

DINAMICA VALANGHE *delle*

Come si definisce la potenziale area di distacco di una valanga sulla base delle sue caratteristiche topografiche?...e l'estensione dell'area di distacco in funzione del suo tempo di ritorno? ...e ancora, come si può valutare la pressione del flusso valanghivo su un ostacolo? Queste sono solo alcune delle domande a cui si è cercato di dare una risposta nel corso del progetto: **Dinamica delle valanghe: distacco e interazione flusso/ostacoli** n. 048 denominato **DynAval**. Il progetto si inserisce all'interno del Programma Operativo di Cooperazione territoriale europea transfrontaliera, Italia/Francia (Alpi) 2007/2013, Misura 2.2 - Prevenzione dei rischi. I progetti di Cooperazione territoriale transfrontaliera, per la Regione Autonoma Valle d'Aosta, hanno da sempre rappresentato una grande opportunità per confrontarsi con partner d'oltr'Alpe sulle buone pratiche di gestione dei territori di montagna. In quest'ultima programmazio-

ne (2007-2013), in particolare, il Dipartimento Difesa del Suolo e Risorse Idriche della Regione, ha voluto dare una forte connotazione pratica a tutte le attività intraprese all'interno dei progetti di Cooperazione territoriale. Nel momento della stesura delle proposte progettuali riguardanti i rischi naturali in montagna, oltre ad introdurre e sviluppare delle metodologie innovative e tecnologicamente avanzate, sono stati fortemente ricercati anche lo scambio di informazioni e di buone pratiche e la loro concreta applicazione nella gestione quotidiana del territorio. Ed è in quest'ottica che, a inizio 2009, è nato il progetto DynAval. Il progetto ha come Capofila la Direzione assetto idrogeologico dei bacini montani, struttura regionale preposta allo studio delle valanghe ed alla gestione dei siti ubicati in aree valanghive, e, come partner francese, il CEMAGREF-UR ETNA di Grenoble, ente di ricerca che si occupa della gestione delle

acque e del territorio. Il progetto ha una durata triennale, a partire da gennaio 2009 fino a gennaio 2012.

L'obiettivo principale è stato di far progredire le conoscenze, nell'ambito dello studio delle valanghe, in merito a due problematiche chiave:

- (1) definizione della zona di distacco e dei volumi coinvolti per meglio comprendere i fenomeni fisici che generano il distacco di una valanga e ottenere i dati per i modelli di simulazione di dinamica valanghiva, da cui ricavare le aree di propagazione, utili per la redazione di carte di pericolosità valanghiva;
- (2) definizione delle pressioni risultanti nella zona di arresto di una valanga, considerando l'interazione con eventuali ostacoli, ed il comportamento del flusso valanghivo all'intorno dei medesimi, con la finalità di ottimizzare la progettazione delle opere paravalanghe.

An aerial photograph of a river system. The river flows from the top left towards the bottom right. In the lower-left quadrant, there is a dam structure with a bridge crossing over it. The riverbed is rocky and uneven, with various sized stones and boulders scattered throughout. The water appears slightly turbid. The surrounding landscape is a mix of light-colored soil and some sparse vegetation.

GHE

DISTACCO E INTERAZIONE FLUSSO/OSTACOLI

È noto, infatti, come la gestione dei territori montani in relazione al rischio valanghe possa essere spesso problematica proprio a causa di una carenza di conoscenze su due importanti parametri che caratterizzano il fenomeno valanghivo e la sua prevenzione: il volume di distacco, che condiziona la dimensione dell'evento, e le pressioni di impatto, parametro che governa il dimensionamento delle strutture ed influisce nella redazione delle cartografie di rischio valanghivo.

I risultati attesi nel corso del progetto sono molto ambiziosi e con spiccata validità applicativa e, sicuramente, il risultato concreto più evidente è **la realizzazione di siti sperimentali** strumentati che permetteranno, anche in futuro, di continuare la ricerca sugli aspetti legati alle valanghe non ancora completamente noti. Di pari importanza sono anche gli altri risultati attesi, di supporto alla gestione di aree a rischio, tra cui: una metodologia per la determinazione del volume di distacco di valanghe con specifici tempi di ritorno, le relazioni tra le caratteristiche della neve e la dimensione del distacco, le relazioni tra le caratteristiche della neve e la pressione d'impatto indotte sull'ostacolo a seguito di un evento valanghivo, in modo da validare gli approcci teorici, sperimentali e numerici proposti e la definizione delle pressioni d'impatto nella zona di arresto, considerando anche l'interazione flusso/ostacolo, in funzione delle caratteristiche dinamiche delle valanghe dense.

La Direzione assetto idrogeologico dei bacini montani della Regione Autonoma Valle d'Aosta, per lo svolgimento delle attività di sperimentazione e ricerca, si è affidata al Dipartimento di Ingegneria Strutturale

e Geotecnica (DISTR) del Politecnico di Torino ed al Dipartimento di Valorizzazione e Protezione delle Risorse Agroforestali - DIVAPRA ed il Centro interdipartimentale sui rischi naturali in ambiente montano e collinare - NatRisk dell'Università degli Studi di Torino. In particolare, il DIVAPRA ed il NatRisk si sono occupati maggiormente degli aspetti nivologici, ambientali, di rilevazione sul campo pre e post evento, anche tramite tecniche geomatiche, ed il DISTR si è occupato della caratterizzazione meccanica del manto nevoso con l'ideazione di nuovi strumenti, della progettazione del sistema di rilevazione delle pressioni d'impatto sull'ostacolo e della velocità della valanga, e delle stime ingegneristiche degli effetti dell'interazione valanga-struttura. La stretta collaborazione tra i due enti sul campo si è riversata inoltre nell'attività di modellazione analitica e numerica della dinamica delle valanghe di neve.

Nello svolgimento delle attività affidate, entrambi gli atenei hanno mostrato come la tradizionale mission universitaria, comprendente la formazione e la ricerca teorica, va oggi arricchita con aspetti imprescindibili, quali il trasferimento tecnologico e i servizi al territorio.

In tale spirito, i ricercatori coinvolti nelle attività si sono completamente integrati nel team del progetto, con un'ottimale interazione tra tutti i soggetti presenti.

Nel suo complesso, il progetto prevede 8 attività principali che sono:

1. realizzazione di siti sperimentali;
2. caratterizzazione meccanica del manto nevoso;
3. valutazione delle energie di distacco imposta dalle tecniche di distacco artificiale;

4. definizione dell'area e del volume di distacco delle valanghe;
5. studio della dinamica delle valanghe dense;
6. studio dell'interazione tra flusso valanghivo e ostacoli;
7. valorizzazione dei risultati e divulgazione;
8. amministrazione e coordinamento delle attività.

A tal proposito, di seguito, verranno descritte brevemente solo le attività e le installazioni che non saranno trattate nei successivi articoli della rivista, al fine di dare al lettore un quadro generale di tutte le attività intraprese all'interno del progetto DynAval.

INSTALLAZIONE DEI SITI PILOTA

Nell'ambito dell'attività 1) del progetto, i partner italiani e francesi hanno scelto di strumentare tre siti: Punta Seehore in Valle d'Aosta e Lautaret nelle Hautes Alpes, dove vengono effettuati interventi di bonifica preventiva, e Taconnaz in Alta Savoia, dove sono presenti opere di protezione passiva. Le finalità delle installazioni prevedono, da una parte, di acquisire una banca dati sperimentale sulle attività di distacco artificiale con una migliore conoscenza dei processi fisici in gioco e, dall'altra, di validare gli approcci teorici, numerici e fisici in base ai risultati della sperimentazione. I tre siti sono complementari tra loro per dimensione e garantiscono diversi ordini di grandezza per quanto riguarda la velocità, la pressione ed i volumi mobilizzabili (Tabella di Fig. 1). Insieme permettono di acquisire un gran numero di dati su un breve periodo, come può essere un progetto di durata triennale, assicurando comunque una buona rappresentatività delle caratteristiche dei canali valanghivi presenti nell'arco alpino. Di seguito, verranno presentati sinteticamente i siti dei partner francesi, mentre per quanto riguarda le attività e le installazioni previste sul sito della P.ta Seehore si rimanda ai successivi articoli, dove verranno diffusamente trattate tutte le azioni e le installazioni intraprese nel corso del progetto DynAval.

Fig. 1 - Ordine di grandezza dei parametri rappresentativi delle valanghe nei tre siti di studio.

Sito/Parametri	Punta Seehore (Italia)	Lautaret (Francia)	Taconnaz (Francia)
	Piccola scala	Media scala	Grande scala
Distacco	Artificiale/Naturale	Artificiale	Naturale
Distanza di arresto	400-500 m	500-800 m	fino a 7.000 m
Pendenza media	28°	36°	25°
Volume	200-400 m ³	500-10.000 m ³	1.600.000 m ³ (vol. centennale)
Pressione	0.5-3 ton/m ²	3-5 ton/m ²	fino a 100 ton /m ²
Velocità	20-25 m/s	fino a 30-40 m/s	fino a 70 m/s

© AINEVA

In Francia, il Cemagref gestisce dal 1972 un sito sperimentale «Avalanches» situato nelle Hautes Alpes, tra il colle del Lautaret (Fig. 2) e il colle del Galibier (Naaim et al., 2001), con in attivo ben 27 inverni effettivi di esperimenti. Nel corso dei primi anni, in sito sono stati realizzati esperimenti per la messa a punto di sistemi di distacco artificiale; ad oggi, il sito è utilizzato per l'analisi della dinamica valanghiva e delle sollecitazioni esercitate dal flusso valanghivo su degli ostacoli posti lungo i canali di valanga.

La montagna di Chaillon (2600 m slm), che ospita il sito sperimentale, presenta, infatti, ben sette canali di valanga rettilinei che tagliano la strada del col Galibier e ne causano la chiusura invernale.

Le pendenze si avvicinano ai 45° nella zona di distacco e ai 36° nella zona di scorrimento. I volumi di neve coinvolti sono compresi tra i 500 ed i 10000 m³ con distanze percorse tra i 500 e gli 800 m.

Le velocità caratteristiche raggiungono valori tra i 10 e i 30 m/s. I canali strumentati, dal Cemagref, sono 2. Il canale n. 1 è bonificato manualmente mediante una carica lasciata scivolare lungo il pendio e innescata elettricamente. Il canale è equipaggiato con un semplice ostacolo costituito da una piastra strumentata solidale ad una putrella infissa nel terreno. Lo scopo è misurare deformazioni ed accelerazioni della struttura e da qui risalire alle sollecitazioni mediante un'analisi inversa dei due tipi di dato (Thibert et al., 2008). Nel canale n. 2 vengono invece studiate le variabili dinamiche delle valanghe. Dal 2008, infatti, è stato installato un dispositivo per la misura del profilo verticale della velocità e della pressione esercitata dal flusso nevoso lungo il canale. Alcuni sensori di pressione (Baroudi et al., 2011) e di velocità (Bouchet et al., 2003) sono stati sviluppati specificatamente al Cemagref per questa finalità. Il distacco, principalmente artificiale, avviene grazie ad un sistema Gaz-Ex telecomandato.

Tra il canale n.1 ed il canale n.2, a quota intermedia della zona di scorrimento, è localizzato il ricovero dove è alloggiata e protetta la strumentazione per



Fig. 2 - Valanga distaccata il 27 febbraio 2007 sul sito del Lautaret nel canale n. 2. Il canale n.1 è situato a destra sulla foto. Al centro dell'immagine si intravede il ricovero per effettuare le misure.



Fig. 3 - Dispositivo paravalanghe di Tacconaz. Evidenziato, in piccolo, un setto deviatore strumentato da due sensori di velocità e due di pressione (fonte RTM).

le misure. Ogni anno vengono realizzati, in media, 3-4 distacchi la cui esecuzione mette in moto una forte macchina organizzativa. Il giorno del distacco, oltre ai profili nivologici per caratterizzare il manto nevoso nella zona di distacco e nelle "zone morte" all'intorno degli ostacoli, vengono realizzate delle misure fotogrammetriche per monitorare la posizione del fronte della valanga durante l'evento. Il secondo sito francese, il canale di Tacconaz (Fig. 3), nella valle di Chamonix, è un bacino valanghivo molto particolare, che include nella sua zona di distacco il ghiacciaio omonimo (Naaim et al., 2010). Il canale presenta una lunghezza superiore ai 7500 m, con una pendenza media del 46%, una larghezza variabile tra i 300 ed i 400 m ed un volume massimo mobilizzabile di circa 1.6 Ml di m³, con tempo di ritorno centennale. La valanga può essere innescata dal crollo di seracchi e presenta, lungo il ca-

nalone, diverse potenziali aree di distacco, a partire dai 4000 m di quota, con la zona di arresto posta a 1100 m slm. Essendo Tacconaz un sito ad elevata vulnerabilità per la presenza di numerose strutture ed infrastrutture nella zona di deposito, nel 1991, sono stati realizzati dei deflettori in cemento armato, detti "denti", per rallentare la velocità del flusso, e due dighe, una laterale ed una frontale, per l'arresto ed il contenimento della massa nevosa. Queste imponenti opere di protezione passiva, nel 1999, sono state riprogettate per contenere un evento atteso con tempo di ritorno pari a 100 anni. Nel 2009, nel quadro del progetto DynAval, con il cofinanziamento del Conseil Général du Département de la Haute Savoie, sono stati strumentati n. 3 setti di 7 m di altezza, situati all'entrata a monte del dispositivo paravalanghe, con 2 sensori di pressione (fino a 100 t/m²) e 2 sensori di velocità (fino a 60 m/s).



Dall'alto verso il basso:
fig. 4 - Il prototipo della
scatola di taglio;
fig. 5 - Sala durante il
corso di formazione sul
distacco artificiale.

Ciascun setto dispone di una centrale di acquisizione interrata situata ai suoi piedi. Le tre centrali sono collegate da una rete Ethernet accessibile ad una distanza di circa 300 m all'esterno del canalone, che permette un accesso sicuro in inverno per lo scarico dei dati. La registrazione dei dati viene azionata nel momento dell'impatto della valanga sui setti: una memoria cosiddetta "circolare" permette di acquisire i dati pre e post evento.

CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEL MANTO NEVOSO - SCATOLA DI TAGLIO

Per quanto riguarda l'attività 2 di progetto, **caratterizzazione meccanica del manto nevoso**, l'obiettivo è sviluppare degli strumenti, facilmente trasportabili, che permettano di realizzare dei rilievi in sito, sia in area di distacco che in area di deposito, finalizzati alla misura dell'energia della frattura, alla definizione delle caratteristiche di resistenza al taglio, della tenacità e del fattore critico di intensificazione degli sforzi necessari all'innesco

delle valanghe, nonché alla valutazione della densità critica del deposito. In particolare, si era riscontrata la difficoltà di effettuare delle misure dirette sul manto nevoso che permettessero di rappresentare, in maniera corretta, le reali condizioni del manto nevoso.

A questo proposito, nei primi due anni di progetto è stato sviluppato, da parte del DISTR - Politecnico di Torino, il prototipo di un dispositivo per la misura della resistenza al taglio della neve, parametro essenziale per la valutazione delle condizioni di equilibrio del manto nevoso e del distacco di valanghe a lastroni.

Nata dall'esigenza di disporre di prove sperimentali controllate e ripetitive che consentano di individuare in modo oggettivo le caratteristiche del materiale neve, la nuova scatola di taglio (Fig. 4) permette il prelievo di un campione indisturbato del manto nevoso e l'esecuzione della prova sia in situ che in laboratorio.

Grazie all'applicazione di un carico normale, atto a simulare il peso del manto nevoso gravante sullo strato fragile da analizzare, lo strumento consente di valutare la resistenza al taglio della neve riproducendo le condizioni reali del manto nevoso.

La prova può essere svolta in controllo di forza o di spostamento grazie ad un circuito pneumatico controllato da computer. Le prime prove in campo saranno eseguite, sul sito della P.ta Seehore, nel corso della prossima stagione invernale.

DEFINIZIONE DELL'AREA DI DISTACCO DI VALANGHE CON UNO SPECIFICO TEMPO DI RITORNO

L'attività legata alle zone di distacco delle valanghe "**definizione dell'area e dei volumi di distacco delle valanghe**" ha l'obiettivo di migliorare una metodologia sviluppata da Maggioni et al. (2006) per la definizione dell'estensione della zona di distacco di una valanga con uno specifico tempo di ritorno.

Tale metodologia potrebbe essere un utile strumento per la definizione degli input di

modelli di dinamica per la simulazione di valanghe non estreme, ma che si generano con maggior frequenza e, quindi, in generale di minore dimensione.

All'interno del progetto, viene testata su casi studio valdostani e francesi per capire l'effettiva potenzialità.

Da parte francese, viene inoltre sviluppata una procedura per la valutazione della probabilità di distacco di una valanga in base alla precipitazione nevosa.

Per quanto riguarda le attività 3, 5 e 6 del progetto DynAval, inerenti la **valutazione dell'energia di distacco imposta dalle tecniche di distacco artificiale**, lo **studio della dinamica delle valanghe dense** e lo **studio dell'interazione tra flusso valanghivo e ostacoli**, le medesime saranno dettagliatamente trattate all'interno dei successivi articoli della rivista.

ATTIVITA' DI FORMAZIONE E DIVULGAZIONE

Molto importante all'interno del progetto è l'azione 7, **valorizzazione dei risultati e divulgazione**, che ha visto la partecipazione di tutti gli attori coinvolti. Il progetto prevede due modalità di valorizzazione dei risultati: la prima consiste nell'organizzazione di giornate di divulgazione e di formazione, rivolte al grande pubblico ed a tecnici professionisti, la seconda prevede la presentazione dei risultati nell'ambito di convegni nazionali ed internazionali e tramite pubblicazioni scientifiche su riviste internazionali.

Al momento sono stati organizzati due corsi di formazione dei tre previsti: il primo sul distacco artificiale delle valanghe (Fig. 5) e il secondo sui carichi indotti dai movimenti lenti del manto nevoso (snow gliding) sulle strutture.

Il terzo e ultimo corso di formazione che riguarderà le problematiche legate all'interazione flusso valanghivo/ostacoli, si terrà il 01 dicembre 2011, a Gressoney-La-Trinité, nell'ambito della giornata conclusiva di presentazione dei risultati di progetto. I corsi sono stati impostati in maniera tale da coinvolgere esperti internazionali che

portassero la loro conoscenza ed esperienza in merito alle tematiche affrontate. Il primo corso, svoltosi a novembre 2010, ha visto la partecipazione di circa 40 persone tra tecnici degli impianti a fune, partner di progetto ed esperti dell'Ufficio Neve e Valanghe valdostano. I 7 relatori, tra cui italiani, svizzeri, francesi, tedeschi ed un americano, hanno presentato lo stato dell'arte della ricerca nel campo del distacco artificiale di valanghe e le buone pratiche che vengono utilizzate per la bonifica preventiva di elementi a rischio, come strade, villaggi e piste da sci.

Da ciò è emerso come non vi sia una metodologia di distacco artificiale ideale: sono, infatti, ancora numerosi i casi in cui le attività di bonifica non ottengono i risultati previsti. Il buon successo delle operazioni di distacco dipende, in buona misura, dalla conoscenza del territorio, dalle condizioni della neve e dall'esperienza acquisita dall'operatore nel corso degli anni. Il secondo corso, svoltosi a giugno 2011, ha visto la partecipazione di circa 30 tra tecnici e ricercatori che hanno approfondito la tematica dello snow gliding e dell'influenza di quest'ultimo sulle infrastrutture presenti. Una criticità che è emersa durante il corso da parte dei tecnici presenti è quella di non disporre di norme ed indirizzi tecnici che permettano il corretto dimensionamento delle opere soggette a questa problematica.

In generale, questi momenti di formazione hanno rappresentato un'importante occasione di confronto e di scambio, ed hanno permesso di osservare, valutare e discutere le diverse modalità operative intraprese nell'affrontare le problematiche legate al rischio valanghivo in altri contesti territoriali, in quanto i sistemi di gestione del territorio e le normative si differenziano profondamente. Le presentazioni fatte durante i corsi di formazione ed alcune pubblicazioni/articoli scaturiti dalle attività di progetto sono disponibili sul sito del progetto strategico RISK NAT (<http://www.risknat-alcotra.org/rna/index.cfm/database-progetti/dynaval.html>) del Programma di Cooperazione transfrontaliera (Alpi) Italia-Francia 2007-2013.

Inoltre, per contribuire ad una maggior divulgazione dei risultati di progetto, i partner hanno preso parte a diversi convegni nazionali e internazionali, tra cui EGU 2010 e 2011 e ISSW 2009 e 2010, dove sono state presentate, mediante poster e presentazioni orali, le numerose attività realizzate durante lo svolgimento del progetto.

Nella primavera del 2011 si segnala la visita del sito sperimentale da parte di un ricercatore americano, afferente all'Institute of Arctic Antarctic and Alpine Research (INSTAAR-University of Colorado), nell'ambito degli scambi scientifici previsti dalla Rete internazionale LTER (<http://www.lternet.edu/>). Altro punto di forza del progetto è stata l'organizzazione delle riunioni con le relative visite ai diversi siti pilota attrezzati durante lo svolgimento delle attività (Fig.6). Il confronto tra partner, oltre a migliorare la conoscenza reciproca, è stato utile, nei primi mesi di progetto, per lo scambio riguardante la realizzazione e la strumentazione dei siti pilota.

L'esperienza pluriennale, acquisita dal Cemagref nella strumentazione dei loro siti, ha contribuito al corretto dimensionamento del sito valdostano ed alla scelta della strumentazione più appropriata per gli esperimenti previsti.

Al fine della divulgazione dei risultati del progetto, sono previste n. 2 giornate di sostituzione, una in territorio italiano, fissata il 2 dicembre 2011 a Gressoney-La-Trinité e una in territorio francese prevista per marzo 2012 a Chamonix.

CONCLUSIONE

Come detto in precedenza, il progetto ha scadenza il 27 gennaio 2012.

Visti gli importanti investimenti realizzati per l'allestimento dei siti pilota, la Direzione assetto idrogeologico dei bacini montani, in accordo con il partner francese Cemagref, ha presentato una nuova proposta progettuale, sempre nell'ambito del Programma di Cooperazione transfrontaliera (Alpi) Italia-Francia 2007-2013, che prevede, tra l'altro, di valorizzare i dati ottenuti sui siti pilota strumentati nell'ambito di DynAval, di proseguire i test nei canali di valanga strumentati, evitando, pertanto,

la dismissione di siti che hanno richiesto importanti investimenti finanziari e di implementare la strumentazione esistente, per migliorare la qualità delle osservazioni. La nuova proposta progettuale, approvata in data 21.06.2011, prevede, tra l'altro, l'installazione di due nuovi sistemi di array infrasonici per il miglioramento del sistema di prevenzione del rischio valanghivo nell'ambito regionale, l'installazione di sensori di velocità sull'ostacolo del sito della P.ta Seehore, lo sviluppo delle cosiddette "foto solide" per il rilievo dettagliato delle zone di distacco, di scorrimento e di deposito dei fenomeni valanghivi e l'analisi del contributo eolico nei processi di distacco.

Fig. 6 - Visita al sito di Taconnaz durante la riunione del 05 giugno 2009.



Bibliografia

- Baroudi D., Sovilla B., Thibert E., 2011. Effects of flow regime and sensor geometry on snow avalanche impact-pressure measurements. *Journal of Glaciology*, 57(202), 277-288.
- Bouchet A., Naaim M., F. Ousset F., H. Bellot H., D. Cauvard D., 2003. Experimental determination of constitutive equations for dense and dry avalanches: presentation of the set-up and first results. *Surveys in Geophysics*, 24, 525-541.
- Maggioni M., Gruber U., Purves R. Freppaz M., 2006. Potential release areas and return period of avalanches: is there a relation? *Proceeding of the International Snow Science Workshop*, Telluride (Colorado, USA), 1-7 October 2006, 566-571.
- Naaim M., Faug T., Naaim-Bouvet F., Eckert N., 2010. Return period calculation and passive structure design at the Taconnaz avalanche path (France). *Annals of Glaciology*, 51(54), 89-97.
- Naaim M., Taillandier J.M., Bouchet A., Ousset F., Naaim-Bouvet F., Bellot H., 2001. French avalanche research: experimental test sites. In *International seminar on snow and avalanches test sites*. Cemagref. Grenoble, 22-23 novembre 2001, 141-169..
- Thibert E., Baroudi D., Limam A., Berthet-Rambaud P., 2008. Avalanche impact pressure on an instrumented structure. *Cold Regions Science and Technology*, 54(3), 206-215.