Lo strato fluidizzato consiste in una fase a densità intermedia tra il nucleo più denso e la componente polverosa della valanga, mentre per ripresa si intende la quantità di neve che la valanga, al suo passaggio, riesce ad erodere e ad inglobare al suo interno, con un conseguente aumento delle masse coinvolte. Questi due elementi, messi in evidenza dagli esperimenti nei siti sperimentali, sono importanti descrittori della dinamica interna della valanga, e presentano conseguenze importanti anche dal punto di vista della pianificazione territoriale.

Il lavoro di campo è stato suddiviso in due parti. Dopo il passaggio di una perturbazione a carattere nevoso veniva effettuato un primo monitoraggio di tutto il comprensorio sciistico di Parsenn, percorrendo in sicurezza tutte le piste del comprensorio. Come primo passo veniva raccolto del materiale fotografico da punti di osservazione panoramici per l'individuazione degli aspetti topografici principali dei vari eventi e per determinare i siti più adatti per analisi successive. Una volta scelte le valanghe da studiare più approfonditamente venivano individuati i punti esatti dove realizzare delle trincee esplorative. In particolare sono stati raccolti i dati relativi alle caratteristiche dei depositi come: spessori, densità e dimensioni dei blocchi. Tutte le analisi di dettaglio sono state effettuate sia tenendo ben presente gli obiettivi prefissati che con una certa libertà di azione: in questo modo è stata possibile notare la presenza di uno strato duro alla base dei depositi, elemento strettamente connesso alla dinamica valanghiva. La presenza di uno strato duro basale indica, infatti, elevati sforzi di taglio all'interfaccia manto nevoso indisturbato – valanga, che determinano uno scioglimento e un successivo rigelo della superficie interessata dalla valanga.

In tutta la stagione invernale sono stati raccolti e catalogati 56 eventi valanghivi, 12 dei quali analizzati più approfonditamente.

La seconda fase del lavoro è stata dedicata prima di tutto alla creazione di un dettagliato database, sia in excel che in ambiente GIS per ordinare i dati raccolti in maniera sistematica.

Il database ha costituito un supporto fondamentale per effettuare un'esplorazione dei dati tramite il programma statistico SPSS. In particolare lo scopo principale è stato valutare se la presenza di uno strato fluidizzato o di una ripresa di neve potessero essere in qualche modo legati o meno agli altri parametri tipici della valanga, anche alla luce delle osservazioni fatte sul terreno. L'analisi ha

evidenziato la presenza di correlazioni, peraltro già individuate in articoli di letteratura, tra i parametri morfologici e geometrici delle valanghe. Purtroppo però la mancanza di dati relativi agli eventi caratterizzati dalla presenza di strato fluidizzato e di ripresa di neve ha reso impossibile un'analisi più dettagliata su questi due aspetti. Nonostante ciò, il programma di analisi ha evidenziato la presenza di alcune tendenze riscontrate anche sul terreno.

Per quanto riguarda la ripresa di neve, questa è stata osservata praticamente in tutti gli eventi, con un range compreso tra una decina di centimetri ed il metro. In particolare la quantità di neve ripresa sembra essere correlata con le dimensioni della valanga e con l'altezza di neve presente al distacco.

Lo strato fluidizzato, invece, è stato individuato con sicurezza in 12 valanghe del campione. Le osservazioni di terreno suggeriscono che il parametro è assolutamente indipendente dalle dimensioni della valanga che lo ha sviluppato. Infatti, gli eventi analizzati, presentavano degli strati fluidizzati caratterizzati da dimensioni estremamente diverse, in particolare interessavano un range compreso tra l'1% e il 30% delle masse totali.

Rimane quindi ancora oscuro il meccanismo che determina la formazione di strati fluidizzati molto diversi in valanghe caratterizzate dalle stesse dimensioni, e quindi cosa determini la formazione di strati fluidizzati di grandi o piccole dimensioni.

Per completezza nell'analisi sono state studiate anche le correlazioni relative alla presenza dello strato duro alla base del deposito. Questo è stato rinvenuto con certezza in 7 su 12 delle valanghe analizzate dettagliatamente. La presenza di uno strato duro sembra essere in relazione con l'area, il perimetro, la lunghezza del corpo valanghivo, il dislivello percorso e l'altezza di neve al distacco. Quindi, quando la valanga è stata in grado di esercitare una forza notevole lo strato duro è stato effettivamente rinvenuto. Le osservazioni effettuate sul campo sono sostenute dalle correlazioni ottenute con l'analisi statistica, che legano la presenza di uno strato duro alle dimensioni della valanga e all'altezza di neve al distacco.

I dati raccolti sono stati poi impiegati in un modello numerico creato per descrivere il moto valanghivo.

Il modello, chiamato RAMMS, è un applicativo monofase a due dimensioni sviluppato dall'Istituto per lo Studio della Neve e delle Valanghe di Davos (CH).

La calibrazione di Ramms, effettuata dall'ente stesso, è stata basata principalmente sui dati relativi agli eventi catastrofici dell'inverno 1999 e sui dati del sito sperimentale di Vallée de la Sionne (CH). Questi dati sono quindi relativi ad eventi estremi e di grandi dimensioni.

I dati raccolti sul campo per questa tesi sono stati quindi un'ottima occasione per valutare le potenzialità del modello di rappresentare anche valanghe di dimensioni minori, peraltro più comuni.

Per far ciò sono state selezionate quattro valanghe osservate nell'inverno 2005/2006 e sulle quali è stata fatta una raccolta dati più approfondita.

L'obiettivo di questa fase del lavoro è stato quindi verificare se il modello fosse in grado di ben riprodurre le valanghe osservate, indipendentemente dalla loro dimensione, dal punto di vista di forme e spessori dei depositi e velocità di scorrimento.

Ciascuna delle quattro valanghe presentava uno strato fluidizzato notevole, di conseguenza, essendo Ramms un modello monofase, è stato ritenuto importante simulare ogni valanga sia considerandola solo per la sua componente densa che comprendendo anche i depositi della componente fluidizzata. Così facendo è stato possibile ottenere due coppie di parametri di attrito ( $\xi$ , parametro di attrito turbolento e  $\mu$ , parametro di attrito coulombiano) per ogni valanga che sono poi stati confrontati con i valori proposti in letteratura. Il modello è anche in grado di valutare il comportamento della valanga in presenza di ripresa di neve: il software può calcolare la posizione e l'entità dell'erosione del manto nevoso originario da parte della valanga in moto.

Il modello ha presentato dei problemi a causa della presenza di una soglia di calcolo che ha limitato alcuni test. Inoltre il modulo di ripresa integrato non rappresenta esattamente quello che effettivamente avviene durante il movimento della massa valanghiva, determinando degli errori nei valori di output. I valori dei parametri di attrito, necessari per riprodurre le distanze di arresto delle valanghe osservate sul campo, non sono stati sempre molto coincidenti con quanto consigliato in letteratura. Gli spessori dei depositi ottenuti sono piuttosto sottostimati rispetto a quanto riscontrato sul campo, inoltre questi sono stati spesso caratterizzati da un eccessivo espandimento laterale. Le velocità sembrerebbero generalmente sottostimate anche se non avendo nessuna misura di questo parametro non si può concludere che il modello non rappresenti esattamente questo aspetto.

In conclusione Ramms, essendo calibrato su eventi estremi, quindi valanghe con tempo di ricorrenza di 30, 100 e 300 anni, non rappresenta nel migliore dei modi le valanghe di piccole dimensioni del nostro campione. I risultati ottenuti sono in effetti abbastanza prevedibili, appunto per la grande differenza dimensionale esistente tra le valanghe di calibrazione e le valanghe del campione di questo lavoro. La rappresentazione attuale, permette quindi di avere solo un'idea generale della valanga, ma i parametri fondamentali per ottenere una pianificazione territoriale, come le velocità (e quindi le pressioni) le forme e gli spessori dei depositi non sono ancora accettabili.