

# SCENARI di TRASPORTO EOLICO

**Eloïse Bovet**

Fondazione Montagna sicura,  
Courmayeur (AO), Italia

**Luca Pitet**

Assetto Idrogeologico dei Bacini Montani,  
Regione Autonoma Valle d'Aosta, Italia

**Igor Torlai**

Ufficio Meteo del Centro Funzionale,  
Regione Autonoma Valle d'Aosta, Italia

## uno strumento per gestire il rischio valanghe basato sulla direzione del vento e sull'esposizione dei versanti

***Avalanche risk management assumes an in-depth knowledge of the nivometeorological situation to which tools for the definition of avalanche potential release can be associated.***

*The application of the PRA (Potential Release Area) tool, developed by the SLF, on 600 real cases in Aosta Valley showed the important role played by the wind direction in determining scenarios of avalanche detachment. On those basis a rapid method has been developed, using the 10m wind intensity and direction data provided by the Cosmoi2 predictive model. The wind direction input was calculated by vectorially averaging the wind directions over the 24h, weighted with the cube of the intensity. According to the slope exposure, a slope is loaded [if downwind] or eroded [if downwind]. In order to validate this procedure, the data elaborated with our procedure were compared with the data of 52 automatic stations and the observations contained in the Models 1 A.I.NE.VA.. Scenarios of possible snow eroded/loaded areas are realized according to the wind direction at both valley and single-basin scales. Daily, after 40 minutes calculation time, three graphs are forecast: 1) statistical summary of the basins eroded/loaded by the wind on the 26 microareas in which the Aosta Valley is divided, 2) wind direction on the 800 cells of the Cosmoi2, 3) probability of erosion/deposit on each individual avalanche basin. Those graphs are displayed in the Avalanche Local Committees (CLV) web platform and validated by the avalanche forecasters and the components of the CLV. In this paper several validations based on real cases are shown. The procedure, while giving satisfactory results, has limits due to the simplicity of the model used, to scale issues and to the snowdrift amount neglected in the modelisation.*

L'applicazione dello strumento PRA (Potential Release Area), sviluppato dall'SLF, su 600 casi reali valdostani ha mostrato l'importante ruolo svolto dalla direzione del vento nel determinare gli scenari del distacco valanghe. Su queste basi è stato sviluppato un metodo speditivo, utilizzando i dati di intensità e direzione del vento a 10 m forniti dal modello predittivo Cosmoi2. Quest'ultima è stata calcolata mediando le direzioni del vento sulle 24 ore, ponderate con il cubo dell'intensità. Si è presupposto che a seconda della sua esposizione, un pendio venga caricato (se sottovento) oppure eroso (se sopravvento). Per validare questa procedura, i dati così elaborati sono stati confrontati con i dati di 52 stazioni automatiche e le osservazioni contenute nei Modelli 1 A.I.NE.VA. Gli scenari di eventuali aree erose/caricate sono realizzati in base alla direzione del vento sia a scala di valle che di singolo bacino valanghivo. Ogni giorno, dopo circa 40 minuti di calcolo, vengono realizzati tre grafici: 1) riepilogo statistico dei bacini erosi/caricati dal vento sulle 26 microaree in cui è divisa la Valle d'Aosta, 2) direzione del vento sulle oltre 800 celle del Cosmoi2, 3) probabilità di erosione/deposito su ogni singolo bacino valanghivo. Questi grafici vengono visualizzati nella piattaforma Web delle Commissioni Locali Valanghe (CLV) e validati dai tecnici dell'Ufficio valanghe e dai componenti delle CLV. In questo articolo sono presentate alcune delle validazioni basate su situazioni reali. La procedura, pur fornendo risultati soddisfacenti, presenta dei limiti dovuti alla semplicità del modello utilizzato, alla scala e alla quantità di neve ventata trascurata nella modellizzazione.



## INTRODUZIONE

Attualmente la gestione del pericolo locale valanghe in Valle d'Aosta è demandata alle Commissioni Locali Valanghe (CLV) che attuano il monitoraggio dei siti sensibili e supportano i sindaci nelle fasi decisionali a cui i medesimi sono preposti (chiusura/apertura delle strade, evacuazione di centri abitati...). Le CLV sono infatti organi consultivi a supporto della Regione, dei Comuni e dei gestori delle piste da sci per le attività di valutazione delle condizioni nivometeorologiche e dello stato di stabilità delle masse nevose. I componenti delle CLV attuano attività di vigilanza, di allerta e di intervento sui propri territori di competenza al fine di assicurare, a livello locale, il controllo delle situazioni a rischio valanghivo.

Le CLV che operano sul territorio regionale sono 17 e sono supportate tecnicamente dai tecnici dell'Ufficio neve e valanghe della Regione (UNV), i quali mettono a loro disposizione tutto il materiale ed i dati in loro possesso, al fine di facilitarne il compito.

Grazie alla realizzazione di alcuni progetti finanziati dalla Comunità Europea,

quali ad esempio CAPVAL, ART\_UP\_WEB, RED e PITEM-RISK, l'Ufficio neve e valanghe, in collaborazione con i tecnici della Regione, del Centro Funzionale ed i componenti delle CLV, ha avviato delle attività per individuare, tramite un'analisi critica, quali siano i parametri nivometeorologici da monitorare e attraverso quali strumenti e metodologie sia più efficace quantificarli. Lo scopo consiste nel creare degli scenari delle aree di distacco, al variare dei parametri nivometeorologici.

## SCENARIO DELLE AREE POTENZIALI DI DISTACCO

Nell'ambito del progetto CAPVAL, si è proceduto all'applicazione del tool *Avalanche PRA* (Potential Release Area), sviluppato dall'SLF di Davos (Veitinger et al., 2014), per individuare le potenziali aree di distacco di oltre 600 casi storici valdostani. I dati di input richiesti dal PRA sono i seguenti:

- **Hs**: definisce l'altezza di neve presente nell'area di distacco;
- **DTM** (Modello digitale del terreno a risoluzione di 2 metri): simula la rugosità del pendio;

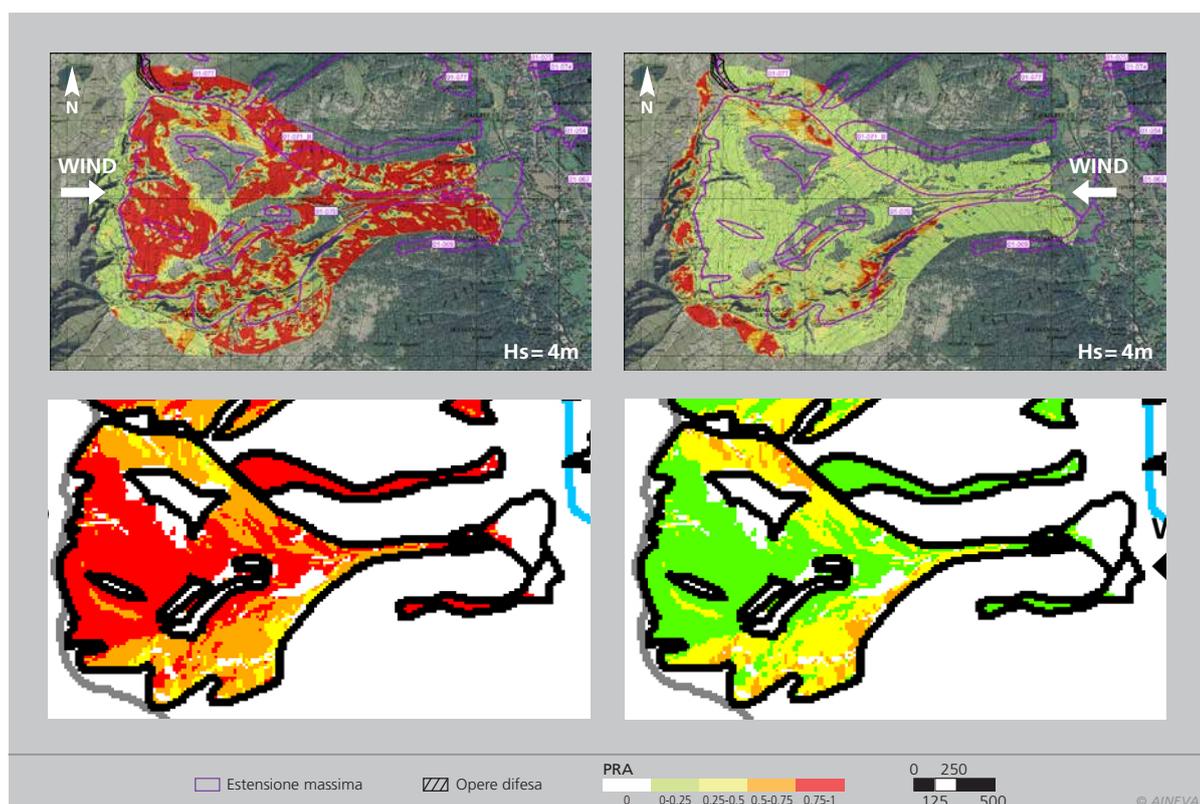
- **WIND**: definisce la direzione, e la relativa tolleranza, di provenienza del vento.

Al fine di validare gli scenari elaborati, è stata realizzata una scrupolosa analisi critica dei risultati ottenuti, confrontandoli con la documentazione dei casi reali (fotografie, shapefile, ...), come da Catasto Regionale Valanghe (CRV).

Il confronto tra dati reali ed elaborazioni PRA ha permesso di evidenziare che la procedura rappresenta in maniera adeguata le probabili aree di distacco delle aree soggette a valanghe. Tuttavia, la sua applicazione sull'intero territorio regionale (circa 3000 km<sup>2</sup>) avrebbe richiesto tempi di elaborazione troppo lunghi.

Siccome lo scopo è quello di ottenere scenari in previsione per l'intero territorio regionale nel minor tempo possibile, si è deciso di semplificare la procedura PRA, considerando solamente il parametro della direzione del vento ed omettendo Hs. Infatti, le risultanze delle analisi svolte hanno evidenziato che la variazione della direzione del vento fa variare in maniera rilevante gli scenari in previsione (Fig.1), mentre il variare dell'altezza del manto nevoso influisce in maniera marginale sui medesimi scenari.

Fig. 1 - La direzione del vento influenza notevolmente lo scenario. In alto la procedura PRA, in basso il metodo semplificato. A sinistra il vento proviene da ovest, a destra da est.



## METODO

Partendo dalle risultanze di cui al paragrafo precedente, si è quindi compreso quanto sia importante riuscire a definire, per ogni sito valanghivo, la direzione del vento. Sebbene in un primo momento si fosse optato per utilizzare i dati provenienti dalle stazioni automatiche presenti sul territorio valdostano, successivamente, al fine di ottenere dati del vento in previsione e, soprattutto, oggettivi, si è deciso di utilizzare il modello previsionale Cosmoi2. Così facendo sono disponibili dati di direzione ed intensità del vento in previsione e non è necessario individuare in maniera soggettiva la stazione automatica più rappresentativa del contesto territoriale, in quanto il modello Cosmoi2 copre l'intero territorio regionale. All'interno del modello Cosmoi2, la Valle d'Aosta è divisa in circa 800 celle di 2.7 km di lato. Per ogni cella sono disponibili, in previsione con un passo temporale di 3 ore, i valori di direzione e di intensità del vento a 10 m dal suolo ( $u_{10}$ ). Per tenere conto del cambiamento di direzione e intensità del vento durante una giornata, le direzioni del vento sono mediate vettorialmente sulle 24 ore, ponderate con il cubo dell'intensità. Questa scelta è basata sull'equazione di Föhn (1980), nella quale il trasporto eolico risulta infatti dipendere dal cubo dell'intensità:

$$Q = k \cdot u_{10}^3, \text{ dove } k = 8 \cdot 10^{-5} \text{ s}^3 \text{ d}^{-1} \text{ m}^{-2} \quad (1)$$

In un primo tempo, era stata utilizzata la formula di Duynin et al. (1980):

$$Q = c \cdot (u_{10} - 5)^3, \text{ dove } c = 7.7 \cdot 10^{-5} \text{ s}^3 \text{ d}^{-1} \text{ m}^{-2} \quad (2)$$

Tuttavia, applicando l'Eq. 2, in molte situazioni non risultava esserci trasporto eolico (siccome  $Q$  si annullava) sebbene i relativi modelli 7 A.I.NE.VA. indicassero eventi valanghivi causati da trasporto eolico. Pertanto, è stato deciso di non considerare la velocità di soglia di 5 m/s che appare nell'Eq.2 e di utilizzare l'Eq.1.

Conoscendo la direzione del vento previsto su tutto il territorio regionale secondo il Cosmoi2, si è assunto che, in relazione ad una direzione del vento predefinita, i pendii siano "caricati" o "erosi" dalla neve in funzione dell'esposizione del versante. I pendii sottovento sono caricati (e quindi soggetti a deposito di neve), quelli sopravvento scaricati (e quindi soggetti ad erosione). A seconda della direzione del vento e dell'esposizione del versante i colori assumono il significato in Fig. 2.

La procedura, scritta nel diffuso software open source R, individua automaticamente la direzione del vento per ogni cella della Valle d'Aosta mediante una media vettoriale sulle 24 ore, definendo quindi quali pendii sono soggetti a deposito e quali ad erosione. I dati sono anche analizzati statisticamente e sono rappresentati per singole microaree, settori in cui è stato suddiviso il territorio valdostano per l'emissione del Bollettino valanghe.

Occorre sottolineare che all'interno della procedura non sono definiti i quantitativi di neve che vengono erosi o depositati a seguito dell'azione del vento e neanche le caratteristiche della neve al suolo, ov-



Fig. 2 - Esempio di esposizioni soggette ad erosione o deposito della neve con un vento proveniente da Nord-Ovest. La legenda mostra la colorazione dei settori soggetti ad erosione o deposito.

		DATI OSSERVATI (MOD1 o AWS)	
		SÌ	NO
PREVISIONE (Cosmoi2)	SÌ	Previsione corretta di un evento (A)	Falso allarme (B)
	NO	Previsione mancata (C)	Previsione corretta di un non evento (D)

© AINEVA

Fig. 3 - Dalla tabella di contingenza derivano la "Probability of Detection"= $POD=A/(A+C)$  e il "Success Ratio"= $SR=A/(A+B)$ .

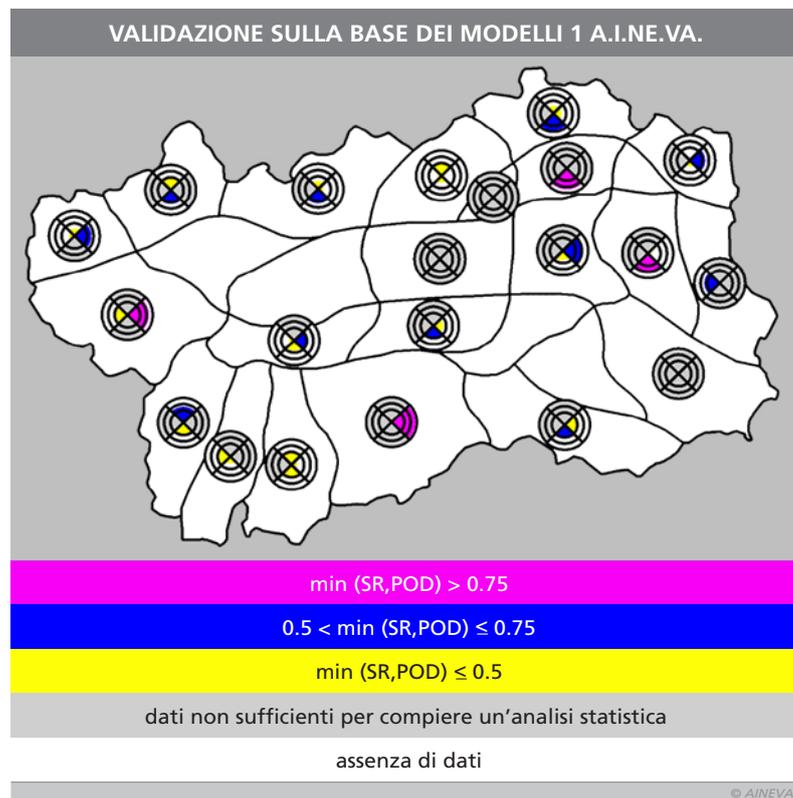


Fig. 4 - Per la validazione basata sui Modelli 1 A.I.NE.VA., la Valle d'Aosta è suddivisa nelle stesse 26 microaree utilizzate nel Bollettino neve e valanghe.

Fig. 5 - I dati del periodo 2011-2016 simulati a partire dai dati di Cosmoi2 (a sinistra) e registrati dalla AWS denominata Becca-France (a destra).

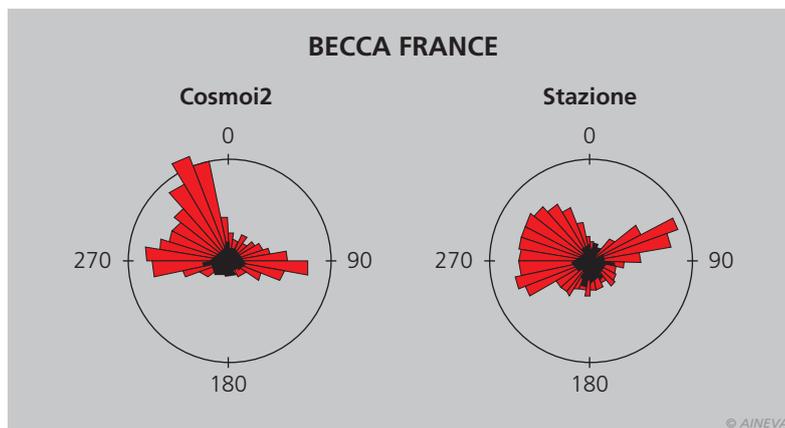
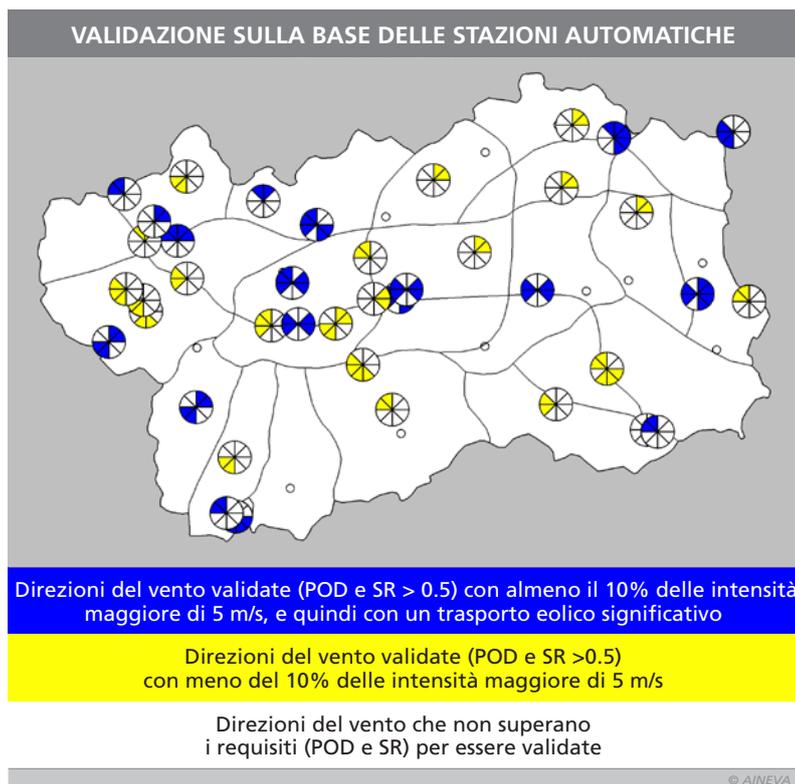


Fig. 6 - Settori validati grazie al confronto con i dati delle stazioni AWS.



vero la presenza o meno di neve a debole coesione suscettibile al trasporto eolico.

## VALIDAZIONE

Al fine di procedere con la validazione della procedura, i risultati sono stati confrontati sia con i dati del vento registrati dalle stazioni automatiche (AWS) sia con quelli trasmessi all'UNV con i Modelli 1 A.I.NE.VA. (MOD1). Vengono considerati validi i dati in cui due indici statistici, quali POD e SR, basati sulla tabella di contingenza (Fig.3), sono superiori a 0.5.

Per esempio, la direzione Nord è da ritenersi validata se oltre il 50% dei casi nei quali è stato osservato (da AWS e MOD1) vento da Nord, anche il modello Cosmoi2

ha correttamente previsto il vento da Nord (ovvero  $POD > 0.5$ ) e, analogamente, se oltre il 50% dei dati in cui Cosmoi2 ha previsto vento da Nord, questo si è effettivamente verificato secondo AWS e MOD1 (ovvero  $SR > 0.5$ ).

### Modelli 1 A.I.NE.VA.

Per quanto riguarda il confronto con i Modelli 1 A.I.NE.VA., sono state comparate le informazioni sulla presenza o meno di trasporto eolico e sull'eventuale localizzazione di accumuli o cornici (desumibili nella sezione VQ - vento in quota dei Modelli 1 giornalieri) con i dati provenienti dall'elaborazione dei dati Cosmoi2. La Fig.4 mostra che in 15 esposizioni (in blu e magenta) distribuite sulle

26 microaree c'è una buona concordanza tra dato osservato e dato simulato.

### Stazioni automatiche (AWS)

I dati delle 52 stazioni automatiche sparse sul territorio valdostano sono stati confrontati con i dati simulati da Cosmoi2 nelle celle dove sono ubicate le AWS, sia in forma originale sia elaborati mediante una media vettoriale sulle 24 ore (Fig. 5). Generalmente la differenza tra le intensità del vento misurate dalle AWS e simulate da Cosmoi2 è poco significativa (meno di 4 m/s), senza un trend definito. Infatti, a seconda delle stazioni, il valore di intensità del vento è sovrastimato a volte dalle AWS, altre da Cosmoi2.

La Fig. 6 mostra le direzioni del vento in cui vi è una concordanza del dato simulato e registrato dalle AWS, in quanto sia SR che POD sono maggiori di 0.5 (in blu e in giallo).

Unendo i risultati delle due validazioni sopra descritte, si ottiene una maschera di colore grigio che nasconde le esposizioni che non superano la validazione e che pertanto fornirebbero informazioni che non rispecchiano necessariamente la realtà (Fig.11).

## VISUALIZZAZIONE

Al fine di supportare l'Ufficio Neve e valanghe e i componenti delle CLV nelle loro decisioni di gestione del rischio valanghivo, i risultati scaturiti dalla procedura di cui sopra sono stati tradotti in scenari di trasporto eolico, di facile interpretazione ed utilizzo immediato. Lo strumento scelto per la visualizzazione dei risultati è stato individuato nella piattaforma web delle CLV dove sono visualizzabili due tipi di scenari: gli scenari statici e gli scenari dinamici.

### Scenari statici

Gli scenari statici sono otto illustrazioni cartografiche definite e statiche (Fig.7). Esse rappresentano graficamente gli scenari di trasporto eolico nei bacini valanghivi definiti all'interno dei PAV (Piani di Attività Valanghiva), una per

ogni direzione principale del vento scelta (N, NE, E, SE, S, SO, O, NO), colorata a seconda dell'esposizione rispetto alla direzione del vento analizzata. Tali scenari possono essere utili per l'operatore che sceglie come dato di ingresso la direzione del vento in un determinato punto e ottiene una semplice visualizzazione di come il vento interagisce con le differenti esposizioni dei versanti nell'intorno del punto investigato.

**Scenari dinamici**

Per quanto riguarda gli scenari dinamici, vengono proposte tre rappresentazioni cartografiche calcolate ogni giorno (in particolare al mattino), per l'intero territorio regionale. Tali scenari rappresentano la situazione di trasporto eolico del giorno seguente alle h.6.00 e vengono elaborati dai dati previsti della direzione del vento, mediati sulle 24 h precedenti. I tempi di elaborazione delle tre rappresentazioni, per l'intero territorio regionale, sono di circa 40 minuti.

La prima mappa (Fig.8) fornisce la direzione del vento elaborata a partire dai dati di Cosmoi2 per ogni singola cella. Le frecce sono visualizzate con un colore differente a seconda dell'affidabilità del dato facendo riferimento ai dati delle stazioni automatiche ed ai dati delle celle adiacenti (Fig.9).

La seconda mappa (Fig.10) fornisce scenari di trasporto eolico nei soli bacini PAV, combinando le differenti direzioni del vento di ogni singola cella (Fig. 8) con l'esposizione del pendio. A differenza degli scenari statici, questi scenari variano, di giorno in giorno, a seconda delle direzioni del vento previste da Cosmoi2. A questo proposito, è importante sottolineare che, anche se visibile alla scala di singolo bacino, l'informazione deve essere considerata alla scala Cosmoi2 (griglia con lato di 2.7 km).

La terza mappa (Fig. 11) fornisce una distribuzione statistica del trasporto eolico per singole microaree, a seconda dell'esposizione dei pendii.

All'interno del grafico a torta, lungo il raggio, sono rappresentate, per ogni

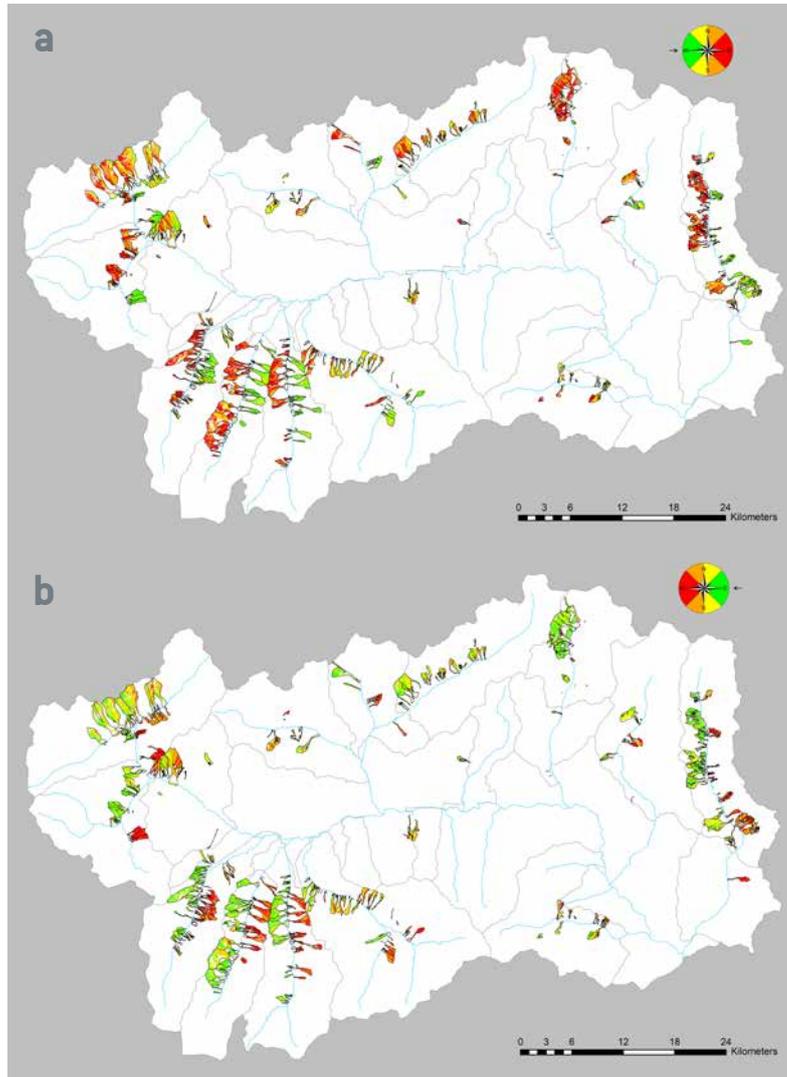


Fig. 7 - Scenari statici per vento proveniente da ovest (sopra) e da est (sotto). Si notino le colorazioni tendenzialmente opposte dei due scenari.



Fig. 8 - Direzione del vento mediata sulle 24h.

direzione validata (=buon grado di affidabilità) con i dati della stazione automatica presente nella cella Cosmoi2

direzione concorde (è ammessa una tolleranza di  $\pm 30^\circ$ ) con almeno 6 direzioni del vento delle celle del Cosmoi2 adiacenti

direzione discordante rispetto alle direzioni del vento delle celle del Cosmoi2 adiacenti

© AINEVA

## NEVE

microarea, le percentuali di distribuzione di deposito (rosso e arancione) per ciascuna esposizione (Fig.12). In particolare, i cerchi concentrici rappresentano il

raggiungimento del 50%, 75% e 100% della superficie delle microaree.

### Validazione scenari dinamici

A partire dalla stagione invernale 2017-2018, sulla piattaforma CLV è stata implementata una sezione che consente ai previsori dell'UNV ed ai componenti del CLV la validazione delle risultanze della procedura (Fig.13).

Fig. 9 - Casi in cui la freccia centrale è validata (a sinistra) o non validata (a destra) considerando le celle adiacenti contenute nel riquadro.

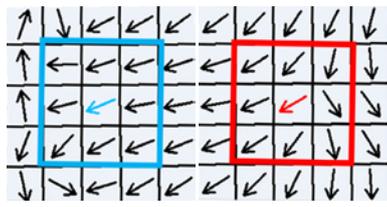


Fig. 10 - Aree soggette a deposito/erosione di neve dovuto al trasporto eolico in base alla direzione del vento rappresentata in Fig. 8.

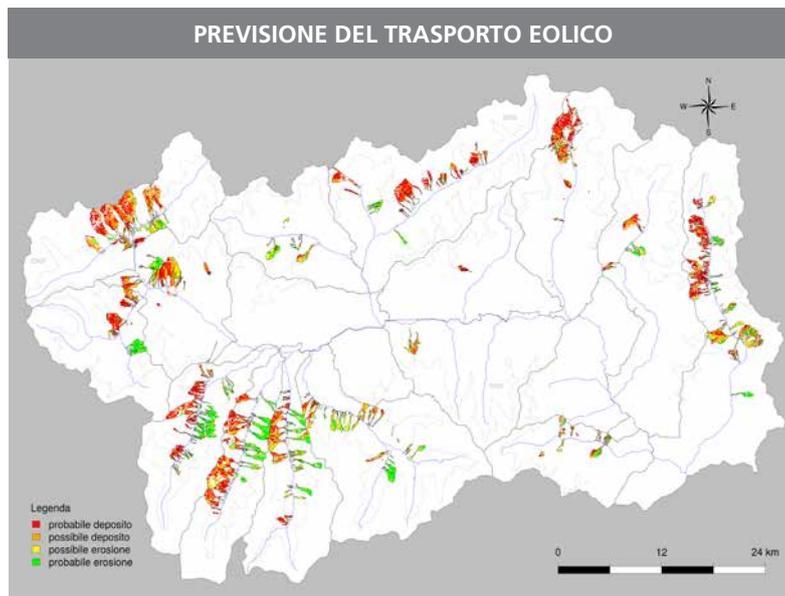
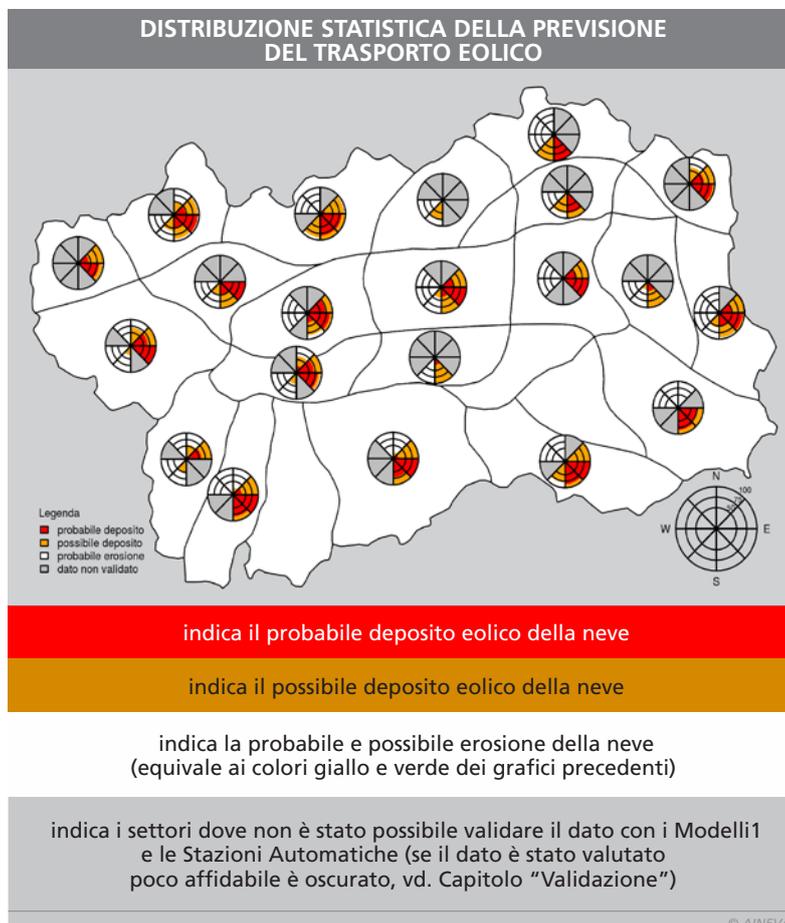


Fig. 11 - Rappresentazione cartografica con grafici a torta per ogni microarea.



In particolare, nel corso di due stagioni, i tecnici hanno validato, in 245 giorni, 636 scenari (Fig. 14), fornendo 261 commenti, relativi alla validazione. Attraverso un'analisi delle validazioni effettuate, il 76% dei casi si è dimostrato corretto, il 23% non corretto ed 1% non validato. Purtroppo, non si dispongono di dati per tutte le microaree oggetto di validazione.

Si sottolinea che, nella seconda stagione di utilizzo, il numero di validazioni è stato maggiore rispetto alla prima, sebbene si sia appurato che, nella stagione invernale 2018-19, la causa principale del distacco delle valanghe non sia da imputare alla presenza del vento, pur essendo la stagione caratterizzata da numerose giornate ventose. I distacchi dovuti al trasporto eolico, infatti, sono stati pochi in quanto il vento era talmente forte da erodere il manto nevoso senza depositare nulla. Inoltre, anche la tipologia di neve (cristalli di tipo 4) non ha favorito la creazione di lastroni da vento.

Negli ultimi tempi, si è cercato di dare sempre maggiore spazio alla validazione della procedura, in quanto questa fase permette di avere un ritorno costruttivo per implementare e rendere sempre più verosimili gli scenari di trasporto eolico. Tale validazione da parte dei previsori dell'UNV e dei commissari delle CLV ha permesso di evidenziare quanto segue:

- gli scenari dinamici rappresentano verosimilmente le condizioni presenti sul terreno a seguito di fenomeni di trasporto eolico. In particolare, le osservazioni effettuate nelle microaree 6, 8, 20 e 24 hanno permesso di appurare come, in questi settori, gli scenari scaturiti dalla procedura siano attendibili;
- l'apertura di alcune esposizioni (oscurate dal grigio nella stagione 2017-2018) nella microarea 6 ha consentito di ottenere scenari più veritieri delle condizioni realmente riscontrate nella stagione precedente;
- la scarsità di riscontri da parte dei tecnici in alcune microaree non consente valutazioni in merito al funzionamento della procedura;

- vi sono alcune microaree, tra cui la microarea 16, in cui i casi non corretti prevalgono sui casi corretti.

## CASI REALI

Di seguito vengono illustrati alcuni casi reali relativi al dicembre 2017 e a febbraio 2019 in cui si è riscontrata la validità della procedura.

Il primo caso riguarda la Val Ferret in data 12.12.2017. Le informazioni presenti nella sezione scenari dinamici indicavano che la catena del Monte Bianco era stata molto caricata dal vento nei giorni precedenti. Nel pomeriggio del 12 dicembre, verso le 16.45 è avvenuto il distacco della valanga del Meyen (denominata 18-006 del CRV). La Fig.15.a mostra che l'esposizione del bacino valanghivo (calcolata a partire da DTM) è prevalentemente SW. La procedura, a partire dai dati Cosmoi2, indica che i quadranti SW e SE sono probabilmente caricati per effetto del vento (Fig. 15.b) e pertanto i bacini valanghivi sulla catena del Monte Bianco con tale esposizione risultano essere effettivamente caricati. Infatti, come si può vedere in Fig. 15.c, tali bacini risultano essere prevalentemente colorati di rosso (colore al quale corrisponde un probabile deposito dovuto al trasporto eolico).

Il giorno 11.12.2017, nella microzona di La Thuile verso le 21.30 è avvenuto il distacco della valanga Tza Quemoun (17-042 del CRV), relativa al bacino dell'Elevez (Fig.16.a), a cui corrispondeva, per quel giorno, lo scenario di deposito eolico indicato in Figg. 16.b-d. Il Cosmoi2 aveva previsto correttamente la rotazione dei venti da Ovest. Infatti, nello scenario del giorno precedente (10.12.2017), i venti erano tali da non far supporre un distacco valanghivo (Fig. 16.c), in quanto l'esposizione del versante da cui si è verificato il distacco era in prevalente erosione.

Il giorno 13.12.2017 risultava un vento forte da Ovest con molto trasporto. Verso le ore 15 circa è avvenuto il distacco della valanga 19-009 nel comune di Courmayeur, dove lo scenario della pro-

cedura indicava una prevalente deposizione per i versanti esposti a Est (Fig. 17). Il 14.12.2017, dopo un vento forte durato tutta la notte, in concomitanza dell'attenuazione mattutina, è scesa la valanga di Blantze (Resoule 14-010).

L'esposizione prevalentemente verso Est del bacino valanghivo ha permesso di validare tale scenario per la Valle di Rhêmes (Fig. 18).

Il 3 febbraio 2019 si è verificato un distacco provocato per la valanga Aouillette (in CRV censita come 11\_046i), nel comune di Saint-Nicolas. Benché la valanga non sia naturale, ma provocata, lo scenario previsto di accumulo era coerente con il distacco verificatosi, in quanto l'azione del vento ha formato un

lastrone sul pendio esposto a sud-est che ha ceduto al passaggio di un gruppo di scialpinisti (Fig.19).

A questo proposito, tuttavia, occorre sottolineare che la procedura è a supporto di una previsione ad una scala di microarea regionale e/o di bacino, per-

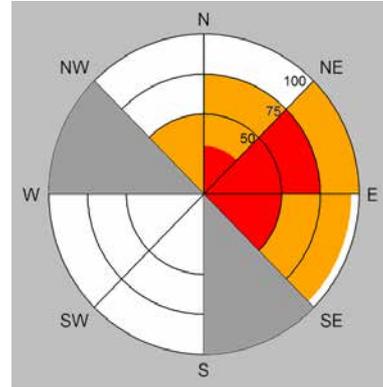


Fig. 12 - In questo caso, per esempio, il 75% dei versanti della microarea con esposizione tra NE ed E è rosso (probabile deposito) e il 25% è arancione (possibile deposito). I pendii con esposizione tra S e W vengono erosi.

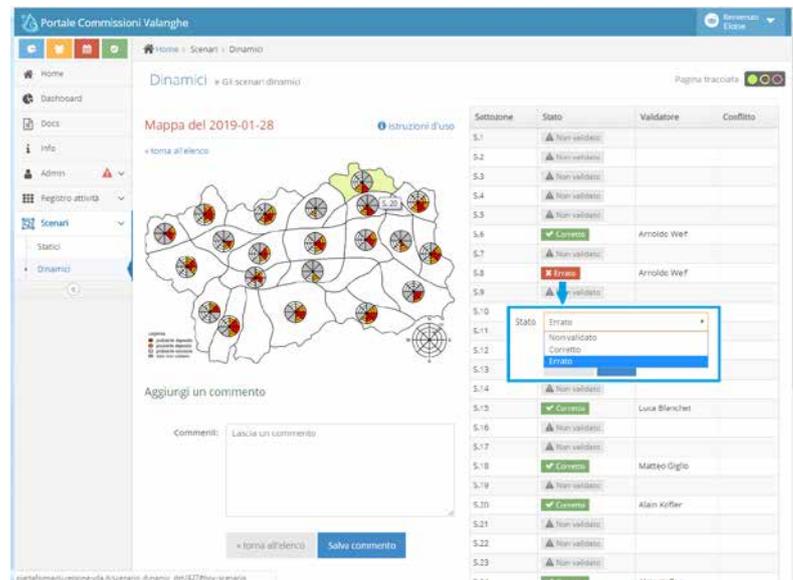


Fig. 13 - Validazione della mappa sulla piattaforma web.

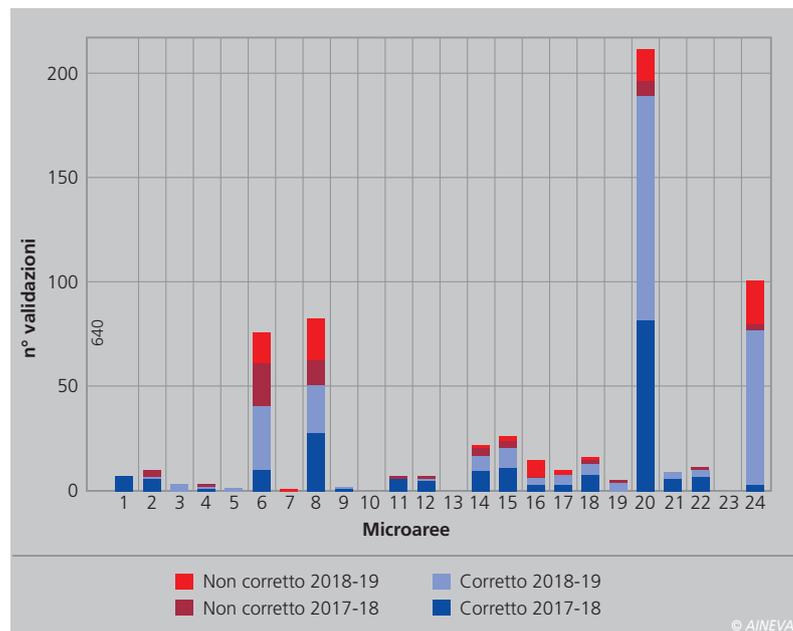


Fig. 14 - Risultati della validazione effettuata negli inverni 2017-2018 e 2018-2019 da parte di UNV o di CLV: progressivo della microarea in ascissa, numero di validazioni in ordinata.

Fig. 15 - Esposizione della valanga 18-006 (massima estensione come da CRV); distaccatasi il 12.12.2017 e relativi scenari del vento.

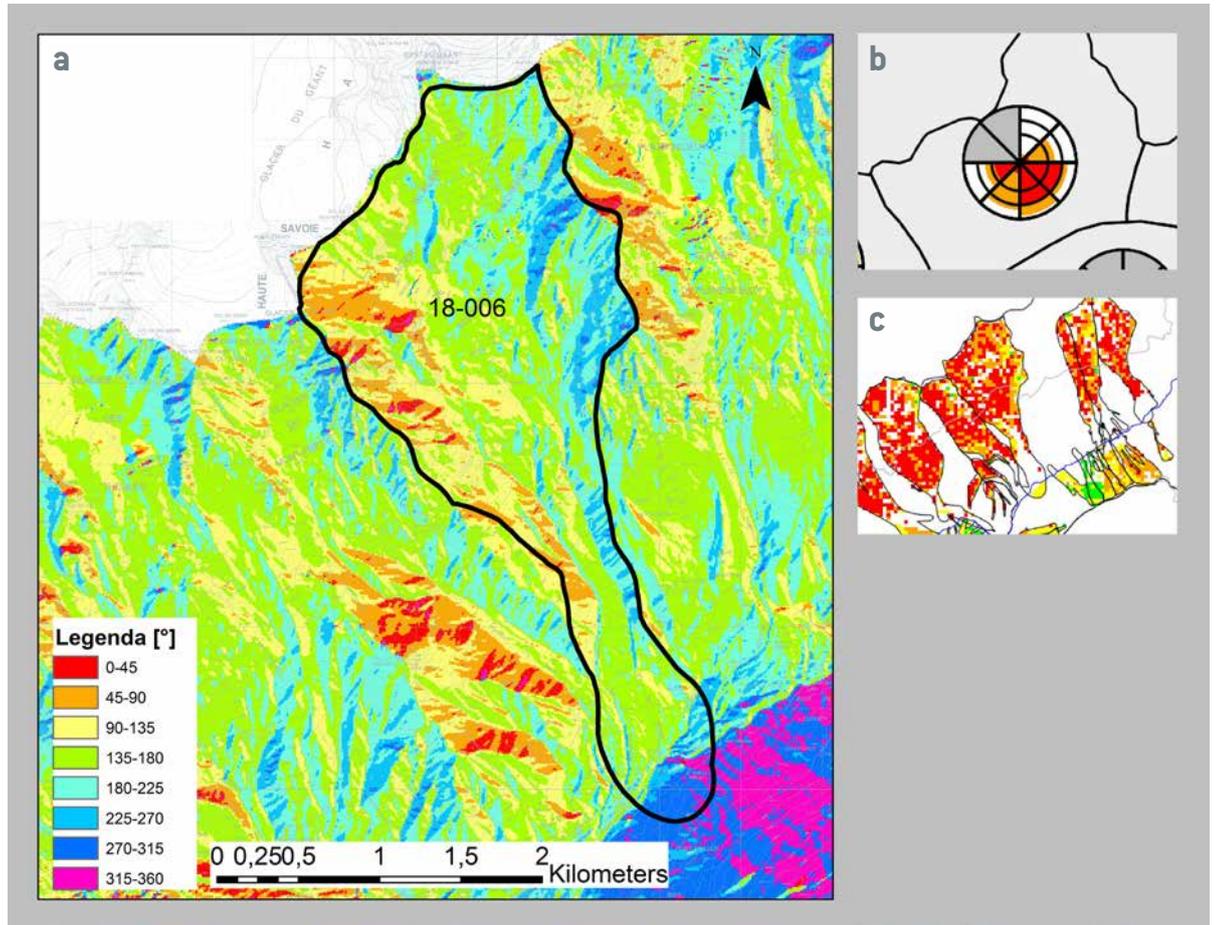
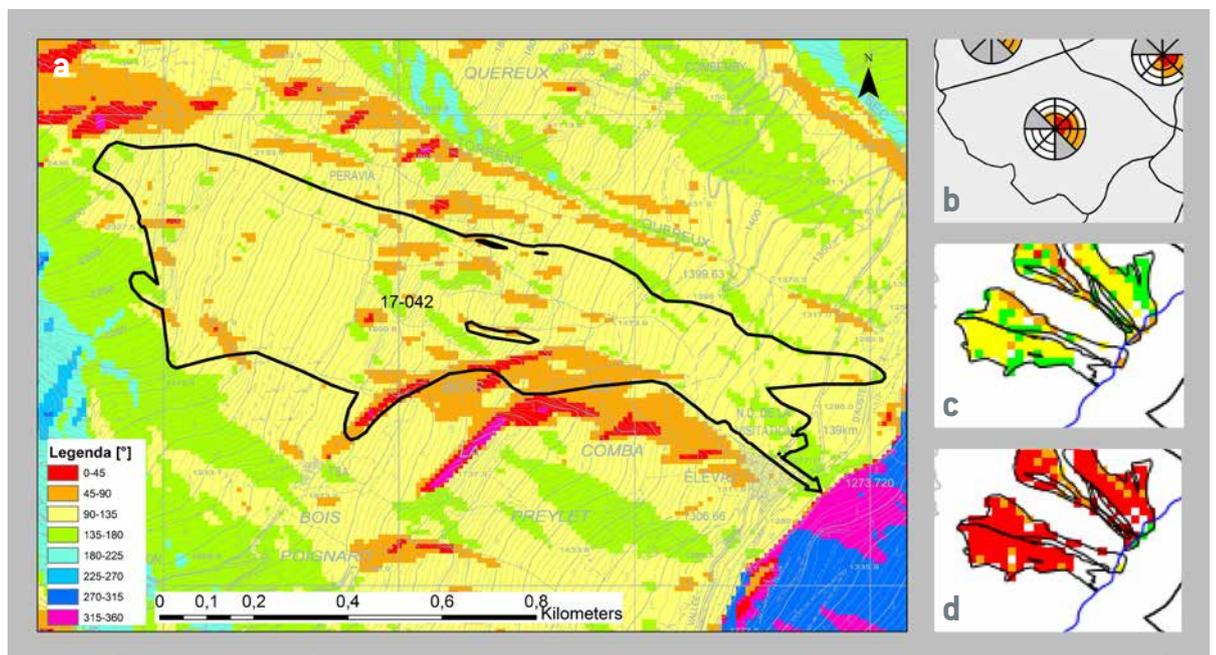


Fig. 16 - Esposizione della valanga 17-042 (massima estensione come da CRV), distaccatasi il 11.12.2017 e scenari del vento relativi (c) al giorno prima dell'evento (in cui si vede la prevalente erosione) e (d) al giorno dell'evento (in cui prevale il deposito).



tanto, tale strumento non può essere utilizzato dagli scialpinisti per esempio per scegliere la traccia da seguire durante un'escursione, perché dei micro accumuli (per esempio legati a microrilievi) possono essere sempre presenti sul versante. Si ribadisce, quindi, che questi scenari non possono essere utilizzati alla microscaletta.

## CONCLUSIONI E PROSPETTIVE FUTURE

In conclusione, la procedura fornisce in un breve tempo di calcolo informazioni riguardanti i pendii che saranno presumibilmente caricati ed erosi dal vento,

ad una scala di 2.7 km per l'intero territorio regionale. Tali scenari sono forniti in previsione, ed è quindi possibile sia ottenere un bollettino neve e valanghe più accurato sia focalizzare l'attenzione sui singoli bacini valanghivi con problematiche legate al trasporto eolico. Tuttavia, questa metodologia è speri-

mentale e presenta le seguenti limitazioni:

- i dati di velocità del vento (direzione e intensità) sono simulati ed in previsione, quindi presentano i limiti del modello Cosmoi2 (celle di 2.7 km di larghezza, simulazioni svolte con una topografia approssimata, dati solamente ogni 3 ore ...);
- i fenomeni di erosione e deposito sono modellati senza tener conto della qualità e quantità della neve, della presenza o dell'assenza di nevicata in corso, dell'ordine in cui si sono verificati i venti, della vicinanza o meno di creste e valli;
- le mappe del trasporto eolico sono prodotte anche quando l'intensità del vento non è in grado di generare il trasporto;
- la procedura non valuta la stabilità del manto nevoso, perché i parametri che la regolano sono molteplici (non dipendono solo dal vento) e concorrenti tra loro (vento + neve fresca, altezza di neve al suolo + temperatura, ...).

Per migliorare la procedura e cercare di rendere sempre più verosimili gli scenari di trasporto eolico, comprendendo anche altri parametri fondamentali che concorrono alla stabilità del manto nevoso, sono state intraprese alcune attività nell'ambito di alcuni progetti europei della Programmazione 2014-2020.

Per esempio, all'interno dell'Unità di Ricerca RED (Risk valuation Dashboard) si è implementato un algoritmo di "Nearest Neighbour", per individuare se nei giorni con le condizioni nivo-meteorologiche più simili a quelle previste per un determinato giorno si era verificato un evento valanghivo. Nel futuro si cercherà di fare rientrare anche il trasporto eolico in questa analisi.

Nel Progetto strategico PITEM-RISK (ITA-FR 2014-2020 - Alcotra), si stanno svolgendo analisi ed approfondimenti finalizzati ad una migliore conoscenza di alcuni parametri non ancora indagati in maniera approfondita dall'UNV valdostano, quali l'altezza di neve al suolo

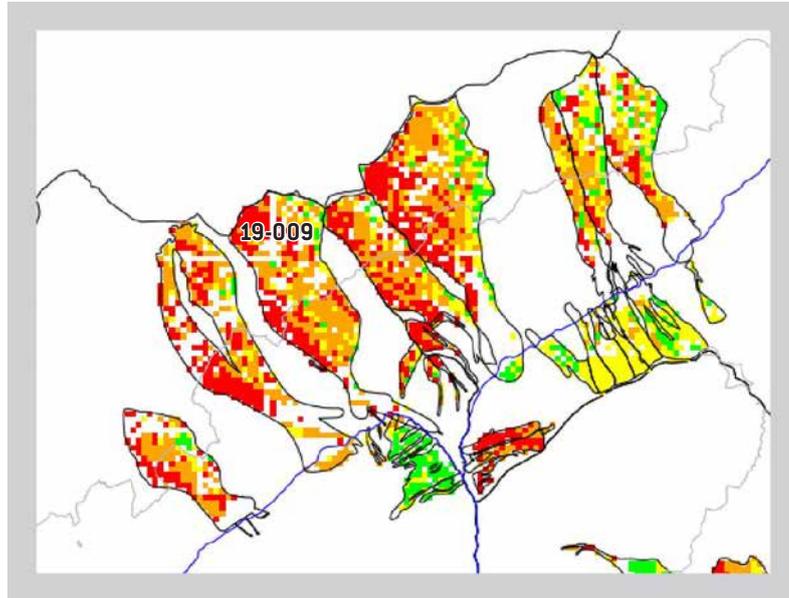


Fig. 17 - Scenario previsto quando è scesa la valanga 19-009 in data 13.12.2017 verso le ore 15.

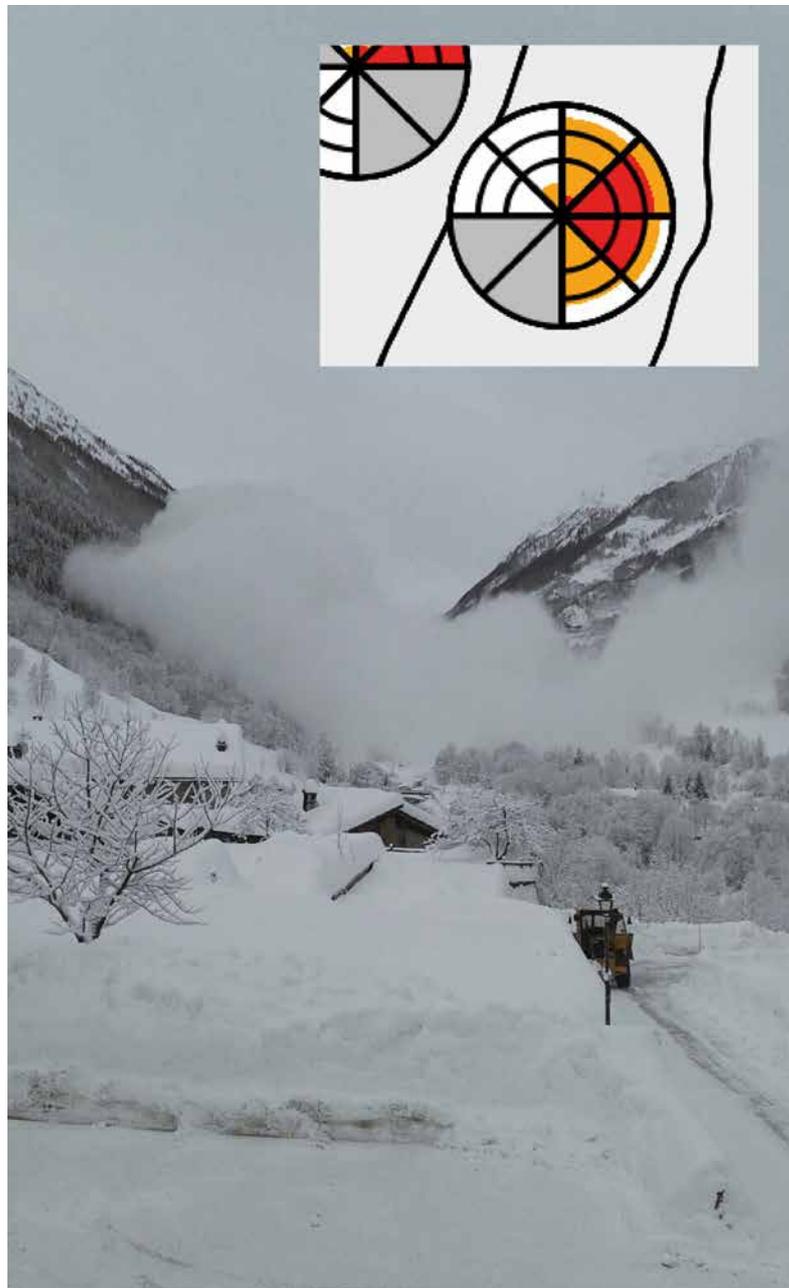
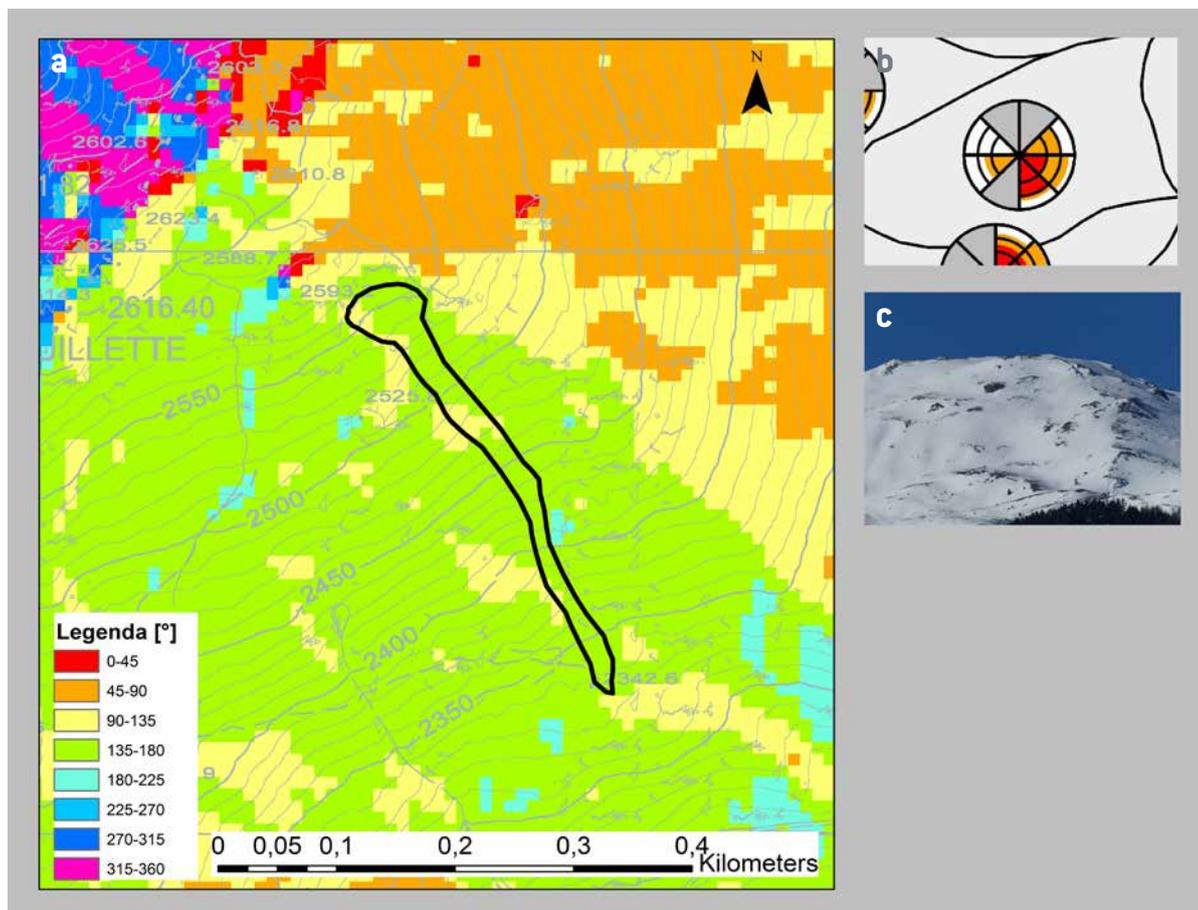


Fig. 18 - Valanga di Blantze scesa il 14.12.2017 con relativo scenario. Foto Comune Rhêmes-Saint-Georges.

Fig. 19 - Evento di Aouillette: esposizione, scenario e foto. Foto S.Pivot.



e di neve fresca, il rialzo termico... Verrà inoltre ulteriormente approfondito il parametro del trasporto eolico, cercando di lavorare sulle limitazioni di cui sopra per migliorare gli attuali scenari presenti sulla piattaforma ed estendendo le visualizzazioni, ove possibile, anche ad alcune esposizioni al momento oscurate a causa di processi di validazione che non sono andati a buon fine (settori in grigio nei grafici a torta). In tale sviluppo è prevista una maggiore collaborazione con i componenti delle CLV per l'osservazione e la validazione dei parametri presi in considerazione, al fine di calibrare i medesimi su contesti territoriali sia a scala di vallata (microaree) sia di singolo bacino. Per poter avere una previsione del trasporto eolico ad una scala molto più di dettaglio, si vorrebbe testare il software WindNinja su alcuni settori della Regione, al fine di tarare suddetto strumento ed eventualmente, in futuro, renderlo operativo. Tale software, infatti, permette, tramite un processo di downscaling, di disporre dei valori di direzione ed intensità del vento ad una scala di 100m

a partire dai valori forniti da Cosmoi2 (maglia di 2.7 km).

Si ricorda, infatti, che il fine ultimo di tutte le analisi e collaborazioni intraprese è quello di sviluppare un sistema più articolato per la previsione, che includa non solo il parametro vento, ma anche gli altri parametri che concorrono alla stabilità del manto nevoso. Questo per integrare sulla Piattaforma CLV scenari sempre più verosimili, a supporto sia dei previsori dell'UNV sia dei componenti delle CLV.

## RINGRAZIAMENTI

I dati sono elaborati a partire dal modello Cosmoi2 acquisiti dal centro di calcolo CINECA e resi disponibili dall'Ufficio Meteo del Centro funzionale della Regione Autonoma Valle d'Aosta nell'ambito delle attività istituzionali legate al Sistema di protezione civile.

Si ringraziano tutti coloro che hanno validato la procedura e fornito preziose informazioni sugli eventi verificatisi, in particolare N. Durand, A. Debernardi, S. Pivot, L. Blanchet, M. Giglio, A. Kofler, G. Torelli e A. Welf. Si ringraziano anche

tutti coloro che hanno collaborato a raffinare ed implementare la procedura, in particolare V. Segor, P. Dellavedova, U. Pellegrini, S. Ratto, J. Genovese, A. Ciccoira, L. Perron e P. Saudin.

Si ringraziano, inoltre, tutti coloro che hanno contribuito alla realizzazione delle attività all'interno dei progetti di Cooperazione transfrontaliera. La realizzazione delle attività, infatti, è stata possibile grazie al finanziamento dei seguenti progetti:

- CAPVAL, Progetto strategico STRADA2.0 – Programma di Cooperazione territoriale transfrontaliera 2007-2013, Italia-Svizzera;
- ART\_UP\_WEB, Programma di Cooperazione Transfrontaliera Interreg V-A Italia-Francia 2014/2020;
- Unità di Ricerca RED (Risk Evaluation Dashboard) – Programma investimenti per la crescita e l'occupazione 2014/2020 (FESR) della Valle d'Aosta;
- Progetto strategico PITEM-RISK, Programma di Cooperazione Transfrontaliera Interreg V-A Italia-Francia 2014/2020.

## Bibliografia

- Bovet E., Pitet L., Torlai I., Segor V., Dellavedova P., Pellegrini U. (2018) Wind transport scenarios based on the slope aspect for avalanche risk management purposes. Proceedings of International Snow Science Workshop ISSW 2018, Innsbruck (A).
- Duynin A.K., Kotlyakov V.M. (1980) Redistribution of snow in mountains under the effect of heavy snowstorms, Cold Regions Science and Technology, n° 3, 287-294.
- Föhn, P. (1980) Snow transport over mountain crests. Journal of Glaciology, 26(94), 469-480.
- Segor V., Antonello G., Durand N., Dellavedova P., Frigo B., Pitet L., Saudin P. (2014) CLV Web-Platform: a new tool to support the management of local avalanche hazard. Proceedings of International Snow Science Workshop ISSW 2014, Banff, October 2014.
- Vallata L., Bovet E., Dellavedova P., Ceaglio E., Ratto S., Monti F. (2018). A nearest neighbour method applied in forecasting spontaneous large sized avalanches reaching infrastructures in the Aosta Valley. Proceedings of International Snow Science Workshop ISSW 2018, Innsbruck (A).
- Veitinger J., Sovilla B. and Purves R. S. (2014) Slab avalanche release area estimation: a new GIS tool. Proceedings of International Snow Science Workshop ISSW 2014, Banff, October 2014.

